

1.7  
59  
Проф. А. П. СОКОЛОВСКИЙ

Д Е П

# ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

ВЫПУСК ПЕРВЫЙ

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ



РЕСПУБЛИКАНСКАЯ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ  
БИБЛИОТЕКА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ПО МАШИНОСТРОЕНИЮ, МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ И ЧЕР-  
НОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

МОСКВА

1932

ЛЕНИНГРАД

## ПРЕДИСЛОВИЕ.

Эта книга является попыткой произвести систематический обзор современных методов механической обработки и сборки деталей машин и целых механизмов.

Далеко недавно в наших вузах читались только „курсы станков“, изучение методов работы на этих станках предоставлялось почти целиком самим молодым инженерам во время первых лет их пребывания на заводах. В настоящее время во многих вузах введены курсы холодной обработки металлов, знакомящие учащихся с отдельными производственными процессами и отчасти с инструментом и приспособлениями.

Однако для инженера-машиностроителя и такое знакомство с предметом совершенно недостаточно. От простых описаний приемов работы на различных станках необходимо перейти к связному описанию процессов производства элементов, входящих в состав механизмов. Мало того: необходимо систематизировать, выделить некоторые общие положения и сделать выводы, которые должны составить основание „технологии машиностроения“.

До настоящего времени мы не имеем специального курса, посвященного данному предмету, и богатый материал, разбросанный по страницам многочисленных иностранных технических журналов, мало доступен не только нам, а, к сожалению, время которого строго нормировано, но и заводскому инженеру, которому приходится посвящать большую часть своего времени повседневной работе. Для того чтобы учащийся мог самостоятельно заниматься проработкой предмета, необходимо дать ему в руки такое руководство, которое заключало бы в себе в подобранном виде весь материал, которым иначе можно было бы воспользоваться лишь после затраты большого количества времени.

Мы ограничиваемся изучением производства машин, касаясь лишь в некоторых случаях других родственных отраслей металлопромышленности. Такая степень специализации курса по нашему мнению соответствует требованиям жизни, позволяя, с одной стороны, сосредоточить внимание на производственных процессах однородного характера, а с другой, давая возможность иллюстрировать излагаемый материал наиболее типичными примерами из тех областей, где рассматриваемые процессы достигли наивысшей степени развития.

Так при изучении обработки крупных сварных деталей мы знакомимся прежде всего с производством мощных электрических машин, при рассмотрении методов отделки внутренних поверхностей цилиндров пользуемся опытом автомобильных и дизельстроительных заводов, а при изучении глубокого сверления обращаемся к расточке орудий.

Различные отрасли машиностроения развиваются, находясь все время в тесной связи между собою, заимствуя друг от друга опыт и преодолевая те же препятствия. При этом ведущие отрасли промышленности

как то автомобильная, электротехническая и станкостроительная служат образцами для других, развивающихся более медленно.

Сказанное становится понятным, если учесть, что во всех случаях действуют одни и те же производственные, экономические и социальные факторы, которые порождают одинаковые трудности и, заставляя искать пути для их преодоления, дают толчок к дальнейшему развитию машиностроения.

Первый выпуск книги содержит в себе учение о *допусках и посадках*, которое является как бы связующим звеном между курсами конструирования машин и курсами, посвященными их изготовлению. При изложении этого учения мы старались осветить механическую сторону явлений, с которыми приходится считаться при посадках, для того чтобы весь вопрос учащемуся не казался сводящимся к чисто догматическому описанию таблиц ОСТ и DIN.

Соблюдение точной меры требует наличия совершенного намерительного инструмента. Поэтому нами дан обзор современного положения техники измерений. Последние главы первого выпуска посвящены *взаимозаменимости*, являющейся одним из основных принципов современного машиностроения. Заметим, что мы везде строго придерживались обозначений ОСТ, который наконец внес ясность в крайне запутанную терминологию литературы по допускам.

Дальнейшие выпуски заключают в себе систематическое описание методов обработки типичных деталей машин. При этом везде подчеркнута разница между приемами индивидуального, серийного и массового производства. Особенности развития промышленности СССР заставляют ожидать широкого проникновения методов крупносерийного и массового производства в те области, где даже за границей господство их далеко не установилось. Поэтому мы считаем необходимым познакомить учащегося подробно также с теми методами, которые сегодня применяются лишь в немногих отраслях промышленности<sup>1)</sup>, а завтра могут получить всеобщее признание.

В конце книги сделана попытка связать между собою отдельные производственные процессы. Последние главы явятся переходными от нашего курса к курсу *организации производства*.

В заключение автор выражает надежду, что его труд принесет некоторую пользу не только учащимся машиностроительных вузов, но и более широким кругам техников, работающих в области машиностроения.

Автор.

<sup>1)</sup> Например в автомобилестроении.

## ОСЛАВЛЕНИЕ

|                                                                         | Стр. |
|-------------------------------------------------------------------------|------|
| Содержание .....                                                        | 3    |
| Глава I. Посадки в машиностроении.                                      |      |
| Изготовление и изделие .....                                            | 11   |
| Виды посадок .....                                                      | 13   |
| Прессовые посадки .....                                                 | 14   |
| А. Вывод формул для усилия запрессовки .....                            | —    |
| Б. Исследование формул .....                                            | 18   |
| В. Сопротивление вращению вала во втулке .....                          | 20   |
| Г. Область применения прессовых и горячих посадок .....                 | —    |
| Д. Выбор величины натяга .....                                          | 21   |
| Е. Зависимость натяга от диаметра .....                                 | 23   |
| Ж. Посадка на конус .....                                               | 24   |
| Различные неподвижные посадки .....                                     | 25   |
| А. Классификация посадок .....                                          | —    |
| Б. Опыты проф. Шлезингера .....                                         | 26   |
| В. Некоторые свойства слабых неподвижных посадок .....                  | 28   |
| Специальные прессовые посадки .....                                     | 29   |
| А. Неподвижные посадки при малых диаметрах .....                        | —    |
| Б. Посадки с уменьшенной поверхностью соприкосновения .....             | 30   |
| В. Накатанные и рифленые поверхности .....                              | 31   |
| Г. Штифты системы Мидльс .....                                          | 32   |
| Подвижные посадки .....                                                 | 33   |
| А. Значение величины зазора .....                                       | —    |
| Б. Факторы, влияющие на величину зазора .....                           | 34   |
| В. Некоторые практические данные о величине зазоров в подшипниках ..... | 35   |
| Глава II. Точность механической работы.                                 |      |
| Точность обработки и допуски .....                                      | 37   |
| Горячая и холодная обработка .....                                      | 38   |
| Источники погрешностей при механической обработке .....                 | 40   |
| А. Неточность самих станков .....                                       | —    |
| Б. Ошибки при установке изделия .....                                   | —    |
| В. Ошибки инструмента .....                                             | 41   |
| Г. Ошибки измерения .....                                               | —    |
| Д. Последующие деформации изделия .....                                 | —    |
| Е. Негладкость поверхности .....                                        | —    |
| Ж. Индивидуальные ошибки рабочего .....                                 | —    |
| Точность станков .....                                                  | —    |
| Реальная точность различных методов обработки .....                     | 42   |
| А. Чистовая обточка на токарном или револьверном станке .....           | —    |
| Б. Фрезеровка и строжка .....                                           | 43   |

|                                                                           | Стр. |
|---------------------------------------------------------------------------|------|
| В. Сверление, расточка и развертывание                                    | 44   |
| Г. Расположение отверстий                                                 | 45   |
| Д. Шлифовка                                                               | —    |
| 6. Выбор метода производства операций в зависимости от требуемой точности | 46   |
| 7. Точность методов индивидуального производства и пресизционных работ    | 48   |
| 8. Вид обработанной поверхности                                           | 49   |
| А. Значение чистоты поверхности изделия                                   | —    |
| Б. Зависимость чистоты поверхности от метода обработки                    | 50   |
| В. Влияние чистоты поверхности на срок службы изделий                     | —    |
| Г. Обозначение обработанных поверхностей на чертежах                      | 52   |

### Глава III. Обзор типов основного измерительного инструмента.

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Классификация измерительного инструмента                               | 53 |
| 2. Простейшие измерительные инструменты                                   | —  |
| 3. Индикаторные приборы                                                   | 57 |
| 4. Жидкостные приборы (мессдозы, престометр)                              | 64 |
| 5. Нормальные калибры                                                     | 65 |
| 6. Принципы измерения при помощи предельных калибров                      | 67 |
| 7. Типы предельных калибров                                               | 71 |
| 8. Причины погрешностей при измерении изделий калибрами                   | 73 |
| А. Точность изготовления калибров                                         | —  |
| Б. Влияние формы калибра                                                  | —  |
| В. Ошибки от соприкосновения                                              | 74 |
| Г. Индивидуальные ошибки рабочего                                         | 77 |
| 9. Измерение больших диаметров                                            | —  |
| 10. Влияние температуры                                                   | 78 |
| А. Ошибки от разности температур калибра и изделия                        | —  |
| Б. Нормальная температура                                                 | 79 |
| 11. Функциональные калибры                                                | 80 |
| 12. Приборы, служащие для проверки калибров                               | 82 |
| А. Точные микрометры                                                      | —  |
| Б. Измерительные машины                                                   | —  |
| В. Упрощенные приборы для сравнительных измерений                         | 83 |
| 13. Контрольные калибры для сравнительных измерений при проверке калибров | 84 |
| А. Точность контрольных калибров                                          | —  |
| Б. Оптический метод измерений                                             | 85 |
| 14. Плитки Йогансона                                                      | 88 |
| А. Понятие о плитках Йогансона                                            | —  |
| Б. Точность изготовления плиток                                           | 89 |
| В. Пользование плитками                                                   | 90 |
| 15. Организация проверки калибров на заводе                               | 91 |
| А. Обзор методов проверки калибров                                        | —  |
| Б. Контрольные калибры для проверки рабочих калибров                      | 92 |
| В. Общие замечания о постановке контроля размеров на заводе               | 95 |

### Глава IV. Система допусков и посадок.

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| 1. Предельные размеры калибров и изделий | 97  |
| 2. Различные системы допусков            | 98  |
| 3. Система отверстия и система вала      | 99  |
| 4. Система односторонняя и двусторонняя  | 106 |
| А. Система двусторонняя                  | 107 |
| Б. Система односторонняя                 | —   |

|                                                                        | Стр. |
|------------------------------------------------------------------------|------|
| 1. Как должен распределяться суммарный допуск между отверстием и валом | 113  |
| 2. Число десятичных знаков в изображении допусков                      | —    |
| 3. Различные классы точности                                           | 114  |
| 4. Обозначение посадок                                                 | —    |
| 5. Зависимости натягов, зазоров и допусков от диаметра                 | 115  |
| 6. Понятие об единице допуска                                          | 117  |
| 7. Старые системы допусков                                             | 118  |
| 8. Английская система BESA                                             | —    |
| 9. Система САСН                                                        | 123  |
| 10. Французская система                                                | 125  |

## Глава V. Системы DIN и OCT.

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Возникновение системы DIN                                           | 126 |
| 2. Общая конструкция системы DIN                                       | —   |
| 3. Количество посадок в различных классах точности                     | 127 |
| 4. Другие зазоры                                                       | 130 |
| 5. Таблицы допусков и посадок DIN                                      | 131 |
| 6. Шведская и шведская системы допусков и посадок                      | —   |
| 7. Общесоюзная система                                                 | 135 |
| 8. Общесоюзный стандарт на допуски и посадки (ОСТ). Исторический очерк | 138 |
| 9. Описание системы ОСТ                                                | 140 |
| А. Определения основных понятий                                        | —   |
| Б. Допуски и отклонения                                                | —   |
| В. Зазор. Натяг. Посадка                                               | 141 |
| Г. Система допусков. Классы точности. Типы посадок. Обозначения        | 142 |
| Д. Характеристики системы ОСТ                                          | 143 |
| 10. Сравнение систем ОСТ и DIN                                         | 144 |
| А. 2-й класс точности                                                  | —   |
| Б. 1-й класс точности                                                  | —   |
| В. 3-й класс точности                                                  | 147 |
| Г. Грубые посадки                                                      | —   |
| 11. Международная система допусков и посадок                           | 149 |

## Глава VI. Допуски для калибров.

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Влияние неточностей в размерах калибра на размер изделий | 153 |
| 2. Допуски на износ рабочих калибров                        | —   |
| 3. Допуски на неточность изготовления калибров              | 155 |
| 4. Калибры браковщиков и приемщиков                         | 156 |
| 5. Экономическое значение вопроса о допусках для калибров   | 158 |
| 6. Контрольные калибры                                      | 160 |

## Глава VII. Фасонные и резьбовые калибры.

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Общие замечания об измерении фасонных изделий           | 163 |
| 2. Предельные калибры для резьбы                           | 164 |
| 3. Элементы резьбы                                         | 165 |
| 4. Связь между главнейшими элементами резьбы               | 166 |
| 5. Измерение резьбы                                        | 168 |
| А. Резьбовые пробки и кольца                               | —   |
| Б. Резьбомеры                                              | —   |
| В. Измерение наружного диаметра резьбы болта               | 169 |
| Г. Измерение внутреннего диаметра резьбы болта             | —   |
| Д. Измерение среднего диаметра резьбы болта                | —   |
| Е. Измерение шага                                          | 170 |
| Ж. Микроскоп для мастерских и измерение профиля резьбы     | 172 |
| И. Проекционный метод изучения резьбовых и прочих профилей | 173 |
| К. Измерение внутренних резьб                              | 175 |
|                                                            | 177 |

|                                                                 | Стр. |
|-----------------------------------------------------------------|------|
| 6. Допуски на размеры резьбы . . . . .                          | 177  |
| 7. Резьбовые предельные калибры . . . . .                       | 179  |
| А. Калибры для проверки гаек . . . . .                          | —    |
| Б. Калибры для проверки болтов . . . . .                        | 181  |
| В. Допуски на изготовление и износ резьбовых калибров . . . . . | 182  |

## Глава VIII. Обозначение размеров на чертежах.

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Классификация чертежей . . . . .                                                      | 183 |
| 2. Обозначение допусков на чертежах . . . . .                                            | 184 |
| А. Обозначение допусков числовыми величинами отклонений . . . . .                        | —   |
| Б. Условия обозначения отклонений по общесоюзным стандартам допусков и посадок . . . . . | 185 |
| 3. Основные правила нанесения размеров на чертеже . . . . .                              | 186 |
| 4. Примеры проставления допусков на длины . . . . .                                      | —   |
| 5. Последствия нарушения второго правила . . . . .                                       | 188 |
| 6. Связанные допуски . . . . .                                                           | 189 |
| 7. Профильные поверхности . . . . .                                                      | 190 |
| 8. Допуски на эксцентricность и на несопадение осей . . . . .                            | 191 |
| 9. Допуски на расхождение отверстий . . . . .                                            | 192 |

## Глава IX. Принципы взаимозаменяемости.

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Понятие о взаимозаменяемости . . . . .                                          | 195 |
| 2. Значение взаимозаменяемости . . . . .                                           | 196 |
| 3. Факторы, ограничивающие применение принципа взаимозаменяемости . . . . .        | 197 |
| А. Размеры изделия . . . . .                                                       | —   |
| Б. Высокая точность работы . . . . .                                               | 199 |
| В. Сложная форма изделия . . . . .                                                 | —   |
| Г. Экономические соображения . . . . .                                             | 200 |
| 4. Выборочная сборка . . . . .                                                     | —   |
| 5. Применение принципа взаимозаменяемости в промышленности . . . . .               | 203 |
| 6. Таблицы типичных примеров посадок в различных отраслях промышленности . . . . . | 206 |
| 7. Организация взаимозаменяемого производства . . . . .                            | —   |
| А. Выработка конструкции . . . . .                                                 | —   |
| Б. Взаимозаменяемость в производстве . . . . .                                     | 207 |
| В. Контроль взаимозаменяемости . . . . .                                           | 208 |
| Г. Взаимозаменяемость в индивидуальном и малосерийном производствах . . . . .      | 209 |
| 8. Стандартизация . . . . .                                                        | —   |
| 9. Абсолютная мера . . . . .                                                       | 211 |
| А. Значение соблюдения абсолютной меры . . . . .                                   | —   |
| Б. Международные эталоны длины . . . . .                                           | 213 |
| В. Измерение эталонов длины . . . . .                                              | 214 |
| Г. Метрическая и английская системы мер . . . . .                                  | —   |

# СПИСОК ТАБЛИЦ

|     |                                                                                                                      |     |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.  | Точность при сверлении и развертывании . . . . .                                                                     | 44  |
| 2.  | Количество инструментов и складских деталей для одного номинального диаметра при системах отверстия и вала . . . . . | 103 |
| 3.  | Широкие допуски по Саввину . . . . .                                                                                 | 137 |
| 4.  | Натяги и зазоры в системах ОСТ и DIN, 2-й класс точности . . . . .                                                   | 144 |
| 5.  | Допуски в системах ОСТ и DIN, 2-й класс точности . . . . .                                                           | 146 |
| 6.  | Натяги и зазоры в системах ОСТ и DIN, 1-й класс точности . . . . .                                                   | —   |
| 7.  | Допуски в системах ОСТ и DIN, 1-й класс точности . . . . .                                                           | 148 |
| 8.  | Обозначения ISA . . . . .                                                                                            | 152 |
| 9.  | Сравнение действительных размеров калибров DIN и ISA . . . . .                                                       | 157 |
| 10. | Подразделение классов точности посадок в моторе 45 л. с. для грузового автомобиля . . . . .                          | 204 |
| 11. | Нормальные диаметры по ОСТ 34 . . . . .                                                                              | 217 |
| 12. | Условные обозначения обработанных и необработанных поверхностей (ОСТ 358) . . . . .                                  | 218 |
| 13. | Система Л. Лёве . . . . .                                                                                            | 219 |
| 14. | Система DIN. Рабочие калибры системы отверстия . . . . .                                                             | 221 |
| 15. | Система DIN. Рабочие калибры системы вала . . . . .                                                                  | 224 |
| 16. | Система DIN. Точность изготовления рабочих калибров . . . . .                                                        | 227 |
| 17. | Система DIN. Допустимый износ рабочих калибров . . . . .                                                             | 228 |
| 18. | Система DIN. Калибры приемщиков в системе отверстия . . . . .                                                        | 229 |
| 19. | Система DIN. Калибры приемщиков в системе вала . . . . .                                                             | 232 |
| 20. | Система DIN. Контрольные калибры для проверки скоб. Допуски на изготовление . . . . .                                | 235 |
| 21. | Система DIN. Контрольные калибры для проверки пробок. Допуски на изготовление . . . . .                              | —   |
| 22. | Система ОСТ. Рабочие калибры по системе отверстия, 1-й класс точности (ОСТ 1011) . . . . .                           | 236 |
| 23. | Система ОСТ. Рабочие калибры по системе отверстия, 2-й класс точности (ОСТ 1012) . . . . .                           | 238 |
| 24. | Система ОСТ. Рабочие калибры по системе отверстия, 3-й класс точности (ОСТ 1013) . . . . .                           | 240 |
| 25. | Система ОСТ. Рабочие калибры по системе отверстия. Грубые посадки (ОСТ 1014) . . . . .                               | 241 |
| 26. | Система ОСТ. Рабочие калибры по системе вала, 1-й класс точности (ОСТ 1021) . . . . .                                | 242 |
| 27. | Система ОСТ. Рабочие калибры по системе вала, 2-й класс точности (ОСТ 1022) . . . . .                                | 244 |
| 28. | Система ОСТ. Рабочие калибры по системе вала, 3-й класс точности (ОСТ 1023) . . . . .                                | 246 |
| 29. | Система ОСТ. Рабочие калибры по системе вала. Грубые посадки (ОСТ 1024) . . . . .                                    | 247 |

|     |                                                                                                          |     |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 30. | Система ОСТ. Допуски на неточность и износ рабочих калибров. 1-й класс точности (ОСТ 1202)               | 248 |
| 31. | Система ОСТ. Допуски на неточность и износ рабочих калибров для валов. 2-й класс точности (ОСТ 1203)     | 250 |
| 32. | Система ОСТ. Допуски на неточность и износ рабочих калибров для отверстий. 2-й класс точности (ОСТ 1204) | 253 |
| 33. | Система ОСТ. Допуски на неточность и износ рабочих калибров. 3-й класс точности (ОСТ 1205)               | 256 |
| 34. | Система ОСТ. Допуски на неточность и износ рабочих калибров. Грубые посадки (ОСТ 1206)                   | 260 |
| 35. | Припуски на шлифовку незакаленных валков по DIN                                                          | 262 |
| 36. | Отклонения отверстия в контрольных кольцах для разверток по DIN                                          | 263 |
| 37. | Точность изготовления спиральных сверл по ОСТ 437                                                        | 265 |
| 38. | Примеры посадок по DIN                                                                                   | 273 |
| 39. | Рычаги и рычажный валок двигателя Дизеля                                                                 | 274 |
| 40. | Валы двигателя Дизеля                                                                                    | 275 |
| 41. | Регулятор двигателя Дизеля                                                                               | 277 |
| 42. | Нефтяной насос двигателя Дизеля                                                                          | 279 |
| 43. | Всасывающий и выпускной клапаны двигателя Дизеля                                                         | 280 |
| 44. | Пусковой клапан двигателя Дизеля                                                                         | 281 |
| 45. | Нефтяной клапан двигателя Дизеля                                                                         | 281 |
| 46. | Допуски и посадки, применяющиеся при изготовлении малых электромоторов трехфазного тока                  | 283 |

## ГЛАВА ПЕРВАЯ. ПОСАДКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ.

### 1. Чертеж и изделие.

Если мы посмотрим на чертеж какой-либо детали, то в большинстве случаев увидим, что все размеры на нем проставлены в целых миллиметрах. Диаметр вала диаметром 400 мм и отверстие в подшипнике — оба обозначены одним и тем же числом 400.

Важно однако заметить, что такое обозначение носит условный характер и не выражает полностью мысли конструктора. Если бы рабочий исполнил требование чертежа буквально и сделал как вал, так и отверстие подшипника точно по 400 мм<sup>1)</sup>, машина с таким валом не могла бы работать. Для того чтобы вал мог свободно вращаться в подшипнике, между ними должен существовать зазор. Если бы конструктор пожелал это определить на чертеже, возможность свободного вращения, он должен был бы обозначить:

Диаметр вала — 399,6 мм  
" отверстия — 400,0 "

Диаметр вала — 400,0 мм  
" отверстия — 400,4 "

Для того чтобы вал мог работать, в подшипнике имеется зазор, который в обоих случаях равен 0,4 мм.

*Зазором называется положительная разность между диаметрами отверстия и вала, создающая свободу их относительного движения<sup>2)</sup>.*

Разберем другой случай.

Допустим, что наш вал есть составной коленчатый вал двигателя. Шейка вала соединяется со щекой таким образом, что последняя прогревается, шейка вставляется в нее в холодном виде. После остывания щеки получается соединение, способное передавать громадные крутящие моменты и избыточные усилия. Очевидно шейка должна быть в данном случае полнее отверстия, иначе не получится требуемого солидного соединения. Необходимо сделать например:

Диаметр шейки — 400,4 мм  
" отверстия — 400,0 "

Диаметр шейки — 400,0 мм  
" отверстия — 399,6 "

<sup>1)</sup> По крайней мере с практически достижимой точностью.  
<sup>2)</sup> Определение по ГОСТ 1002.

В том и другом случае вал точится больше отверстия на 0,4 мм или иными словами существует натяг — 0,4 мм.

*Натягом называется отрицательная разность между диаметром отверстия и диаметром вала до сборки, создающая после сборки неподвижное соединение<sup>1)</sup>.*

Если на чертеже шейка и отверстие показаны одинаковыми по 400 мм, то очевидно такое обозначение условно.

Таким образом согласно определениям общесоюзного стандарта (ОСТ) вводятся понятия зазора и натяга. Зазор, как легко видеть, есть отрицательный натяг — и наоборот. По английской и американской терминологии оба эти понятия определяются одним словом „allowance“<sup>2)</sup>.

Введем еще понятие посадки.

*Посадка определяет характер соединения двух вставленных одна в другую деталей и обеспечивает в той или иной степени, за счет разности фактических размеров, свободу их относительного перемещения или прочность их неподвижного соединения<sup>3)</sup>.*

Посадки разделяются на две основные группы<sup>4)</sup>:

1. Посадки для свободного движения, при которых обеспечивается возможность относительного перемещения соединенных деталей во время службы.

2. Посадки неподвижные, при которых во время работы не должно происходить относительного перемещения соединенных деталей.

Два приведенные выше примера показывают, что размеры, поставленные на чертеже, не являются истинными размерами изделия. Размер 400 мм в данном случае является номинальным.

*Номинальный размер есть основной расчетный размер.*

*Действительным размером называется тот, который получается непосредственным измерением<sup>5)</sup>.*

Мы видели, что действительный размер может быть больше и меньше номинального.

Для правильного функционирования механизма важны не сами размеры, а величины зазоров и натягов; таким образом с этой точки зрения очевидно безразлично, будет ли величина зазора отнята от номинального диаметра вала или прибавлена к номинальному диаметру подшипника.

Знание правильных значений величин зазоров и натягов совершенно необходимо. Машина, безукоризненно сконструированная и построенная, будет работать плохо, если эти величины выбраны неверно. Однако название правильных посадок до последнего времени находилось всецело в руках мастерской. Конструктор проставлял на чертеже лишь номинальные размеры, а правильные зазоры и натяги давал мастер или рабочий, обрабатывавший данную деталь. Руководствовались они при этом только своей личной практикой. Лишь в немногих случаях, как например при горячих посадках, величину натягов подсчитывали по различным эмпирическим формулам.

Такое положение вещей плохо вязалось с новыми взглядами на организацию производства, согласно которым столь сильное внимание личного элемента на самые важные стороны работы завода не могло быть терпимым. Поэтому, еще в конце прошлого столетия делались попытки научно обо-

<sup>1)</sup> Определение по ОСТ 1002.

<sup>2)</sup> Это понятие может быть переведено словами: „то, что намеренно допускается“.

<sup>3)</sup> Определение по ОСТ 1002.

<sup>4)</sup> По английской терминологии посадки обозначаются словом „fits“.

<sup>5)</sup> Оба определения по ОСТ 1001.

поставить вопрос о выборе необходимых размеров зазоров и натягов и дать на них написание на чертеже не номинальных, а действительных размеров. Таким образом можно было бы ответственность за работу машины возложить на конструктора, требуя от него лишь точного соблюдения размеров, приведенных на чертеже.

Однако вопрос оказался значительно более сложным, чем это кажется с первого взгляда. Дело в том, что на практике нельзя соблюсти предписанный размер совершенно точно, да и само измерение также несет в себе некоторую погрешность (особенно измерение отверстий). Кроме того поверхность изделия никогда не бывает совершенно гладкой. Поэтому посадка получается несколько неопределенная даже в том случае, когда стремятся сделать вал и отверстие выполнить с наибольшей точностью. На самом деле достижение очень высоких степеней точности всегда сопряжено с большими затратами и не оправдывается с экономической точки зрения. Поэтому приходится мириться с тем, что посадка получается не точно такая, какая требуется конструктору, а несколько более тугая или свободная. Определенные допустимые колебания в посадках также составляет задачу не менее важную, чем определение желательных для данных условий работы зазоров и натягов.

Исследование вопроса о действительных размерах, которые следует приписать изделию, номинальный размер которого известен, является задачей *о допусках и посадках*. В ближайших главах мы постараемся подробнее осветить этот вопрос, поскольку это является возможным при современном состоянии науки.

Выше мы везде говорили о диаметрах, полагая, что соединяемые части имеют круглую форму. Наши рассуждения не изменятся, если мы будем рассматривать посадки в изделиях других форм: например посадку ползуна в параллелях, гайки на болте и т. д.

Более общие понятия, чем *вал и отверстие* будут: *охватываемая и охватываемая поверхности* (под первой подразумевается внешняя, а под второй внутренняя поверхность)<sup>1)</sup>.

Наиболее изученными являются цилиндрические посадки, и в дальнейшем мы будем говорить главным образом о них. На посадки поверхностей другого вида полученные выводы могут быть распространены лишь с известными ограничениями.

## 2. Виды посадок.

В § 1 этой главы мы познакомились с двумя посадками: посадкой для свободного вращения вала в подшипнике, требующей наличия определенного зазора, и горячей посадкой при наличии значительного натяга.

Между этими крайними случаями имеется целая гамма посадок: от руки, посадка из-под деревянного молотка, из-под свинцового молотка, посадка из-под прессом<sup>2)</sup> и т. д.

Здесь посадка или величина натяга связывается с тем усилием, которое надо приложить для того, чтобы собрать пригоняемые детали. При подбивочных посадках усилие при сборке равно нулю и посадки приходится определять другим образом. В зависимости от степени свободы движения вала

1) Определение по ГОСТ 1002.

2) Вместо термина «посадка» часто применяется термин «пригонка». Мы везде давали лишь первый согласно ГОСТ.

в отверстия различают например посадку скользящую, посадку для плотного хода, свободную и т. д.

Терминология, которой пользуются различные заводы при определении посадок, не установилась. Часто одним термином определяются совершенно разные понятия и, наоборот, одинаковые посадки называются различно.

Ниже мы приведем термины, принятые в наиболее распространенных системах, а также, получившую в СССР значение закона, терминологию ГОСТ. Теперь же перейдем к изучению физической стороны явления, возникающих при работе двух деталей, пригнанных одна к другой, и при их сборке. Научный материал, которым техника располагает в этом вопросе, крайне скуден и обычно пользуются таблицами, установленными практическим путем.

### 3. Прессовые посадки.

**А. Вывод формул для усилия запрессовки.** В этом случае вал входит в отверстие с большим усилием, высокое значение которого и определяет вид посадки.

Попробуем сначала решить вопрос о требуемом усилии запрессовки путем теоретического подсчета. Обстоятельное исследование вопроса принадлежит проф. А. Lewis Jenkins'у<sup>1)</sup>, который положил в основу расчета формулу Lamé, а коэффициенты определил практическим путем.

Предположим, следуя Jenkins'у, что круглая втулка без ребер, сплюсн и т. н. напрессовывается на круглый сплошной вал. Обозначим:

$\sigma$  — напряжение во втулке (наибольшее растяжение);

$p$  — удельное давление на поверхности соприкосновения;

$\delta$  — натяг, относенный к единице диаметра вала, т. е.

$$\delta = \frac{\Delta d}{d},$$

где  $\Delta d$  — натяг в мм;

$\nu_1$  и  $\nu_2$  — коэффициенты Пуассона для материала вала и втулки;

$E_1$  и  $E_2$  — модули упругости для материала вала и втулки;

$K$  — отношение напряжений  $\sigma$  к давлению  $p$ ;

$$K = \frac{R_1^2 + R_2^2}{R_1^2 - R_2^2}$$

(формула Lamé)<sup>2)</sup>.

При запрессовке втулка раздается и ее диаметр увеличивается, а вал сжимается и его диаметр уменьшается.

Увеличение радиуса втулки<sup>3)</sup>

$$\delta_1 = \frac{p R_2}{E_2} (K + \nu_2).$$

<sup>1)</sup> См. American Machinist 1915 г., том 42, стр. 377.

<sup>2)</sup> Отсюда видно, что  $K$  есть функция отношения  $\frac{R_1}{R_2}$ , или что то же отноше-

ния  $\frac{D}{d}$ .

$R_1$  и  $R_2$  — наружный и внутренний радиусы втулки;

$D$  и  $d$  — диаметры

<sup>3)</sup> См. задачу Lamé — Курс сопротивления материалов проф. С. П. Тимошенко. Во втором случае давление  $p$  является наружным, а величина  $K$  обращается в единицу.

Уменьшение радиуса вала

$$\delta_2 = \frac{pR_2}{E_1} (1 - \epsilon_1).$$

Натяг  $\Delta d = 2(\delta_1 + \delta_2)$ , так как очевидно раздача втулки и сжатие вала должны в сумме как раз равняться имевшейся разнице в диаметрах. Следовательно

$$\Delta d = 2pR_2 \left( \frac{K + \epsilon_2}{E_2} + \frac{1 - \epsilon_1}{E_1} \right),$$

$$p = \frac{z \cdot E_1}{(1 - \epsilon_1) + \frac{E_1}{E_2} (K + \epsilon_2)}. \quad (1)$$

Точность этой формулы зависит от возможности применения теории упругости к материалам вала и втулки и поэтому надо ожидать лучшей ее применимости для стали, чем для чугуна.

Напряжение во втулке:

$$s = K \cdot p. \quad (2)$$

Теперь сила, необходимая для запрессовки вала во втулку, будет

$$P = p\pi \cdot d \cdot L \cdot f, \quad (3)$$

$L$  — длина втулки,

$f$  — коэффициент трения.

Здесь все линейные размеры выражены в см,  $p$  в кг/см<sup>2</sup>, а  $P$  в кг.

Обратно

$$f = \frac{P}{p\pi \cdot d \cdot L}. \quad (4)$$

Обмеря втулку, зная  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$  и определяя из опыта усилие  $P$ , можем по уравнениям (1) и (4) определить из первого величину  $p$ , а второго коэффициент трения  $f$ .

Формула (2) дает значение напряжения  $s$  во втулке.

Полная по Jenkins'у

|                       |                              |
|-----------------------|------------------------------|
| $E$ для чугуна        | 1 050 000 кг/см <sup>2</sup> |
| $E$ для стали         | 2 100 000                    |
| $\epsilon$ для чугуна | 0,25                         |
| $\epsilon$ для стали  | 0,30                         |

Приводим следующие теоретические формулы:

Для чугунной втулки, надеваемой на стальной вал

$$p = \frac{1 050 000 \cdot z}{0,6 + K}.$$

Для стальной втулки на стальном валу

$$p = \frac{2 100 000 \cdot z}{1 + K}.$$

Для стальной втулки на чугунном валу

$$p = \frac{2100000 \cdot z}{1,95 + K}$$

Наконец для чугунной втулки на чугунном валу

$$p = \frac{1050000 \cdot z}{1 + K}$$

Зная  $p$ , легко определить  $s$  и  $P$  по формулам (2) и (3).

Приведенные формулы дали бы полное решение о необходимых натягах, если бы нам были известны коэффициенты трения  $f$  и если бы чугун следовал закону Гука. В действительности обстоятельства оказываются иными. Чугун не следует закону Гука и формула Lamé, служащая для определения  $K$ , в этом случае дает результаты очень далекие от истины. Что касается коэффициента трения, то он крайне неопределенный и по опытам Мас СНГ колебался в пределах от 0,074 до 0,34. Проф. Jenkins принимал небольшое значение  $f = 0,0875$ .

Такие колебания величины  $f$  объясняются тем, что явления трения носят в данном случае совершенно другой характер, чем в подшипниках, так как нагрузка на единицу поверхности здесь много выше и трение очень близко к заеданию<sup>1)</sup>.

Приведенные формулы позволяют с известным приближением сравнивать усилия запрессовки в различных случаях, но не дают точных цифровых результатов. Сам проф. Jenkins не пользовался формулой (4) для определения  $f$  опытным путем, а определял из опыта другую величину.

$$M = \frac{P}{\Delta d \cdot L} = \frac{P}{z \cdot d \cdot L}$$

Легко видеть, что

$$M = \frac{E_2 \pi f}{Q}$$

где обозначены соответственно через  $Q$  выражения:  $0,6 + K$ ;  $1 + K$ ;  $1,95 + K$ ;  $1 + K$ .

Величина  $M$  удобно определяется эмпирически, если известно усилие запрессовки, натяг и длина втулки. Она очевидно зависит от свойств материала втулки ( $E$ ), ее размеров ( $Q$ ) и коэффициента трения ( $f$ ).

Проф. Jenkins располагал опытным материалом двух американских фирм, накопившимся в течение 20 лет<sup>2)</sup>, и получил практические кривые, выражающие зависимость  $M$  от  $\frac{D}{d}$ .

Для чугунных втулок и стальных валов он вывел на основании этих кривых эмпирическую формулу для  $M$ .

Для случая посадки стальной втулки на стальной вал выяснилось, что  $K$  можно брать по формуле Lamé.

Зная величину  $M$ , проф. Jenkins вывел следующие эмпирические формулы для усилия запрессовки и напряжения во втулке.

<sup>1)</sup> Зависимость коэффициента трения от удельного давления см. справ. книги Hütte. Коэффициенты трения по Ренки. Издание 15-ое, ч. I, стр. 274.

<sup>2)</sup> По одной лишь фирме имелись отчеты о 10 000 посадок.

Для чугунной втулки на стальном валу

$$P = \frac{430 \left( \frac{D}{d} + 0,3 \right) \cdot z \cdot d \cdot L}{\frac{D}{d} + 6,35} \text{ тонн,} \quad (5)$$

$$s = \frac{7,200\,000 \cdot z}{7,16 + \frac{D}{d}} \text{ кг/см}^2. \quad (6)$$

Для стальной втулки на стальном валу

$$P = \frac{290 \cdot z \cdot d \cdot L \left[ \left( \frac{D}{d} \right)^2 - 1 \right]}{\left( \frac{D}{d} \right)^2} \text{ тонн,} \quad (7)$$

$$s = \frac{1\,050\,000 \cdot z \cdot \left[ \left( \frac{D}{d} \right)^2 + 1 \right]}{\left( \frac{D}{d} \right)^2} \text{ кг/см}^2. \quad (8)$$

Здесь  $f$  принято равным 0,0875.

$D$  и  $d$  выражены в см.

Известный произвол в выборе коэффициента трения компенсируется эмпирическим подбором остальных коэффициентов.

Для других комбинаций материалов проф. Jenkins также дает эмпирические формулы, хотя и выведенные на основании значительно менее богатого материала, чем вышеприведенные.

Вычисления по формуле проф. Jenkins'a несколько неудобны в виду их сложности, и он вычертил диаграммы для определения усилия запрессовки  $P$  и напряжения во втулке  $s$ , которых мы здесь однако не приводим.

Формулы 5—8 дают возможность оценить влияние размеров втулки  $\frac{D}{d}$ , а также материалов втулки и вала, длины  $L$  и величины натяга

$z$ , но совершенно не учитывают состояния поверхностей как втулки, так и вала. Повидимому формулы относятся к расточенным втулкам, запрессованным на обточенные и опиленные валы. При шлифованных валах усилия могут оказаться много больше <sup>1)</sup>. Этим обстоятельством может быть и объясняется то, что при опытах Мас Gill'a <sup>2)</sup> с 206 посадками усилия получились приблизительно вдвое большими, чем у Jenkins'a. Сказывалось также влияние ребер.

Другие источники расхождения опытных значений усилия запрессовки с расчетным — это неопределенность свойств чугуна и стали, различных для разных их сортов, и влияние смазки.

При всех выводах было предположено, что втулка не имеет никаких ребер, спиц и т. п. Очевидно наличие подобных подкреплений отзовется

<sup>1)</sup> О влиянии состояния поверхности см. ниже.

<sup>2)</sup> American Machinist, т. 39, стр. 941.

также как некоторое увеличение толщины втулки. Обратно: пустотелый вал потребует для получения определенного усилия большего натяга, чем сплошной. Это ясно из всего предыдущего.

Придадим формулам проф. Jenkins'a несколько иной вид.

Обозначим  $A = \pi \cdot d \cdot L$  = поверхности запрессовки в  $\text{см}^2$ .

$$P = c \cdot z \cdot A \text{ тонн,}$$

где для чугуновой втулки и стального вала

$$c = 135 \cdot \frac{\frac{D}{d} + 0,3}{\frac{D}{d} + 6,35}$$

при  $\frac{D}{d} = 2$ ,  $c = 37,3$ .

Для стальной втулки на стальном валу получим:

$$c = 92 \cdot \frac{\left(\frac{D}{d}\right)^2 - 1}{\left(\frac{D}{d}\right)^3}$$

при  $\frac{D}{d} = 2$ ,  $c = 69$ .

Приведем еще несколько эмпирических формул для усилия запрессовки.

F. Shaw дает формулу справедливую при  $\frac{D}{d} = 2$  для чугуновой втулки, запрессовываемой на стальной вал. При переводе в метрические меры формула принимает вид:

$$P = 37,6 \cdot z \cdot A \text{ тонн.}$$

Как видно, она почти в точности соответствует формуле проф. Jenkins'a.

Известная справочная книга „Machinery's Handbook“ дает формулу, которая после некоторых преобразований принимает вид:

$$P = c \cdot z \cdot A,$$

где  $c$  некоторый коэффициент, зависящий от диаметра вала;  $c$  можно брать из таблички:

$$\begin{array}{l} d = 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 375. \\ c = 35,1, 33,8, 32,8, 32,3, 31,6, 30,9, 30,6, 29,8. \end{array}$$

Формула дана в предположении запрессовки чугуновой втулки на стальной вал при  $\frac{D}{d} = 2$ . Как видно, усилие по этой формуле получается немного меньшим, чем по Jenkins'у.

## Б. Исследование формул.

а) *Зависимость усилия запрессовки от материала.* Сравнивая усилия при запрессовке <sup>1)</sup> чугуновой и стальной втулок, видим, что (при  $\frac{D}{d} = 2$ )

<sup>1)</sup> По формулам проф. Jenkins'a.

При прочих равных условиях стальная втулка требует усилия на 85% больше, чем чугунная.

При  $\frac{D}{d} = 1,5$  получим:

Для чугунной втулки  $c \dots \dots \dots 31,0$   
для стальной  $c \dots \dots \dots 51,4$ .

В этом случае увеличение усилия имеем лишь на 65%. Проф. Н. Н. Саввин из своих опытов также вывел заключение, что для запрессовки стальной втулки требуется усилие на 70–80% большее, чем для чугунной<sup>1)</sup>.

б) *Зависимость усилия запрессовки от длины втулки, диаметра вала и натяга.* При прочих равных условиях усилие запрессовки пропорционально относительному натягу ( $z$ ), диаметру и длине. Диаграммы, снятые при запрессовке, показывают, что по мере нахождения втулки на валу усилие растет пропорционально длине запрессованной части.

Замечая, что  $\Delta d = z \cdot d$ , мы можем формулу для усилия  $P$  написать так:

$$P = c \cdot \pi \cdot \Delta d \cdot L,$$

где видно, что усилие запрессовки не зависит от диаметра, если абсолютная величина натяга не меняется.

в) *Определение напряжений во втулке.* Для чугунной втулки и стального вала при  $\frac{D}{d} = 2$  (формула 6) имеем:

$$s = 790\,000\,z.$$

Для стальной втулки на стальном валу (формула 8) имеем:

$$s = 1\,320\,000\,z.$$

В обоих случаях напряжение зависит от относительного натяга и при одинаковых натягах для стальной втулки оно выше приблизительно на 70%.

Пример. Определить усилие при запрессовке стальной втулки на стальной вал при нижеследующих размерах:

$D = 800$  мм

$d = 400$  "

$L = 300$  "

$z = 0,001$  "

Находим:

$$A = \pi \cdot 40 \cdot 30 = 3770 \text{ см}^2.$$

При  $c = 69$ ,

$$P = 69 \cdot 3770 \cdot 0,001 = 260 \text{ тонн},$$

$$s = 1\,320\,000 \cdot 0,001 = 1320 \text{ кг/см}^2.$$

Усилие, как видно, получается очень большое и такую втулку предпочтительно надевать в горячем состоянии.

При тех же прочих размерах, но для более тонкой втулки ( $D = 600$  мм) получаем:

$$P = 51 \cdot 3770 \cdot 0,001 = 192 \text{ тонны},$$

$$s = 1\,520\,000 \cdot 0,001 = 1520 \text{ кг/см}^2.$$

<sup>1)</sup> Проф. Н. Н. Саввин, „Допуски в машиностроении“. Моск. акц. издат. о-во, 1917 г., стр. 94.

Отсюда видно, что ослабление втулки оказало большее влияние, чем уменьшение усилия запрессовки (а следовательно и удельного давления) и напряжение повысилось.

В. Сопротивление вращению вала в втулке. На практике часто приходится определять еще *касательное усилие*, с которым втулка сопротивляется вращению. Обозначая его через  $T$ , получим при прежних обозначениях усилие, отнесенное к радиусу вала:

$$T = p \cdot \pi \cdot d \cdot L \cdot f.$$

Коэффициент трения  $f'$  при вращении, как показал опыт, приблизительно в 2,5 раза больше чем при запрессовке ( $f$ ). Припоминая, что  $P = f \cdot p \cdot \pi \cdot d \cdot L$  получим:  $T = 2,5 P$ , т. е. касательное усилие в 2,5 раза больше усилия запрессовки. На это правило конечно надо смотреть лишь, как на первое приближение.

Г. Область применения прессовых и горячих посадок. Прессовые посадки обыкновенно применяются в тех случаях, когда требуется соединить две части наглухо так, чтобы они работали как одно целое. Посаженный под сильным давлением пресса вал так прочно соединяется со ступицей, что для передачи усилий не требуется шпонок или каких-либо других вспомогательных средств. В этом случае встречающаяся иногда посадка шпонок является лишь мерой предосторожности.

Классическим примером *прессовой* посадки является посадка колес паровозов и вагонов на их оси. Это регулярно производящаяся работа и мы обязаны многими имеющимися у нас данными относительно прессовых посадок. По существующим правилам при запрессовке колес измеряется усилие, создаваемое гидравлическим прессом<sup>1)</sup>. При запрессовке часто снимается диаграмма, дающая кривую возрастания усилия запрессовки по мере надвигания ступицы колеса на вал.

Другой способ получения столь же надежных соединений состоит в том, что вал вставляется в горячую втулку. Последняя, расширяясь от теплоты, свободно находит на вал, но после остывания крепко его охватывает. Такая *посадка в горячем состоянии* применяется столь же часто, как и прессовая и во многих случаях они могут заменить друг друга. Выбор той или иной зависит обычно от удобства производства операции.

При больших диаметрах отверстий для запрессовки требуется столь большое усилие, что применение таких мощных прессов оказывается обычно нецелесообразным. Кроме того при запрессовке в подобных случаях легко получаются перекосы, особенно при малой длине втулки. Далее для возможности запрессовывания отделки поверхностей требуется более чистая поверхность, чем для горячего соединения и, наконец, при горячей посадке не приходится опасаться заедания поверхностей, что часто имеет место при запрессовке.

Перечисленные обстоятельства заставляют предпочесть горячую посадку в таких случаях, как надевание бандажей на колесные центры паровозов при сборке составных коленчатых валов и т. п.

С другой стороны прессовая посадка имеет крупное преимущество перед горячей в том смысле, что, замечая усилие при запрессовке, мы получаем полную уверенность в надежности соединения, в то время как при горячей посадке приходится полагаться только на правильный выбор натяга.

<sup>1)</sup> Это делается просто. Наблюдая давление в цилиндре по манометру, определяем усилие умножением этого давления на площадь поршня пресса.

при горячей посадке должен вестись медленно и постепенно — так, чтобы деталь прогревалась равномерно и не выше чем до темнокрасного.

В последнее время при посадке небольших валиков в громоздкие детали иногда применяют охлаждение валика в жидком воздухе. Валик, выходя от холода и легко входит в отверстие. Посадка, очевидно, полужидкого характера и горячей<sup>1)</sup>. Что касается прочности соединения прессового соединения в горячем состоянии, то определение ее расчетом крайне затруднительно. Уже указывали выше на непостоянство коэффициента трения при прессовке. Явления же, возникающие при попытке нарушить сцепление соединенных частей, по видимому еще сложнее.

Опыт показывает, например, что горячая посадка при одинаковом натяге во всех прочих условиях держит лучше чем прессовая<sup>2)</sup>. Также установлено (см. выше раздел „В“), что при вращении сопротивление соединенного выше чем при продольном сдвигении. Это является необъяснимым, если исходить из обычного представления о трении; очевидно здесь действуют другие силы сцепления и получается явление близкое к тому, которое мы на практике обычно именуем *заеданием*.

**Выбор величины натяга.** Величина натяга должна быть такова, чтобы:

- а) достигалось достаточно солидное соединение;
  - б) напряжение в ступице не превосходило допустимого и во всяком случае было бы меньше предела упругости материала;
  - в) мощность имеющегося пресса была бы достаточна для запрессовки.
- Последнее соображение, очевидно, при горячей посадке отпадает. Требование „а“ заставляет увеличивать натяг, а требования „б“ и „в“, наоборот, следить за тем, чтобы он не превосходил определенного предела. Приведенные выше формулы и практические коэффициенты позволяют известным приближением подсчитать величину натяга и дают ответы по трем пп. „а“, „б“ и „в“.

Однако чаще пользуются практическими правилами расчета величины натяга. Приводим некоторые из них.

**Формула St. H. Moore** (несколько видоизмененная Klenzle):

$$\text{Натяг} = \Delta d = \frac{1}{1000} (d + 12,5)^3,$$

$d$  — диаметр вала в мм. Формула дана главным образом для горячей посадки. **Американский стандарт** предусматривает две степени прессовой посадки:

„Medium Force Fit“, где

$$\Delta d = \frac{0,5}{1000} d,$$

„Heavy Force Fit“, где

$$\Delta d = \frac{1}{1000} d.$$

<sup>1)</sup> См. Machinery (Лондон), 31 дек. 1931 г.

<sup>2)</sup> Иногда в 3,0 — 3,5 раза.

<sup>3)</sup> Оригинальная формула Моора такова:  $\Delta d = \left(\frac{17}{16} d + 12,5\right) \frac{1}{1000}$ .

Последняя посадка при больших диаметрах рекомендуется и для горячих соединений.

В практике железнодорожных мастерских при посадке осей и пальцев кривошипов встречаются довольно разнообразные значения натягов.

Machinery's Handbook приводит практические значения натягов для запрессовки пальцев и валов в диски, которые колеблются:

при чугунных дисках от  $\frac{1}{1000} d$  до  $\frac{2,4}{1000} d$ ,

при стальных " "  $\frac{2,8}{1000} d$  "  $\frac{3,4}{1000} d$ .

В журнале „American Machinist“ <sup>1)</sup> приведены данные современной практики американских железнодорожных мастерских.

При запрессовке осей в колесные центры при диаметрах 150—280 мм натяг принимается при стальных колесах:

$$\Delta d = \frac{2,2}{1000} d - \frac{1,7}{1000} d,$$

при диаметрах 150—230 мм в чугунных колесах:

$$\Delta d = \frac{1,8}{1000} d - \frac{1,6}{1000} d.$$

При запрессовке пальцев принимается при диаметрах 75—230 мм и стальных колесах

$$\Delta d = \frac{4,7}{1000} d - \frac{2,8}{1000} d,$$

а при диаметрах 75—180 мм и чугунных колесах:

$$\Delta d = \frac{4,0}{1000} d - \frac{2,3}{1000} d.$$

Во всех случаях при чугунных колесах принимаются меньшие значения из опасения появления опасных для прочности колеса напряжений. Также обычно при больших диаметрах натяг на единицу диаметра берется несколько меньше чем при малых. Нужно заметить, что большие натяги в предыдущих формулах применяются лишь к пустотелым дискам.

По нормам „American Railway Mechanics Association“ для горячей посадки бандажей даются натяги:

$$\Delta d = \frac{1,06}{1000} d$$

при  $d = 970—1700$  мм.

Для получения одинаково надежной посадки можно брать при горячем соединении несколько меньшие натяги чем при запрессовке.

<sup>1)</sup> American Machinist том 63, стр. 398.

сравнить эти цифры с собранными проф. Шлезингером еще в 1904 г., увидим, что натяги применялись тогда такие же как и в настоящее время колебались в разных случаях в столь же широких пределах. Причину применения высоких натягов следует искать между прочим в совершенстве методов обработки.

Общая отделка в железнодорожных мастерских пальцев кривошипов и далеко не всегда производится с той степенью точности, какая требуется на машиностроительных заводах других специальностей, а это, как уже указано выше, и ведет к применению высоких натягов.

При чисто шлифованных валах и гладко развернутых или шлифованных штифтах такие большие натяги излишни и часто даже неприменимы.

**Зависимость натяга от диаметра.** Вопрос о зависимости натягов валов от диаметра очень сложен и будет более подробно рассмотрен ниже в статье о системах допусков.

До сих пор мы везде приводили значения натяга, приходящегося на единицу диаметра вала, т. е. величину, обозначенную нами через  $\varepsilon = \frac{\Delta d}{d}$ .

На практике часто задают натяги при прессовых и горячих посадках или как постоянную часть от диаметра. Такая практика имеет теоретическое обоснование.

Обыкновенно соединенные части: шейки кривошипов, муфты, зубчатые шестерни и т. д. должны передавать *крутящий момент*. Соединение может быть признано безусловно надежным лишь в том случае когда оно обеспечивает передачу всякого крутящего момента, которым можно безопасно крутить самый вал.

Возвращаясь к разделу „В“, вспомним, что касательная сила, передаваемая трением при запрессовке  $T = \pi p \cdot d \cdot L \cdot f$ .

Допустимый крутящий момент очевидно равен:

$$M' = \frac{T \cdot d}{2} = \frac{p \cdot \pi}{2} \cdot d^2 \cdot L \cdot f.$$

Обозначая через  $K$  допустимое напряжение при кручении, мы получим момент, безопасно передаваемый валом:

$$M'' = K \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{16}.$$

Приравняв оба значения момента, получим:

$$\frac{p \pi}{2} \cdot d^2 \cdot L \cdot f = K \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{16},$$

откуда

$$p = \frac{K d}{8 \cdot f \cdot L}.$$

С другой стороны по формулам проф. Jenkins'a  $p = b \cdot z$ , где  $b$  — коэффициент, зависящий от конструкции и материалов.

Теперь находим:

$$z = \frac{K d}{8 \cdot f \cdot b \cdot L}.$$

Величина  $f'$  также зависит главным образом от состояния поверхностей и выбранных материалов. Значение  $\frac{L}{d}$  при деталях подобных между собой (т. е. отличающихся лишь масштабом) также одинаково. Отсюда делаем вывод:

*При соединении однородных деталей, при одинаковых материалах и одинаковых методах обработки поверхностей следует считать правую часть равенства величиной неизменной, а следовательно  $z = \frac{\Delta d}{d} =$  постоянной. Иными словами натяг пропорционален диаметру.*

Если невозможно применение больших натягов, то некоторое увеличение передаваемого момента можно получить, как видно из только что выведенной формулы, удлиняя ступицу. Натяг можно делать значительно меньше, чем требует формула, лишь в том случае, когда передаваемое усилие известно меньше, чем сопротивление вала кручению, т. е. в тех случаях, когда вал рассчитывается не на кручение, а на другие виды деформаций.

**Ж. Посадка на конус.** Посадка на конус довольно часто применяется взамен обычной цилиндрической посадки. Ее главные преимущества следующие:

а) Большая простота выполнения пригонки в тех мастерских, где работа ведется без надлежащих измерительных инструментов и где не располагают точными методами обработки отверстий и валов. Неточное изготовление конуса на станке заставит впоследствии при ручной пригонке (по краске) продвинуть вал в отверстие несколько дальше, чем предполагалось, но все же желаемый натяг можно будет получить.

При неправильно обработанных цилиндрических деталях по крайней мере одну из них придется заменить новой.

б) Многократная сборка и разборка облегчается. При смазке таковая не выжимается и способствует легкости запрессовки.

в) Усилие запрессовки легко оценивается по глубине, на которую ввален конус, в то время, как при цилиндрической посадке единственным указанием служит давление гидравлического пресса, отсчитываемое по манометру. При посадке ручным прессом возможность контроля отпадает вовсе.

г) Сборка соединения очень удобна, так как вал сначала легко входит в отверстие, автоматически центрируясь в нем. При цилиндрических соединениях часто бывает очень трудно избежать перекоса и, особенно при сборке крупных деталей приходится иногда прибегать к различным вспомогательным приемам для облегчения производства этой операции. Так затачивают конец вала на некоторой длине на меньший диаметр, легко входящий в отверстие. Этот конец направляет остальную часть вала при запрессовке.

С другой стороны конические соединения имеют и крупные недостатки:

а) Малейшее выдвижение вала из отверстия влечет за собой полное ослабление соединения.

б) При применении разверток, шлифовальных станков, а также при пользовании современными измерительными инструментами получение точных цилиндрических отверстий и валов не представляет больших затруднений и точные диаметры сами по себе обеспечивают надежность соединений. Между тем осуществление конического соединения значительно сложнее и часто невозможно без применения дорогой ручной работы.

Вообще в настоящее время значение конических соединений сильно упало, но раньше посадка на конус часто была единственным средством получить надежное прессовое соединение.

Теперь конические посадки применяются чаще всего там, где нужна частая и удобная разборка <sup>1)</sup>. Широко применяется также коническая посадка для установочных шпилек. Здесь требуется удобство сборки, способность самоцентрирования при некотором несовпадении дыр соединяемых деталей и наконец возможность удобной пригонки на месте слесарным способом, а не на станке.

Проф. Jenkins вывел формулы для конической посадки подобные приведенным выше формулам для цилиндрической и вычертил диаграммы <sup>2)</sup>, дающие возможность найти величину на которую вдвигается конус при посадке. Величина силы посадки в этом случае очень зависит от рода смазки, так как, в противоположность цилиндрическим соединениям, здесь выдавливание масла не может иметь места.

#### 4. Различные неподвижные посадки.

**А. Классификация посадок.** Мы рассмотрели два вида неподвижных посадок: горячую и прессовую.

Теперь перейдем к менее напряженным посадкам, служащим в тех случаях, когда от соединения не требуется такой прочности, как при прессовой посадке, но зато, требуется возможность более легкой сборки и разборки. Наиболее тугие виды этих посадок близки к прессовой, а наиболее легкие требуют при сборке лишь незначительных усилий путем приложения давления руки или легких ударов молотка.

По ОСТ'у различаются 4 вида неподвижных посадок кроме прессовых: *глухая, тугая, напряженная и плотная.*

Другие системы часто имеют меньшее или большее число их видов.

Различаются эти посадки величиною натягов, а следовательно и усилием, требуемым для сборки.

Расчет усилия может идти по тому же методу, как и для прессовой посадки, но с некоторой необходимой поправкой.

Дело в том, что даже при точно одинаковых диаметрах вала и отверстия они не могут быть собраны без приложения некоторого усилия и при посадке *нуль в нуль* вал все же свободно в отверстие нейдет.

Объяснение этому можно найти с одной стороны во взаимном молекулярном притяжении, действующем на соприкасающихся поверхностях, а с другой в неизбежных мелких дефектах при изготовлении соединяемых деталей, как-то: кривизне осей, эллиптичности, конусности и т. д.

Выше мы вывели формулу для усилия запрессовки:

$$P = c \cdot z \cdot A,$$

где  $z = \frac{\Delta d}{d}$  — натяг приходящийся на единицу диаметра,

$A$  — поверхность соприкосновения в см<sup>2</sup>,

$c$  — коэффициент, зависящий от конструкции, материала и способа отделки поверхностей соединяемых частей.

<sup>1)</sup> Шток в крейцкопфе, палец тронкового поршня, маховик автомобильного двигателя, болты дисковых муфт и т. д.

<sup>2)</sup> American Machinist 1916 г., т. 44, стр. 275. Графическое изображение формул Jenkins'a см. American Machinist т. 44, стр. 733.

При  $z=0$ , т. е. при одинаковых диаметрах, мы получим  $P=0$ . Таким образом мы пренебрегали усилием запрессовки при посадке „нуль в нуль“. Такое допущение оправдывается при прессовых посадках, так как полное усилие запрессовки обыкновенно во много раз больше неучитываемой его части, обязанной молекулярному сцеплению и мелким неточностям формы. При менее напряженных посадках приходится учитывать и этот фактор.

Полагая условно *начальное усилие* запрессовки при одинаковых диаметрах вала и втулки равным  $P_0$ , будем считать его пропорциональным поверхности соприкосновения  $A$ , т. е. примем:

$$P_0 = b \cdot A,$$

где  $b$  — коэффициент, зависящий от тех же факторов как и коэффициент  $c$ .

Теперь с поправкой формула для усиления запрессовки примет вид:

$$P = (b + cz) A.$$

Определение  $b$  и  $c$  возможно только опытным путем и до сего времени не произведено с удовлетворительной точностью.

Замечая, что  $A = \pi \cdot d \cdot L$ , представим ту же формулу в виде:

$$P = b \cdot \pi \cdot d \cdot L + c \cdot \pi \cdot \Delta d \cdot L.$$

Отсюда видно, что при легких неподвижных посадках при одинаковом натяге ( $\Delta d$ ) и одинаковой длине ( $L$ ) усилие запрессовки увеличивается вместе с диаметром.

**Б. Опыты проф. Шлезингера.** Наиболее обстоятельные исследования тугих и плотных посадок были произведены еще в 1904 году проф. Шлезингером на заводе Лёве в Берлине<sup>1)</sup>. Большая серия опытов дала возможность разработать систему предельных калибров, которая была наиболее распространенной в Германии до введения системы DIN.

Эти исследования в отличие от почти всех последующих затрагивали физическую сторону явлений и были основаны на чисто опытном материале, а не на статистических данных, собранных в мастерских. Поэтому они представляют особый интерес.

Нужно указать, что измерение усилий, возникающих при сборке тугих и особенно плотных соединений, значительно сложнее чем при опытах с прессовой посадкой. Величины натягов очень малы и, вообще говоря, того же порядка как и погрешности в изготовлении. Поэтому отдельные опыты дают часто мало сходные между собою результаты вследствие ряда случайных причин. К этому присоединяется трудность точных измерений, особенно отверстий при малых диаметрах. В настоящее время существуют специальные внутренние микрометры малых размеров, дающие возможность непосредственного их обмера, но в 1904 году проф. Шлезингер должен был основываться исключительно на промере отверстий предельными пробками<sup>2)</sup>, что также вносило неопределенность.

Была изготовлена серия чугунных развернутых втулок 6—100 мм диаметром и стальных шлифованных валиков. Длина втулок колебалась в пределах от одного до пяти диаметров вала. Валики промерены на измеритель-

<sup>1)</sup> Опубликованы в „Mitteilungen über Forschungsarbeiten“, V. DI. Heft 18, 1904 г. Статья содержит много интересного материала.

<sup>2)</sup> О предельных калибрах см. ниже гл. III.

The graph plots Pressure ( $P$ , kg) on the y-axis against Length of compaction ( $L$ , mm) on the x-axis. The y-axis ranges from 0 to 300 kg in increments of 20. The x-axis has two scales: a top scale from 2 to 52 mm in increments of 2, and a bottom scale from 37 to 0 mm in increments of 1.

Four curves are shown, representing different punch configurations:

- Top curve (Longest):** Labeled "Полная длина запрессовки" at its peak. It reaches a maximum pressure of approximately 240 kg at  $L \approx 48$  mm.
- Second curve from top:** Labeled "Полная длина запрессовки" at its peak. It reaches a maximum pressure of approximately 100 kg at  $L \approx 28$  mm.
- Third curve from top:** Labeled "Полная длина запрессовки" at its peak. It reaches a maximum pressure of approximately 90 kg at  $L \approx 26$  mm.
- Bottom curve (Shortest):** Labeled "Полная длина запрессовки" at its peak. It reaches a maximum pressure of approximately 30 kg at  $L \approx 18$  mm.

An inset bar chart titled "Для облегчения вдавления оправки" (To facilitate the pressing of the punch) shows four bars with heights labeled 2.95, 10.007, 10.002, and 9.95. To the right, another bar chart compares "Короткая втулка" (Short sleeve) and "Длинная втулка" (Long sleeve), both with a height of 20 units.

Для облегчения введения опробоки

75°

74.95 74.95 74.93 74.95 75.00 74.93 128 128

75.00 74.93 128 128

Короткая Длинная  
втулка втулка

75мм

Давление в кг

Полная длина запрессовки 75°

Полная длина запрессовки 75°

Полная длина запрессовки 75°

Длина запрессовки в мм

20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 332

277 242 224 204 184 164 144 124 104 84 64 44 24 4

75 47 27 7 0

Рис. 1 и 2 дают примеры таких диаграмм. Диаграмма рис. 1 относится к втулкам диаметром 10 мм. Имелось два валика, один с диаметром 10,007 мм, а второй 10,002—10,003 мм. Отверстия были сделаны по возможности близкими к номинальному размеру, но точно измерены быть не могли.



усилия запрессовки при разных натягах и различных материалах, то все же они позволили установить следующие законы:

На величину усилия влияют:

- а) состояние поверхности вала и отверстия;
- б) свойства материалов соединяемых частей;
- в) величина поверхности запрессовки (усилие пропорционально этой поверхности);
- г) толщина втулки (усилие растет вместе с этой толщиной);
- д) наличие или отсутствие наружной литейной корки;
- е) величина натяга.

Опыты показывают, что при малых натягах, т. е. при слабых неподвижных посадках изменение диаметра на 0,01—0,02 мм совершенно меняет характер посадки. Этот вывод очень важен, так как показывает, с какой большой точностью нужно работать для того, чтобы без последующей пригонки получить требуемую посадку. При прессовых, а также при подвижных посадках (за исключением скользящей) требуется, вообще говоря, меньшая точность, причем она тем ниже, чем больше по абсолютной величине натяг или зазор <sup>1)</sup>.

Усилие запрессовки при слабых неподвижных посадках не пропорционально натягу, так как здесь сказывается влияние постоянного члена в приведенной выше формуле  $P = bA + czA$ , благодаря чему даже при натяге равном нулю усилие неравно нулю.

Так как усилие растет пропорционально поверхности соединения, то оно быстро возрастает с увеличением размеров деталей даже в том случае, если натяг остается постоянным. Проф. Шлезингер приходит к выводу, что средний натяг должен даже уменьшаться с увеличением диаметра, для того чтобы усилие не получалось чрезмерно большим. Однако в современных системах допусков и посадок обыкновенно этому правилу не следуют.

Сделаем еще один интересный вывод из опытов проф. Шлезингера. Из приводимых им кривых следует, что для получения неподвижных посадок для диаметров до 75 мм требуются усилия до 1—2 т и даже больше. Величины натягов им были взяты такие, какие применялись у Лёве, причем посадка обыкновенно производилась из-под свинцового молотка. Это показывает, каким сильным орудием является в сущности говоря свинцовый молоток и следовательно как осторожно надо им пользоваться, чтобы не погнуть или вообще не повредить вала.

## 5. Специальные прессовые посадки.

А. Неподвижные посадки при малых диаметрах. Мы видели <sup>2)</sup>, что при слабых неподвижных посадках величина натяга является очень чувствительной функцией от значения усилия запрессовки. Поэтому, если необходимо, чтобы это усилие не выходило из определенных узких границ, то допуск на величину натяга получается очень малым, а следовательно как отверстие, так и валик должны изготавливаться с весьма большой степенью точности. Чем меньше номинальный диаметр, тем меньше допуск, и при малых размерах допустимые отклонения получаются столь незначительными, что

<sup>1)</sup> Сравнить данные таблиц DIN и OCT. См. таблицы 14 и 23.

<sup>2)</sup> См. §. 4 „Б“. Опыты проф. Шлезингера.

требуется исключительная точность работы, если желательно сохранить постоянство величины усилия запрессовки.

К этому же мы приходим, рассматривая таблицы допусков. Например для диаметра 10 мм при работе по 2-му классу точности по системе отверстия<sup>1)</sup> ОСТ *плотная посадка* получается, если размеры вала выдерживаются в пределах 10,005 и 99,995 мм. Допуск на шлифовку равен только 0,01. Если вал отшлифован на 0,005 мм меньшим, т. е. его диаметр лежит в пределах 10,00 и 9,99 мм, то получается *скользящая посадка*. Таким образом колебания размера 0,005 мм, совершенно меняют ее характер. Далее легко видеть, что при принятом допуске на шлифовку 0,01 мм посадка получается не вполне определенная, так как диаметры в границах 10,000 и 9,995 мм принадлежат обоим посадкам.

Желание сделать посадку более определенной приводит к работе с еще меньшими допусками. Переходя к 1-му классу ОСТ, мы увидим, что допуск в этом случае понижается до 0,007 мм и, хотя посадка получается более определенной, но все же колебания ее характера остаются значительными.

Отверстия должны развешиваться с допуском 0,016 мм по 2-му классу и 0,009 по 1-му. Работа с такой точностью требует большой тщательности и обходится дорого. Поэтому техника вы-

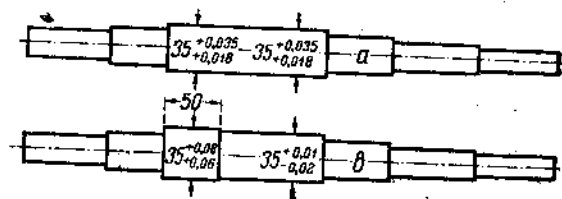


Рис. 3. Напрессовка ротора электромотора на вал.

работала несколько приемов получения неподвижных посадок, не требующих столь точной обработки.

**Б. Посадки с уменьшенной поверхностью соприкосновения.** Рис. 3а изображает ротор электромотора<sup>2)</sup>. Спрессованный и стяннутый пакет динамного железа имеет в центре отверстие  $35 + 0,025$  длиной 120 мм. В этот пакет впрессовывается валик диаметром 35 мм. Усилие запрессовки должно быть достаточным, чтобы впрессованный валик не имел продольного движения, так как он не снабжен никакими стопорами в этом направлении. С другой стороны чрезмерное усилие изгибает валик и вызывает бой.

Практика показала, что при работе по 2-му классу DIN посадка *F* (глухая) не вызывает боя, но она, как легко видеть, не обеспечивает надежного соединения. При отверстии  $35 + 0,025$  и валике  $35 + 0,035$  совпадение наименьшего вала с наибольшим отверстием приводит не к натягу, а к зазору  $0,025 - 0,018 = 0,007$  мм. Хотя такой крайний случай встречается редко, но, как показала практика, слабые соединения характера *плотной* посадки, а не *глухой* получались настолько часто, что выпускать электромоторы с такими валами было невозможно. Замена посадки *F* посадкой *P* (прессовой) приводила в некоторых случаях к бою и все же не гарантировала полной надежности соединения. Действительно при комбинации отверстия  $35 + 0,025$  с валиком  $35 + 0,040$  зазора получиться не может, но наименьший натяг равен только 0,015 мм, что при роторе, состоящем из

<sup>1)</sup> О системах отверстия и вала см. гл. IV.

<sup>2)</sup> Пример взят из практики завода Электросила.

отдельных листов, не обеспечивает полной неподвижности. Между тем допуски на шлифовку в обоих случаях равняются 0,017 и 0,020 мм соответственно, и не могут быть уменьшены без чрезмерного удорожания работы. Для обеспечения надежной посадки оставалось либо ввести еще более сильную прессовую посадку чем  $P$  DIN, мирясь с возможностью искривления вала<sup>1)</sup>, либо прибегнуть к какому-либо специальному методу посадки.

Рис. 3б показывает конструкцию валика, выполненного ступенчатым. Из длины запрессовки 120 мм, 50 мм отшлифовано на размер  $35^{+0,03}$

остальная длина на размер  $35^{+0,01}$ . Как легко видеть, допуск на шлифовку получается 0,02 и 0,03 мм, т. е. неслишком малым. Прессовую посадку дает только длина 50 мм, а на остальной части валик входит в отверстие плотно от руки или под действием легких ударов.

Сравнивая полученную посадку с посадкой  $F$  DIN мы видим, что наибольший натяг в первой равен 0,08 мм, а во второй лишь 0,035 мм. Между тем усилие запрессовки, выражаемое формулой  $P = c \cdot z \cdot A^2$ , при постоянном коэффициенте  $c$  пропорционально произведению натяга на поверхность соприкосновения, т. е. при постоянном диаметре, произведению натяга на длину запрессовки. При ступенчатом валике произведение это равно  $0,08 \cdot 50 = 4 \text{ мм}^2$ , а при посадке по  $F$  DIN —  $0,035 \cdot 120 = 4,2 \text{ мм}^2$ . Следовательно наибольшее усилие запрессовки в обоих случаях приблизительно одинаково.

С другой стороны наименьшее усилие при новом методе запрессовки соответствует натягу  $0,060 - 0,025 = 0,025 \text{ мм}$  и равняется  $\frac{0,025}{0,080} \cdot 100 = 31\%$  от наибольшего. При запрессовке по  $F$  DIN, как мы видели, наименьшее усилие равно нулю, так как получается не натяг, а зазор. При выбранном способе запрессовки соединения получались надежные и в то же время боя не наблюдалось.

Кроме того малая длина запрессованной части и ее расположение около того конца вала, на который давил штемпель прессы, также уменьшали опасность искривления. В результате оказалось возможным работать с еще большими допусками (на длине 50 мм) и мы окончательно остановились на размере вала в этом месте  $35^{+0,2}$ , получая весьма солидное соединение при отсутствии боя. Шпонка, ранее применявшаяся для предотвращения вращения железа на валу, оказалась излишней.

**В. Накатанные и рифленые поверхности.** Эффект выбранного метода зависел от уменьшения поверхности запрессовки, что позволило увеличить наибольший натяг, не увеличивая наибольшего усилия. Другой прием получения надежных легких прессовых посадок без чрезмерно узких допусков заключается в накатке валиков в месте запрессовки<sup>2)</sup>. В этом случае поверхность соприкосновения также уменьшается и достигается требуемый эффект. Ряд фирм при посадке роторов на их валики делают последние рифлеными и тем избегают затруднений при получении надежных посадок. Рис. 4 изображает такую конструкцию.

<sup>1)</sup> Вводя операцию шлифовки шеек с насаженным ротором.

<sup>2)</sup> См. выше § 3.

<sup>3)</sup> Ряд примеров и цифровых данных см. Machinery (Лондон), стр. 297, 1927 г.

Г. Штифты системы Мильс. Фирмой James Mills Ltd, Stockport выпущены на рынок штифты специальной конструкции, удачно разрешающие задачу постановки стопорных штифтов, заклепок и т. п.



Рис. 4. Рифленый налик электромотора.

На рис. 5 показаны различные примеры применения штифтов Мильс. Обычно в таких случаях прибегают либо к конусным штифтам, для чего отверстия приходится развертывать длинными коническими развертками (рис. 5а и 5б), что является дорогой и кропотливой операцией, либо к штифтам на резьбе и винтам (рис. 5с и 5д). Штифты Мильс позволяют достигать надежных соединений без каких-либо затруднений.

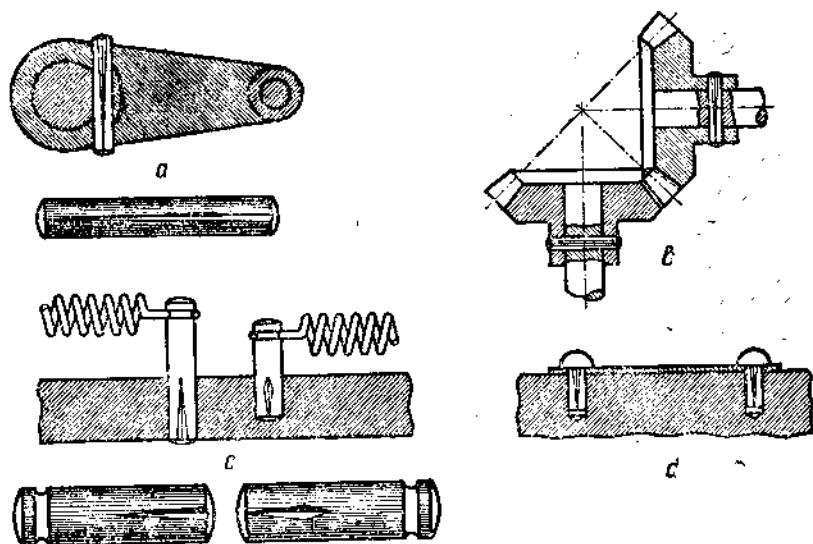


Рис. 5. Различные применения штифтов типа Мильс.

Рис. 6 показывает штифт типа Мильс. Он имеет цилиндрическую форму с тремя выпрессованными треугольными канавками. Металл поднимается между этими канавками и, так как канавки выпрессованы на конус, то штифт получает также коническую форму. При заколачивании такого штифта в цилиндрическое отверстие выступающий между канавками металл опять вдавливается в них, оказывая пружинное действие. При этом диаметр отверстия делается приблизительно равным диаметру тонкого конца штифта. Никаких разверток здесь не требуется, штифты вгоняются прямо в отверстия, полученные из-под сверла. Интересно указать, что при повторных запрессовках штифт не теряет своего пружинного действия и при опытах обнаружилось, что после 25-крат-



Рис. 6. Штифт типа Мильс.

ного вколачивания и выколачивания потребовалось еще 60% первоначального усилия запрессовки. Д-р Вернер указывает, что соединения типа Мильс обходятся на 65% дешевле чем конические. Главная экономия — на времени развертывания и на цене самих разверток<sup>1)</sup>.

## 6. Подвижные посадки.

**А. Значение величины зазора.** Наиболее плотной из подвижных посадок является *скользящая посадка*. В этом случае вал плотно, но без всякого сопротивления, передвигается во втулке от руки.

Пример такой посадки — пригонка калиберного кольца к нормальной пробке. При скользящей посадке всегда имеется зазор, но он очень мал (близок к нулю).

Для подшипников требуются большие зазоры и выбор правильного их значения является сложной задачей, разрешаемой в конечном счете *опытным путем*. Теория работы подшипников еще не разработана настолько, чтобы дать совершенно точные руководящие указания о выборе правильных зазоров. Каждый завод имеет свои собственные правила для назначения этих зазоров, которым и следует с уверенностью в получении хороших результатов.

Зазор служит для помещения смазки, и его величина должна быть достаточна для того, чтобы компенсировать неизбежные колебания температуры подшипника и вала, особенно сильные при водяном охлаждении вкладышей. Слишком малый зазор вызывает нагревание подшипников в работе, слишком же большой — стук в машине, если направление давления на вкладыш меняется, что обычно и имеет место в двигателях.

Чрезмерные зазоры кроме того нарушают точность кинематической связи между отдельными звеньями механизма. Это имеет значение например в станках, в приводах к органам распределения в двигателях внутреннего сгорания и во многих других случаях. По мере работы машины подшипники, а отчасти и вал, изнашиваются — и зазоры увеличиваются. В силу всего сказанного стараются первоначально делать зазор возможно меньшим, причем этот минимум обыкновенно определяется возможностью работы подшипника без нагревания<sup>2)</sup>. *Чем меньше выбраны зазоры, тем правильнее должны быть выполнены подшипники и валы, а также тем точнее должна быть собрана вся машина.* Следовательно уменьшение зазоров, вообще говоря, ведет к удорожанию конструкции и малые их значения присущи точным и более дорогим механизмам. Гнаться за чрезмерно точной сборкой там, где это не требуется, не следует.

Проф. Шлезингер приводит следующую табличку величин зазоров для некоторых типичных механизмов (в мм).

|                                               |              |
|-----------------------------------------------|--------------|
| Каменные подшипники карманных часов . . . . . | 0,005        |
| Подшипники станков . . . . .                  | 0,025 — 0,10 |
| Трансмиссии и паровые машины . . . . .        | 0,2 — 0,5    |
| Простые сельскохозяйственные машины . . . . . | 1,0 — 3,0    |

<sup>1)</sup> Подробнее о штифтах Мильс см. Machinery (Лондон), 10 окт. 1929 г. и 20 окт. 1930 г. В этих статьях много цифровых данных.

<sup>2)</sup> Часто мирятся с тем, что вначале подшипники немного греются. После смирнения мелких неровностей на вкладышах они „прирабатываются“.

Эти цифры приведены конечно лишь для общей иллюстрации сказанного выше, так как значение зазоров, как сейчас увидим, зависит от целого ряда факторов и конечно прежде всего от диаметра подшипника.

**Б. Факторы, влияющие на величину зазора.** Кроме различных требований к точности сборки величина зазора определяется рядом других факторов, из которых мы перечислим главнейшие.

*а) Система смазки.* При капельной, фитильной и кольцевой смазке масло подается самотеком с ненагруженной стороны вала и распределяется, увлекаемое силой сцепления с валом, благодаря надлежаще расположенным канавкам. При смазке под давлением масло нагнетается насосом обыкновенно со стороны наибольшего давления, так как здесь самое главное условие — *избежать чрезмерной утечки масла*. Зазоры в этом случае должны иметь небольшую величину — иначе давление в трубопроводе будет очень низко. Распределяется масло под действием давления. При прессовой смазке зазоры поэтому меньше чем при смазке самотеком.

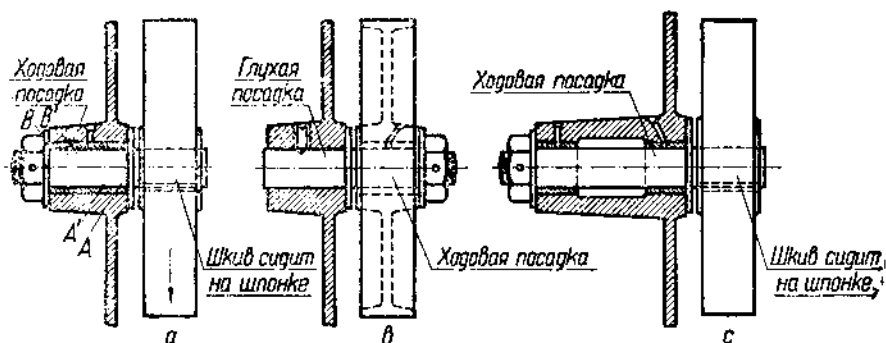


Рис. 7. Одноопорный вал.

*б) Длина подшипников и число опор.* Как правило, чем длиннее подшипники тем больше должны быть зазоры. Точно также зазоры в подшипниках многоопорного вала больше чем двухопорного. Это объясняется большей легкостью точной обработки коротких подшипников, чем длинных, и более простой пригонкой подшипников двухопорного вала, чем многоопорного.

Остановимся еще на подшипниках одноопорных валов (рис. 7а). Легко видеть, что в данном случае невозможно достигнуть равномерного прилегания вала к подшипнику. Нагруженными оказываются лишь участки вкладыша *А* и *В*, которые тем уже, чем больше зазор в подшипнике. Поэтому при такой конструкции зазоры должны быть минимальными<sup>1)</sup>. Нужно однако заметить, что *одноопорная конструкция принципиально неправильна и ее следует, где только возможно, избегать*. Правильной конструкцией является такая, при которой цапфа закреплена неподвижно, а подшипник находится во вращающейся детали (рис. 7б). В крайнем случае следует сделать в длинном подшипнике выточку по середине (7с). В этом случае мы по крайней мере гарантируем себя от защемления вала при плохой пригонке вкладышей, когда давление может передаваться вместо точек *А* и *В* (рис. 7а) на некоторые промежуточные точки *А'* и *В'*, расположенные между

<sup>1)</sup> Очевидно также, что длина подшипника должна быть возможно большой.

собой значительно ближе, чем точки *A* и *B*, вследствие чего давление в этих точках получится очень высокое.

*в) Направление усилия на подшипник.* Если усилие не меняется по направлению, то работает всегда лишь одна сторона подшипника. При переменном усилии давление воспринимается поочередно верхним и нижним вкладышем подшипника. В двухтактных двигателях Дизеля давление на поршень всегда направлено сверху вниз, в то время как в четырехтактных оно в некоторые моменты принимает обратное направление.

При нормальной работе двухтактного двигателя крышки рамовых, нижние половинки мотылевых и верхние головных подшипников не работают<sup>1)</sup>. Поэтому зазоры в двухтактном двигателе, вообще говоря, больше чем в четырехтактном.

*г) Число оборотов вала.* Чем быстрее вращается вал, тем сильнее нагреваются подшипники и, следовательно, тем больший зазор должен существовать в подшипнике для компенсации неравномерного нагревания. Далее увеличенное количество теплоты, развивающейся от трения, требует усиленной циркуляции масла в подшипнике, для того чтобы уносить тепло, не давая температуре подняться выше допустимого предела. При определенном давлении в трубопроводе увеличенное количество протекающего масла требует больших зазоров.

Таким образом подшипники быстроходных валов, при прочих равных условиях, должны иметь зазоры большие чем подшипники валов тихоходных.

Однако в быстроходных двигателях приходится больше считаться с силами инерции и чрезмерные зазоры приводят к появлению стуков. Это обстоятельство заставляет ограничивать величину зазоров и достигать хорошей работы подшипников за счет тщательности их выполнения и высокого давления масла в трубопроводе.

В случае очень быстроходных и точных механизмов (например в станках) выбор надлежащей конструкции подшипников и, в частности, величины зазора представляет большие затруднения. Здесь часто совершенно отказываются от применения подшипников скользящего трения и переходят к подшипникам шариковым и роликовым.

**В. Некоторые практические данные о величине зазоров в подшипниках<sup>2)</sup>.**

*а) Для быстроходных четырехтактных двигателей внутреннего сгорания и для паровых машин при прессовой смазке можно принять минимальный зазор рамовых подшипников нового двигателя равным  $\frac{0,8}{1000} d$ .*

*б) При капельной смазке он должен быть повышен до  $\frac{1}{1000} d$ .*

*в) Для двухтактных двигателей Дизеля как минимум принимается величина  $\frac{1}{1000} d$ , но во многих случаях, особенно при капельной смазке можно повысить ее до двойного значения без всякого вреда для работы машины. Это приходится делать при длинных гибких многоопорных валах.*

<sup>1)</sup> Они работают однако в случае заедания поршня, когда шатунные болты оказываются столь же напряженными, как и в четырехтактном двигателе.

<sup>2)</sup> Данные ориентировочные. Пропорциональность зазора диаметру может быть принята лишь на узком участке изменения последнего.

г) Для больших судов тихоходных паровых машин при фитильной смазке часто берут зазоры в рамовых подшипниках до 1 мм и даже больше. Число оборотов 50 — 100 в минуту.

д) Для подшипников шатуна следует брать несколько меньшие значения, чем было указано в пп. „а“, „б“, „в“ так как здесь мы имеем вал, лежащий на одной опоре. Можно принять в среднем зазоры равными  $\frac{2}{3}$  приведенных для рамовых подшипников.

е) Для валов станков, электромоторов и прочих механизмов можно руководствоваться таблицами DIN и OCT, которые предусматривают несколько видов ходовых посадок с различными зазорами. В конце книги приведены примеры пользования различными посадками.

Дальнейшие сведения о подшипниках см. ниже в соответственных главах курса.

## ГЛАВА ВТОРАЯ.

### ТОЧНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ РАБОТЫ.

#### 1. Неточность обработки и допуски.

Во всем предыдущем изложении мы предполагали, что изделие можно изготовить с такой точностью, что погрешности в размерах будут незначительны—и ими можно пренебречь—по сравнению с требуемыми зазорами или натягами. Далее мы предполагали, что поверхность деталей совершенно гладкая, а форма их в точности соответствует чертежу. В действительности например шейка вала, изображенная на чертеже в виде цилиндра определенного диаметра и длины будет, строго говоря, не цилиндром, а телом крайне неправильной формы с отступлениями от цилиндрической формы из-за овальности, конусности и шероховатости поверхности. Таким образом если мы нанесем на чертеже не номинальные размеры, а другие, учитывающие необходимые натяги и зазоры, то и тогда чертеж не будет в точности соответствовать изделию. В отличие от зазоров и натягов величину отклонений в размерах нельзя выразить одним определенным числом, так как эти отклонения никогда не могут быть известны заранее. Для того чтобы чертеж учитывал и неточность обработки, приходится проставлять на нем *допуски* <sup>1)</sup>.

Если мы не знаем заранее точно размера детали, то все же обычно можем указать те наибольшие отклонения, которых следует ожидать в этом размере.

Пусть мы желаем обработать отверстие 60 мм диаметром. При этом требуется, чтобы его размер ни в коем случае не был меньше 60 мм, но допускается превышение диаметра над этим размером не больше чем на 0,03 мм. В таком случае говорят, что допуск на диаметр равен  $\pm 0,03$  мм. Если на чертеже проставлен размер с допуском<sup>2)</sup>, то это обозначает, что действительный размер может принимать всевозможные значения в пределах допуска (в нашем случае в пределах 60 и 60,03 мм).

Величины допусков на неточность обработки определяются двумя факторами:

- 1) требованиями, предъявляемыми к точности размеров детали;
- 2) возможностью получения заданной степени точности при принятых методах обработки.

<sup>1)</sup> В английской литературе допуск на неточность изготовления обозначается словом *tolerance*; это в переводе значит "то что может быть терпимым". Сравните определения натягов и зазоров глава I § 1.

<sup>2)</sup> Способы обозначения допусков см. глава VIII § 2.

Допуск, наносимый на чертеже, всегда является компромиссом этих двух требований, причем желание сделать механическую обработку более дешевой заставляет мириться с меньшей точностью, а требование повышения качества изготавливаемых изделий и удешевления сборки ведет к повышению этой точности.

Требования к точности могут быть очень различны. Нет никакой надобности наружные поверхности рам, станин и т. п. получать особенно правильными. Их расположение может колебаться в значительных пределах, без ущерба для работы детали. Поэтому обычно эти поверхности получают прямо из отливки и оставляют без дальнейшей обработки. Боковая поверхность стержня шатуна также не соприкасается ни с какими другими деталями, и если поковка выполнена достаточно чистой (в штампах), то ее часто оставляют также без обработки. При свободной ковке достижение сколько-нибудь точных размеров и гладкой поверхности затруднительно и обходится очень дорого. Поэтому в таком случае предпочитают ковать шатун с большими припусками, не заботясь о точности, и потом обтачивают его на станке. Очевидно большой точности при обточке здесь не требуется и правильные размеры получаются даже при довольно грубой работе.

Другое дело пригонка вкладыша в том же шатуне. Вкладыш и отверстие под него в теле шатуна должны быть обработаны очень точно, так как вкладыш должен туго входить в свое отверстие. Внутренний диаметр вкладыша также должен быть точным, так как зазор в подшипнике необходимо, как мы видели выше, выдержать в известных пределах. Методы обработки должны всегда согласовываться с требуемой точностью.

## 2. Горячая и холодная обработка.

В большинстве случаев первоначальную, грубую форму изделию придают путем *горячей* обработки: отливки, отковки или прокатки. В горячем состоянии металл гораздо легче деформируется чем в холодном, и требуется затрата значительно меньшего количества работы, чем для получения тех же деформаций в холодном виде. Это очень существенно в виду больших изменений формы при первоначальной обработке.

Однако лишь в сравнительно редких случаях так изготовленная машинная деталь может быть прямо поставлена на место. Обычно приходится прибегать к дополнительной *холодной* обработке резанием для того, чтобы придать ей правильные размеры. *Холодная обработка заключается в удалении части металла путем срезания его на станке.* Причина этого лежит в невозможности достигнуть достаточной точности путем одной горячей обработки.

Кроме того всякое увеличение точности отливок и в особенности поковок сверх определенных пределов столь сильно отражается на стоимости работы, что делает его экономически нецелесообразным. Другое соображение, заставляющее часто прибегать к механической обработке даже в тех случаях, когда особой точности не требуется, — это желание получить чистую поверхность. Получение гладкой поверхности в отливке требует особенно тщательной формовки и возможно лишь в известных пределах. Кованные же изделия (кроме штампованных) обычно имеют столь грубый вид, что их приходится обрабатывать резцом или хотя бы зачищать пилой или наждачным кругом лишь для того, чтобы сделать пользование ими бо-

на удобным и вид их более привлекательным (например ключи и другие подобные инструменты).

Необходимо указать, что *установление границы точности*, до которой выгодно идти путем повышения требований к горячим цехам и после которой целесообразно всю ответственность за точность размеров возложить на цеха холодные, *зависит от методов литейного, кузнечного и прокатного дела с одной стороны и механического с другой.*

В то время когда металлообрабатывающая промышленность находилась еще в зачаточном состоянии и почти вся холодная обработка производилась вручную, последняя обходилась столь дорого, что ее стремились сократить всеми доступными способами — отсюда требование к *высокой точности поковок.*

В средние века существовало целое сословие кузнецов-артистов, которые путем длительной выучки, передаваемой из поколения в поколение, достигали изумительного искусства. Однако по мере того как совершенствовались станки, это высокое искусство перестало оправдывать себя и экономическая необходимость привела к тому, что к точности поковок стали предъявляться все меньшие и меньшие требования. Развитие методов горячей обработки значительно отставало от развития механического дела. Благодаря этому создавалось мнение, что в горячих цехах точность вообще не важна и что вся ответственность за размеры лежит целиком на холодных. Однако в последнее время горячая обработка сделала такие успехи, которые заставили во многих случаях изменить это неверное мнение.

Прежде всего надо указать на развитие *штамповки*. Ковка в штампах (drop — forging), главным образом мелких деталей, позволяет во многих случаях совершенно избавиться от обработки тех поверхностей, которые раньше всегда обрабатывались. Например в производстве автомобильных двигателей штампованные шатуны получили общее признание — их стержень двугаврового сечения может быть оставлен без обработки. Рычажки, тяги, ключи и прочие подобные мелкие детали теперь обычно штампуются. Применение штамповки не отражается неблагоприятно ни на работе машины, ни на ее внешнем виде, но очень понижает стоимость. Степень точности такой штамповки может быть в некоторых случаях доведена до 0,03 мм, причем в последнем штампе работа заканчивается уже над остывшим изделием.

*Прокатное дело* также очень развилось — и путем *холодной прокатки* можно получить валы с точностью, достигающей до 0,03 — 0,05 мм и с гладкой поверхностью. Такие валы применяются для трансмиссий без всякой обработки.

*Волочение* (в холодном состоянии) прокатанных прутков сквозь точно калиброванные глазки дает возможность получить материал с полированной поверхностью и весьма точных размеров (до 0,01—0,03 мм). Такие прутки круглой, квадратной и шестигранной формы часто применяются для производства болтов и гаек на автоматах, причем отпадает необходимость фрезеровки граней.

Упомянем два процесса, не относящиеся к горячей обработке, но все же резко отличающиеся от методов обычной холодной обработки резанием. Это, во-первых, *холодная штамповка головок болтов и гаек* (легко штампуются головки болтов до  $\frac{5}{8}$ " без всякого нагрева) и, во-вторых, *накатка резьбы*. Эти методы совершенно перевернули технику изготовления болтового товара средней и низшей точности (точные болты пока нарезаются),

В литейном деле в последнее время сделала успехи массовая отливка в металлические формы. Наконец известен способ отливки в штампах (die Casting), где расплавленный металл вдавливается в форму. Последним способом достигается точность до 0,03 мм.

Нужно заметить однако, что все точные методыковки, прокатки и отливки применимы *лишь при массовой фабрикации сравнительно мелких изделий*. Чем крупнее изделие, тем сомнительнее становится целесообразность применения штампов. Их цена быстро растет с увеличением размеров, а долговечность падает. Оборудование для перечисленных специальных производств окупается лишь тогда, когда требуется изготовлять большое количество деталей. Наконец надо заметить, что хотя здесь мы имеем дело с ковкой, прокаткой, волочением, т. е. с методами, взятыми из практики горячей обработки, но сам процесс ведется или по крайней мере заканчивается в холодном состоянии, отчего теряется значительная часть выгод горячей обработки, происходящих от легкости изменения формы нагретого металла. Иногда даже при массовом производстве применение этих методов не оправдывается. Меньшие затраты на рабочую силу с лихвой покрываются увеличенными накладными расходами. Наконец эти методы при всей их точности не дают возможности обойтись без механической обработки, так как путем штамповки, прокатки и т. п. возможно получение далеко не всех форм. Например выполнение простого точного цилиндрического отверстия под штампом невозможно.

Припоминая, что все затруднения быстро растут с увеличением размеров изделия, мы приходим к выводу, что *в общем машиностроении* (по крайней мере в среднем и крупном) *обработка резанием еще долгое время остается единственным способом изготовления изделий с удовлетворительной точностью*. Не останавливаясь далее на точности методов горячей обработки, переходим непосредственно к точности обработки резанием.

### 3. Источники погрешностей при механической обработке.

Рассмотрим последовательно главнейшие источники погрешностей при обработке изделий на станках.

**А. Неточность самих станков.** Как бы ни был точно построен станок, он никогда не может воспроизводить все движения с абсолютной точностью. Главнейшие причины погрешностей, коренящиеся в самих станках, следующие:

- а) *Неправильность направляющих станка.*
  - б) *Овальность шпинделей.*
  - в) *Слабина в подшипниках и направляющих.*
  - г) *Отступления от параллельности и перпендикулярности осей и плоскостей, которые по схеме станка должны быть параллельны или перпендикулярны между собой.*
  - д) *Упругие деформации деталей станка под действием давления стружки на резец или других сил (например веса борштанги).*
  - е) *Неправильность ходовых винтов и мертвый ход в них.*
- Кроме этих главнейших причин имеется еще ряд других — также влияющих на точность работы станка.

**Б. Ошибки при установке изделия.** Главнейшие из них следующие:

- а) *Неправильное положение изделия относительно оси шпинделя или*

стола станка. Ошибка происходит от плохой проверки при установке или вследствие неточности приспособлений.

б) *Слабое закрепление изделия*, что вызывает его перемещение во время обработки.

в) *Упругие деформации при закреплении* как следствие чрезмерно сильного зажатия его кулачками патрона или неправильного прижима плашками к столу строгального станка.

**В. Ошибки инструмента.**

а) *Влияние износа резца во время обработки.*

б) *Неправильность размеров разверток, метчиков, плашек и т. п. инструмента.*

**Г. Ошибки измерения.**

а) *Неправильность самого измерительного инструмента.*

б) *Неправильность пользования им.*

в) *Влияние температуры на измерение.*

**Д. Последующие деформации изделия.** При точной обработке больших отливок, а также длинных линейек и измерительных инструментов приходится очень считаться с последующей деформацией изделия вследствие освобождения внутренних напряжений при снятии литейной корки, так как это явление определяет собой целый ряд погрешностей.

**Е. Негладкость поверхности.** Влияние этой погрешности будет рассмотрено ниже.

**Ж. Индивидуальные ошибки рабочего.** Даже при наилучшем состоянии оборудования возможен целый ряд ошибок, происходящих вследствие неправильного производства работы по причине неопытности или невнимательности рабочего.

Мы перечислили лишь главнейшие источники ошибок при обработке, кроме того существует еще бесчисленное множество других—присущих специально тому или иному станку или технологическому методу. Полный анализ влияния всех перечисленных факторов при современном состоянии технической науки невозможен, исследованы лишь отдельные источники погрешностей.

#### 4. Точность станков.

Вопрос о проверке станков на точность в настоящее время хорошо исследован и имеются подробно разработанные методы такой проверки. Сводку этих методов сделал проф. Шлезингер в своем труде „Prüfbuch für Werkzeugmaschinen“<sup>1)</sup>. В этой книге в форме таблиц даются нормы, которым должны удовлетворять станки при проверке их на точность. Одновременно указываются методы проверки этой точности.

В качестве руководства для приемки станков при заказе оборудования секцией стандартизации ИТЭУ ВСНХ СССР выпущены „Технические условия на импортное оборудование—станки металлообрабатывающие“<sup>2)</sup>, в которых на основе упомянутых таблиц проф. Шлезингера составлены инструкции по приемке станков.

Нужно заметить, что проверка станка производится в ненагруженном со-

<sup>1)</sup> Издание Julius Springer, Berlin. Имеется русский перевод. — Шлезингер. Проверка металлообрабатывающих станков на точность, Макиз, 1929.

<sup>2)</sup> Москва „Техника Управления“, 1930 г.

стоянии при помощи индикаторов, ватерпасов, линеек и т. п. При его работе появляется целый ряд добавочных ошибок.

Далее, производя приемку на заводе изготовляющем станок, мы этим еще не гарантируем его точности в работе. При перевозке и установке возможны повреждения станка, а неправильное закрепление на фундаменте легко ведет к появлению целого ряда дополнительных ошибок. Установка большого строгального или фрезерного станка требует большого искусства и внимательности.

С течением времени даже лучшие станки теряют точность и требуют регулировки и ремонта. Поэтому, *периодический контроль точности оборудования совершенно необходим, если желают иметь правильно обработанные изделия.* Наллежащая организация такого контроля является безусловно одной из важнейших функций по обслуживанию механических цехов.

Рассмотрение других источников ошибок трудно систематизировать. Имеется слишком мало исследований в этой области. Поэтому здесь мы ограничимся приведенными краткими соображениями с тем, чтобы вернуться к их иллюстрации примерами в соответственных местах книги при описании операций, при выполнении которых та или иная ошибка сказывается особенно резко.

### 5. Средняя точность различных методов обработки.

Как мы только что сказали, полный анализ всех источников погрешностей практически невозможен. Поэтому приводим ниже некоторые средние цифры точности станочной работы, в которые входит суммарно влияние всех перечисленных ошибок.

Эти цифры относятся к обычной производственной работе на исправных станках при условии, что квалификация рабочего является достаточной для исполняемой работы и он снабжен хорошим режущим и измерительным инструментом.

При сильно изношенных и плохо отрегулированных станках, неопытным рабочим и скверном инструменте ошибки могут быть много выше. С другой стороны, при большом искусстве рабочего, лучших станках и допустимости медленной работы можно иметь значительно большую точность обработки, чем дают приводимые ниже цифры. С таким случаем мы встречаемся например в инструментальных, а также при индивидуальном производстве.

Приводим данные завода Пратт и Витней (Америка), основанные правда главным образом на опыте по производству огнестрельного оружия, но представляющие общий интерес. Размеры изделий везде предположены небольшие<sup>1)</sup>.

**А. Чистовая обточка на токарном или revolverном станке.** Пределы погрешностей. При изделиях небольшой длины можно принять:

| Диаметр       | Погрешность |
|---------------|-------------|
| От 6 до 13 мм | 0,05 мм     |
| 14 " 25 "     | 0,08 "      |
| 26 " 50 "     | 0,13 "      |
| Выше 50 мм    | 0,18 "      |

<sup>1)</sup> См. Erik Oberg. „Gage-Design and Gage-Making“. The Industrial Press New-York, 1920.

При больших диаметрах и длинах допуски должны быть увеличены, но во всяком случае допуск 0,20 мм может быть всегда выдержан<sup>1)</sup>.

Сравнивая эти допуски с допусками систем DIN и OCT<sup>2)</sup>, мы видим, что эти погрешности совершенно выходят из пределов допусков 2-го класса и превосходят допуски 3-го класса точности в среднем вдвое.

Допуски грубых посадок близки к цифрам Пратт и Витней<sup>3)</sup> по крайней мере для диаметров порядка 50 мм.

Из приведенных рассуждений следует, что на токарных станках экономическая точность обработки близка к точности грубых посадок DIN и OCT и лишь при повышенной тщательности можно уверенно работать по 3-у классу. Работа по 2-у классу требует искусства и исключительного внимания, по крайней мере в тех случаях, когда обрабатываемые поверхности не слишком коротки. Очень короткие буртики и заточки можно получить из-под резца точнее, выдерживая цифры 3-го класса и даже иногда 2-го. Другой случай работы повышенной точности относится к *настроенным станкам*.

Работа с допусками 0,05—0,20 мм все же требует известной тщательности исполнения. Обточка может считаться грубой лишь при допусках 0,15—0,40 мм<sup>4)</sup> (в зависимости от диаметра и длины).

При обточке на revolverном станке или автомате обычно погрешность получается порядка 0,1 мм, а при больших диаметрах и длинах доходит до 0,2 мм. При тщательной настройке этих станков возможно достижение весьма высокой степени точности.

В отношении овальности и конусности во всех случаях, а также призмизмы поверхностей при торцевой обточке можно предъявлять значительно более строгие требования. Здесь точность обуславливается в большей степени станком, чем рабочим.

В среднем для малых и средних станков (до 500 мм высоты центра) можно требовать, чтобы овал не превышал 0,005—0,01 мм, а конус 0,01—0,02 мм на длине 300 мм. Вогнутость при торцевой обточке не больше 0,02 мм на диаметре 300 мм.

На очень больших станках допуск на овальность и конусность приходится несколько увеличивать.

Достигая в известной степени *точности формы*, мы обыкновенно не достигаем на токарном станке точности размеров.

**Б. Фрезеровка и строжка.** По Пратт и Витней при небольших изделиях точность фрезеровки в среднем равна 0,10—0,13 мм.

При большей тщательности можно получить 0,05 мм. Ширина шпороночной канавки глубиной, не превышающей диаметра фрезы, фрезеруемой в 1 проход, выдерживается с точностью:

| Для ширины              | Погрешность |
|-------------------------|-------------|
| От 6 до 13 мм . . . . . | 0,1 мм      |
| 14 " 20 " . . . . .     | 0,15 "      |
| 21 " 25 " . . . . .     | 0,20 "      |

<sup>1)</sup> По таблице DIN 60 — припуски на шлифовку — допуск на обточку колеблется в пределах 0,15—0,20 мм в зависимости от диаметра и длины.

<sup>2)</sup> См. гл. V, таблицы 14, 22, 23, 24, 25.

<sup>3)</sup> Интересно отметить, что возрастание погрешностей с диаметром по Пратт и Витней значительно более быстрое, чем по DIN и OCT.

<sup>4)</sup> По Пратт и Витней для диаметров 6—50 мм допуски грубой обточки колеблются в пределах 0,13—0,38 мм.

стоянии при помощи индикаторов, ватерпасов, линеек и т. п. При его работе появляется целый ряд добавочных ошибок.

Далее, производя приемку на заводе изготовляющем станок, мы этим еще не гарантируем его точности в работе. При перевозке и установке возможны повреждения станка, а неправильное закрепление на фундаменте легко ведет к появлению целого ряда дополнительных ошибок. Установка большого строгального или фрезерного станка требует большого искусства и внимательности.

С течением времени даже лучшие станки теряют точность и требуют регулировки и ремонта. Поэтому, *периодический контроль точности оборудования совершенно необходим, если желают иметь правильно обработанные изделия.* Наллежащая организация такого контроля является безусловно одной из важнейших функций по обслуживанию механических цехов.

Рассмотрение других источников ошибок трудно систематизировать. Имеется слишком мало исследований в этой области. Поэтому здесь мы ограничимся приведенными краткими соображениями с тем, чтобы вернуться к их иллюстрации примерами в соответственных местах книги при описании операций, при выполнении которых та или иная ошибка сказывается особенно резко.

## 5. Средняя точность различных методов обработки.

Как мы только что сказали, полный анализ всех источников погрешностей практически невозможен. Поэтому приводим ниже некоторые средние цифры точности станочной работы, в которые входит суммарно влияние всех перечисленных ошибок.

Эти цифры относятся к обычной производственной работе на исправных станках при условии, что квалификация рабочего является достаточной для исполняемой работы и он снабжен хорошим режущим и измерительным инструментом.

При сильно изношенных и плохо отрегулированных станках, неопытным рабочем и скверном инструменте ошибки могут быть много выше. С другой стороны, при большом искусстве рабочего, лучших станках и допустимости медленной работы можно иметь значительно большую точность обработки, чем дают приводимые ниже цифры. С таким случаем мы встречаемся например в инструментальных, а также при индивидуальном производстве.

Приводим данные завода Пратт и Витней (Америка), основанные правда главным образом на опыте по производству огнестрельного оружия, но представляющие общий интерес. Размеры изделий везде предположены небольшие<sup>1)</sup>.

**А. Чистовая обточка на токарном или револьверном станке. Пределы погрешностей.** При изделиях небольшой длины можно принять:

| Диаметр       | Погрешность |
|---------------|-------------|
| От 6 до 13 мм | 0,05 мм     |
| 14 " 25 "     | 0,08 "      |
| 26 " 50 "     | 0,13 "      |
| Свыше 50 мм   | 0,18 "      |

<sup>1)</sup> См. Erik Oberg. „Gage-Design and Gage-Making“. The Industrial Press New-York, 1920.

При больших диаметрах и длинах допуски должны быть увеличены, но во всяком случае допуск 0,20 мм может быть всегда выдержан <sup>1)</sup>).

Сравнивая эти допуски с допусками систем DIN и OCT <sup>2)</sup>, мы видим, что эти погрешности совершенно выходят из пределов допусков 2-го класса и превосходят допуски 3-го класса точности в среднем вдвое.

Допуски грубых посадок близки к цифрам Пратт и Витней <sup>3)</sup> по крайней мере для диаметров порядка 50 мм.

Из приведенных рассуждений следует, что на токарных станках экономическая точность обработки близка к точности грубых посадок DIN и OCT и лишь при повышенной тщательности можно уверенно работать по 3-у классу. Работа по 2-у классу требует искусства и исключительного внимания, по крайней мере в тех случаях, когда обрабатываемые поверхности не слишком коротки. Очень короткие буртики и заточки можно получить из-под резца точнее, выдерживая цифры 3-го класса и даже иногда 2-го. Другой случай работы повышенной точности относится к *настроенным станкам*.

Работа с допусками 0,05—0,20 мм все же требует известной тщательности исполнения. Обточка может считаться грубой лишь при допусках 0,15—0,40 мм <sup>4)</sup> (в зависимости от диаметра и длины).

При обточке на револьверном станке или автомате обычно погрешность получается порядка 0,1 мм, а при больших диаметрах и длинах доходит до 0,2 мм. При тщательной настройке этих станков возможно достижение весьма высокой степени точности.

В отношении овальности и конусности во всех случаях, а также прямизны поверхностей при торцевой обточке можно предъявлять значительно более строгие требования. Здесь точность обуславливается в большей степени станком, чем рабочим.

В среднем для малых и средних станков (до 500 мм высоты центра) можно требовать, чтобы овал не превышал 0,005—0,01 мм, а конус 0,01—0,02 мм на длине 300 мм. Вогнутость при торцевой обточке не больше 0,02 мм на диаметре 300 мм.

На очень больших станках допуск на овальность и конусность приходится несколько увеличивать.

Достигая в известной степени *точности формы*, мы обыкновенно не достигаем на токарном станке точности размеров.

**Б. Фрезеровка и строжка.** По Пратт и Витней при небольших изделиях точность фрезеровки в среднем равна 0,10—0,13 мм.

При большей тщательности можно получить 0,05 мм. Ширина шпоночной канавки глубиной, не превышающей диаметра фрезы, фрезеруемой в 1 проход, выдерживается с точностью:

| Для ширины              | Погрешность |
|-------------------------|-------------|
| От 6 до 13 мм . . . . . | 0,1 мм      |
| " 14 " 20 " . . . . .   | 0,15 "      |
| " 21 " 25 " . . . . .   | 0,20 "      |

<sup>1)</sup> По таблице DIN 60 — припуски на шлифовку — допуск на обточку колеблется в пределах 0,15—0,20 мм в зависимости от диаметра и длины.

<sup>2)</sup> См. гл. V, таблицы 14, 22, 23, 24, 25.

<sup>3)</sup> Интересно отметить, что возрастание погрешностей с диаметром по Пратт и Витней значительно более быстрое, чем по DIN и OCT.

<sup>4)</sup> По Пратт и Витней для диаметров 6—50 мм допуски грубой обточки колеблются в пределах 0,13—0,38 мм.

При чистовой фрезеровке шпоночных канавок можно достигнуть точности значительно большей (по Лёве для канавок до 28 мм точность получается 0,04 мм).

При ручной подаче точность получается меньшая.

При строжке больших изделий — до 10 м длиною (например различные рамы, станины и т. п.) достигается точность 0,13 — 0,25 мм.

**В. Сверление, расточка и развертывание.** По Пратт и Витней при сверлении на сверлильном станке при работе по кондукторам можно рассчитывать на следующие погрешности в диаметре отверстия при сравнительно точной работе:

| Диаметр отверстия       |  | Погрешность |
|-------------------------|--|-------------|
| До 6 мм . . . . .       |  | 0,08 мм     |
| От 7 до 13 мм . . . . . |  | 0,10 "      |
| " 14 " 20 " . . . . .   |  | 0,13 "      |
| " 21 " 25 " . . . . .   |  | 0,18 "      |
| " 26 " 50 " . . . . .   |  | 0,25 "      |

При менее аккуратной работе и плохо заточенных сверлах эти погрешности увеличиваются.

В обычном производстве можно сравнительно легко получить точность, указанную в табл. 1<sup>1)</sup>.

Таблица 1.  
Точность при сверлении и развертывании.

| Диаметр в мм         | Дыра, просверленная одним сверлом <sup>2)</sup> | Дыра, просверленная меньшим и затем рассверленная большим сверлом <sup>2)</sup> | Дыры развернутые |
|----------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| До 6 . . . . .       | +0,13<br>-0,02                                  | +0,05<br>-0,02                                                                  | +0,02<br>-0,02   |
| Свыше 6 до 13 }<br>  | +0,15<br>-0,00                                  | +0,08<br>-0,02                                                                  | +0,04<br>-0,02   |
| Свыше 13 до 20 }<br> | +0,20<br>-0,00                                  | +0,10<br>-0,02                                                                  | +0,04<br>-0,02   |
| Свыше 20 до 25 }<br> | +0,25<br>-0,00                                  | +0,15<br>-0,02                                                                  | +0,05<br>-0,02   |

Для мелких отверстий (меньше 6 мм) допуски могут быть уменьшены и для самых малых 0,3 — 0,5 мм получается:

|                                         |                    |
|-----------------------------------------|--------------------|
| При сверлении одним сверлом             | { +0,025<br>-0,020 |
| " " двумя сверлами<br>или развертывании | { +0,012<br>-0,012 |

<sup>1)</sup> См. Machinery (London), 15 апр. 1926 г.

<sup>2)</sup> Обычно при сверлении отверстие получается большее чем диаметр сверла. Возможность получения отверстий с отрицательным допуском объясняется тем, что сверла изготавливаются с допуском в минус. (См. ОСТ 437, сверла спиральные. Допуски по диаметрам).

При тщательном развертывании точность может быть значительно повышена, до значений 1-го класса DIN или ОСТ включительно.

При расточке отверстия на токарном станке получаются следующие погрешности:

| Диаметр        | Погрешность      |
|----------------|------------------|
| До 50 мм . . . | — 0,13 мм        |
| Свыше 50 . . . | — 0,18 — 0,20 мм |

Развертыванием на станке обычно достигается:

| Диаметр        | Погрешность |
|----------------|-------------|
| До 13 мм       | — 0,012 мм  |
| От 14 до 25 мм | — 0,020 "   |
| „ 25 мм        | — 0,038 "   |

Эти цифры при меньших диаметрах хорошо согласуются с допусками DIN и ОСТ (2-й класс). Вообще известно, что допуски 2-го класса при небольших диаметрах получаются из-под развертки довольно легко. При больших (свыше 100 мм) встречаются затруднения.

При развертывании вручную отверстий диаметром до 25 мм точность 0,01 мм, свыше 25 мм — 0,015 мм.

Г. Расположение отверстий. При работе развертками по кондукторам погрешности в расположении отверстий обязаны следующим причинам:

1. Неточности в расположении отверстий в корпусе кондуктора (до впрессовки в него втулок).

2. Неточности самих втулок.

3. Зазору между втулкой и сверлом или разверткой.

4. Неправильному положению изделия относительно кондуктора.

По проф. Саввину суммарная погрешность в расстоянии между отверстиями в зависимости от их диаметра получается (при развертывании сквозь одну втулку) <sup>1)</sup>:

| Диаметр             | Погрешность           |
|---------------------|-----------------------|
| 5 — 7 мм . . . . .  | 0,02 — 0,03 — 0,06 мм |
| 18 — 25 „ . . . . . | 0,03 — 0,04 — 0,09 „  |
| 46 — 64 „ . . . . . | 0,05 — 0,06 — 0,12 „  |

Для промежуточных диаметров получаются промежуточные значения. Первые цифры в каждой строке соответствуют очень точной работе, вторые — точной, а третьи — средней.

При наличии сменных втулок точность еще понижается: для очень точной работы в зависимости от диаметра на 0,01 — 0,02 мм, для точной — на 0,012 — 0,025 мм, для средней — на 0,025 — 0,050.

По Пратт и Витней при весьма тщательной работе достигается точность 0,025 — 0,050 мм, т. е. данные сходятся с данными проф. Саввина.

При сверлении по кондукторам в обычных условиях, учитывая все четыре источника ошибок, можно ожидать значительно меньшей точности.

Д. Шлифовка. По Пратт и Витней при цилиндрической шлифовке получается точность 0,013 мм. При плоской шлифовке в зависимости от

<sup>1)</sup> Цифры несколько округлены. В эти цифры не включены погрешности от установки. Они всецело зависят от устройства кондуктора и внимательности рабочего и очень часто достигают весьма больших значений.

конструкции станка и тщательности исполнения работы достигается точность 0,013—0,050 мм. Вообще же говоря путем цилиндрической шлифовки легко достигается точность 2-го класса ОСТ (и DIN); при тщательной работе можно работать и по 1-у классу.

## 6. Выбор метода производства операций в зависимости от требуемой точности.

Мы видели, что обточка и расточка дают в обычных условиях довольно грубые результаты. Точность этой работы может быть значительно увеличена, если резец жестко установлен и его положение отрегулировано таким образом, чтобы получился требуемый размер<sup>1)</sup>. При этих условиях, часто осуществляемых на револьверных станках, можно свободно достигнуть

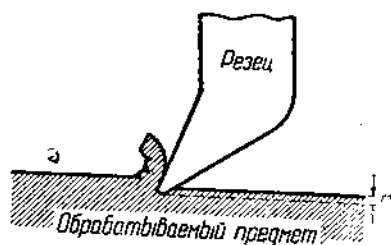


Рис. 8. Сжатие металла при снятии чистовой стружки резцом.

точности 3-го класса DIN и ОСТ и даже 2-го. Однако с уверенностью точность 2-го класса получается лишь путем шлифования. Причина точности последнего процесса лежит между прочим в возможности снимать очень тонкие стружки. Шлифовальные станки обыкновенно позволяют устанавливать толщину стружки через 0,0025 мм. Круг же снимает стружку любой толщины. Беря столь малые глубины резания, можно очевидно при слабом

нажатии камня на изделие постепенно довести изделие до меры.

На токарном станке толщина стружки не может быть взята произвольно малой. Дело в том, что резец производит сжатие металла, величина которого  $a$  зависит от свойств материала и формы резца (рис. 8) и, если стружка установлена слишком малой, то резец ее не возьмет вовсе. Д-р инж. Финкельштейн<sup>2)</sup> произвел опыты, которые показали, что практически достижимы следующие наименьшие толщины стружек в наилучших условиях работы:

| Материал изделия             | Материал резца                    | Наим. толщ. стружки |
|------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Латунь . . . . .             | Алмаз                             | 0,002               |
| " . . . . .                  | Углерод. сталь, твердо закаленная | 0,003               |
| Мартеновская сталь . . . . . | Углерод. сталь, норм. закаленная  | 0,006               |

Если резец хоть немного затуплен, то предельная толщина стружки резко увеличивается, доходя до нескольких сотых мм.

Другое обстоятельство, влияющее на точность обработки резцом, это его износ. Шлифовальный камень хотя и изнашивается, но вследствие больших подач и малых толщин стружки обработка происходит в течение

<sup>1)</sup> „Настроенные“ станки.

<sup>2)</sup> „Испытание точности станков“, 1916 г.



не совпадает с осью центрального отверстия. При постановке изделия на другие центра<sup>1)</sup> оно будет *бить*. Центра шлифовального станка неподвижные — и эта ошибка совершенно исключается.

Наконец поверхность обточенного изделия значительно менее гладкая чем шлифованная. Это также вносит добавочную погрешность.

В результате чистовая обработка на шлифовальном станке оказывается почти всегда более выгодной чем чистовая обточка.

*Введение точной шлифовки в обиход мастерских было несомненно одним из крупнейших событий в технике, хотя оно и совершилось постепенно и поэтому незаметно даже для большинства лиц, работающих в металлопромышленности.*

При строжке и фрезеровке износ резца и максимальная толщина стружки играют ту же роль, как и при обточке, затрудняя получение точных размеров. Поэтому достигнуть их шлифовкой на плоскошлифовальном станке значительно легче. Однако при обработке плоскостей достижение точных размеров редко играет решающую роль; обычно важно лишь получение точной плоскости, что вообще говоря достигается резцом проще чем точные размеры. Также ручная пришабровка плоскостей проще чем тел вращения. Поэтому распространение плоскошлифовальных станков происходит медленнее чем круглошлифовальных. Замена фасонных фрезеров шлифовальным кругом во многих случаях затруднительна и даже невозможна. Это обстоятельство также замедляет распространение плоской шлифовки. Однако в последнее время шлифовальный круг стал применяться и для *фасонных работ*; достаточно указать на станки для шлифовки резьбы и зубцов шестерен, которые стали входить в обиход многих мастерских. *Шлифовальный процесс есть неизбежный спутник точного взаимозаменяемого производства* (в машиностроении). Однако в настоящее время это не единственный способ получения точных размеров промышленным путем. Укажем например на широкое распространение цилиндрических и специальных разверток, на применение протяжки (*broaching*), на фрезеровку резьбы, на хонинг-процесс, на алмазную расточку, на методы развальцовки и обкатки и т. д. Все эти процессы будут рассмотрены в соответственных местах курса.

При грубой обработке нет надобности пользоваться точными методами — это только удорожает работу. Если можно ограничиться применением болтов, полученных холодной штамповкой с накатанной резьбой, то вряд ли окажется целесообразным заменять их чисто точеными и нарезанными на токарных станках, как бы ни были хороши эти станки и какие бы ни были в нашем распоряжении точные и производительные резцы и плашки.

## 7. Точность методов индивидуального производства и пресизионных работ.

До сих пор мы говорили лишь о точности нормальной производственной работы. При индивидуальном производстве и вообще *везде, где технологический процесс базируется на использовании труда высокой квалификации* — возможно достижение значительно большей точности изделий.

При чистовой обточке изделий небольших размеров с последующей опилкой и зачисткой наждаком — достигается точность до 0,02 мм.

<sup>1)</sup> Или при повороте изделия на 180° для обточки другой стороны.

Поверхность можно получить сколь угодно чистой и блестящей. Однако такая работа и в частности опиловка требует большой опытности. В руках неопытного рабочего напильник не только не повысит точности, но, наоборот, сделает изделие овальным и конусным.

Точная шлифовка (например в инструментальной) дает изделия с гладкой поверхностью, но без яркого блеска. При искусном рабочем здесь достигается точность 0,005 мм при еще меньшей овальности и конусности. Сам шлифовальный станок часто дает конус больший 0,005 мм, но его можно вывести, если осторожно снимать металл только в той части изделия, которая оказывается толще.

Вообще опытный рабочий может иногда получить верное изделие даже на неверном станке. Например при строжке длинной рамы, строгальщик, проверяя станок, убеждается, что он дает горб на середине изделия, т. е. у концов хода стола изделие получается ниже, чем у середины. Если при установке рамы ее подклинить так, что середина окажется немного приподнятой, то, очевидно, после снятия изделия со станка, когда она опять выпрямится посередине, получится впадина и рама в средней части будет ниже, чем по концам. Следовательно действие подклинивания обратно ошибке станка. Если рабочий подклинит раму в меру, то получит правильную плоскость на неверном станке. Точно так же при обточке длинного вала можно компенсировать износ резца, постепенно подавая его по направлению к центру.

Имеющиеся на ходовых винтах станков диски с микрометренными делениями в руках квалифицированного рабочего приносят большую пользу. При шлифовальной работе пользование этими дисками почти обязательно.

Переходя к точностям большим, чем указанные выше, мы переходим уже в область *прецизионной* работы. Путем шлифовки можно достигнуть предельной точности 0,0025 мм. Далее следует притирка (*Lapping*). Точность этого метода 0,0005 мм (0,5  $\mu$ ) соответствует требованиям, предъявляемым к точным калибрам (например контрольным шайбам). Это предельная точность, которая достигается в хороших инструментальных. Дальнейшее увеличение ее доступно лишь немногим специальным мастерским. Предел точности мы встречаем в плитках Иогансона<sup>1)</sup>. Фирма гарантирует при плитках до 25 мм класса АА погрешность не выше 0,05  $\mu$ . Для получения такой точности требуется применение совершенно специальных методов. Измерения при этом также основаны на совершенно иных принципах, чем обычно применяемые в мастерских<sup>2)</sup>.

## 8. Вид обработанной поверхности.

**А. Значение чистоты поверхности изделия.** Всякий режущий инструмент оставляет на поверхности изделия следы обработки, давая поверхность более или менее шершавую. Наибольшая возможная гладкость поверхности желательна по следующим причинам:

а) *По условиям работы детали*, например шеек подшипников, запрессованных частей и т. д.

б) *Для увеличения долговечности машины или инструмента.*

<sup>1)</sup> См. гл. III § 13.

<sup>2)</sup> См. гл. III § 14.



богатых поверхностях и оказывается почти постоянным при поверхностях чисто шлифованных. Причина заключается в обминании упомянутых гребешков.

Срок службы автомобильных цилиндров сильно увеличивается при повышении степени отделки их поверхностей.



Рис. 10. Грубая обточка на токарном станке стали.  
(Ув. 75 раз.)

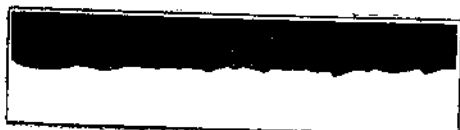


Рис. 11. Тонко обработанная торцевая поверхность.  
(Ув. 75 раз.)



Рис. 12. Тонкая обработка токарным резцом.  
(Ув. 400 раз.)

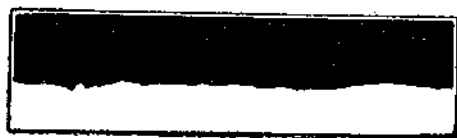


Рис. 13. Шлифовано наждачным кругом.  
(Ув. 400 раз.)

Работа цилиндрического калибра (пробки) дает еще один пример. При измерении изделия пробка вводится в отверстие. На стенках последнего всегда имеется некоторое количество грязи, которая оказывает шлифующее действие на поверхность калибра, изнашивая ее.

Интересные опыты над определением срока службы калибровых пробок были произведены L. M. Mac Phail на автомобильном заводе The Studebaker Corporation of America<sup>1)</sup>.

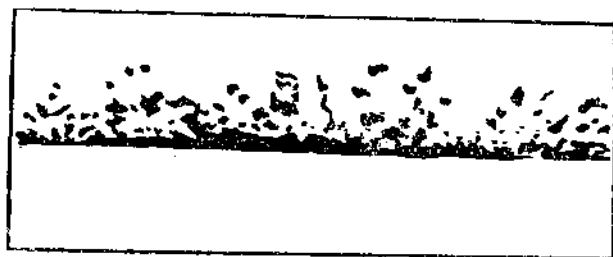


Рис. 14. Поверхность стального калибра-скобы. Шлифована и полирована.  
(Ув. 730 раз.)

Была поставлена большая серия опытов над калибрами из различных материалов и различным образом отделанных. Опыты показали что наибольшее влияние на срок службы калибра имеет степень отделки его поверхности. Исследовались калибры просто шлифованные, притертые вручную и отделанные путем механической притирки. За меру износа было принято количество отверстий, промеренных до тех пор, пока диаметр калибра не уменьшится на  $2,5 \mu$  ( $0,0001''$ ). Оказалось, что просто шлифованные калибры

<sup>1)</sup> American Machinist, том 66, стр. 775.

не выдерживали даже 2000 отверстий. Калибры, отделанные путем механической притирки, изнашивались на указанную величину после 10 000—11 000 измерений. Размеры пробок были 9,5—12,5 мм.

Рис. 15 показывает, как меняется вид поверхности по мере износа калибра. Первоначально калибр был наилучшим образом механически притерт. Калибр изнашивался на 2,5  $\mu$  после обмера 11 155 отверстий.

В общем механическая притирка давала увеличение срока службы по сравнению с ручной на 73—180%. Выигрыш по сравнению с только шлифованными калибрами еще больший. Благодаря введению рациональной

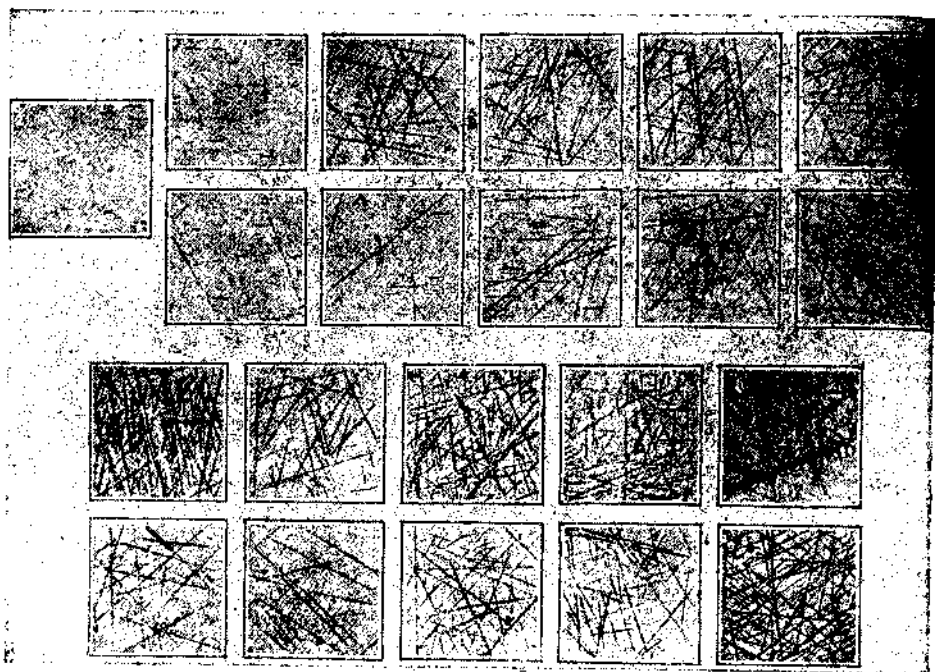


Рис. 15. Изменение вида поверхности калибра при его износе.

притирки и отчасти подбору надлежащего сорта стали расход на калибры в мастерских фирмы уменьшился постепенно в течении одного года до 35% первоначальной величины.

**Г. Обозначение обработанных поверхностей на чертежах.** Обычный метод состоит в обводе этих поверхностей *красным*. Для того чтобы при снятии светокопий на них получились обозначения мест обработки, на самих кальках наносятся специальные значки, указывающие места обработки. При этом пользуются различными значками в зависимости от степени чистоты отделки поверхности. Часто применяется значок буква *f* (finished), это обычный способ обозначения обработанных поверхностей в Америке и в Англии. У нас на разных заводах применяются различные обозначения.

Приводим таблицу ОСТ 358 „Условные обозначения обработанных и необработанных поверхностей деталей“ <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> См. таблицу 12 в конце книги.

## ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

### ОБЗОР ТИПОВ ОСНОВНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА.

#### 1. Классификация измерительного инструмента.

В предыдущей главе мы рассмотрели вопрос о достижимой точности механической обработки и убедились, что имеется очень много факторов, оценить влияние которых на размер изделия заранее крайне затруднительно. Главный из них — *человеческий фактор* — влияние большей или меньшей квалификации и внимательности рабочего.

Имеется однако еще много причин, которые могут повлиять на точность размеров деталей. Сюда относятся: износ и расстройство станков и приспособлений, недоброкачественный материал и т. п. Даже самый внимательный рабочий ничего не может поделывать, если в приспособлении, которое должно обеспечивать concentricity, вследствие его разрегулирования, появился бой.

Для того чтобы иметь гарантию в соблюдении правильных размеров, необходимо непрерывно контролировать изделия, причем измерения производятся, как самим рабочим на станке, так и специальными контролерами.

Для этих измерений служит измерительный инструмент, который распадается на несколько классов по своему назначению.

Первый класс — *рабочий и контрольный инструмент*, предназначенный непосредственно для обмера изделий.

Второй класс — *инструмент (приспособления), служащий для определения пригодности изделий путем непосредственной проверки их работы* в условиях, приближающихся к условиям действительной службы. Назовем этот инструмент *функциональными калибрами*.

Третий класс — *приборы, служащие для проверки инструмента первого и второго классов*.

Разновидностью инструмента первого класса являются специальные приспособления, пристраиваемые к станкам и служащие для получения точных размеров изделия автоматически либо дающие возможность производить измерения на ходу станка. Примеры таких приспособлений будут приведены ниже при описании соответственных станков. Рассмотрим вкратце инструменты всех трех классов.

#### 2. Простейшие измерительные инструменты.

Простейшие инструменты первого класса изображены на рис. 16.

Все эти инструменты в различных вариантах настолько общезвестны, что мы здесь не будем на них останавливаться. Укажем только на достижимую точность при пользовании ими.

Измерение *кронциркулями* и *нутромерами* производится не непосредственно, а путем сравнения с какой-либо известной длиной. Иногда переносят какой-либо размер с детали, служащей образцом, в других случаях пользуются линейками с делениями <sup>1)</sup>. При переносе размера с одной круглой детали на другую точность основывается целиком на чувстве осязания рабочего. Очень опытные рабочие чувствуют разницу размеров в 0,01 мм,

менее опытный человек легко может сделать ошибку в несколько десятых миллиметра, так как достаточно ничтожного усилия, для того чтобы натолкнуть легко пружинящий кронциркуль на изделие. При работе по стальному масштабу в условиях обычного производства можно считать точность обмера кронциркулем  $\pm 0,5$  мм.

*Штангель* <sup>2)</sup> употребляется очень часто особенно при обмере значительных длин (50—1000 мм). Для удобства отсчета он снабжается *нониусом* <sup>3)</sup>. В зависимости от тщательности исполнения и делений *нониуса* отсчеты получаются с точностью от  $\pm 0,05$  до  $\pm 0,10$  мм. При обмере изделий, не доступных для измерения штангелем, пользуются при переносе на него размеров кронциркулем или нутромером (рис. 17). Здесь к ошибкам обмера штангелем присоединяется ошибка от переноса размера и в сумме получается еще меньшая точность. Наиболее точные штангеля дают возможность измерять с точностью  $\pm 0,02$  мм.

*Микрометры*. Весьма распространенным точным инструментом является *наружный микрометр* (пальмер). Рис. 18 показывает кон-

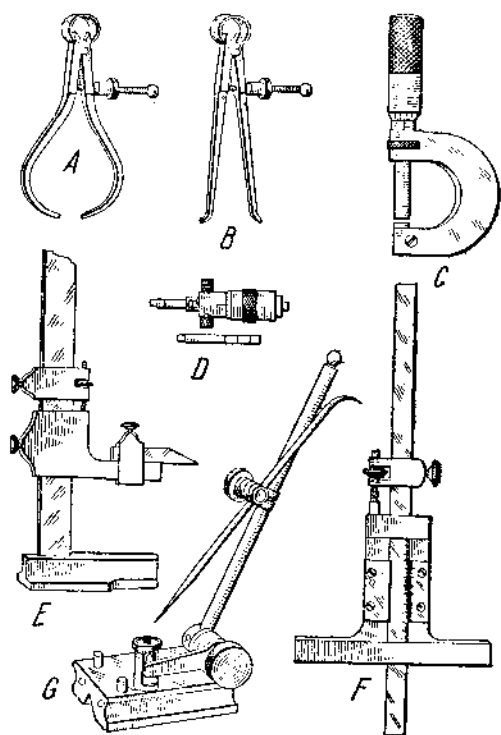


Рис. 16. Простейшие измерительные инструменты.

A—кронциркуль; B—нутромер; C—микрометр (пальмер) для наружных измерений; D—микрометр (штихмасс) для внутренних измерений; E—штангенциркуль (штангель), приспособленный для измерения высот; G—рейсмус; F—глубиномер.

струкцию этого прибора <sup>4)</sup>, а рис. 19 изображает его шкалу с делениями. Полный поворот шпинделя соответствует отсчету 0,5 мм (шаг винта — 0,5 мм). Деления конусной части гильзы соответствуют каждое 0,01 мм. Отсчитывая на глаз, между делениями можно получить точность 0,005 мм,

<sup>1)</sup> Для этой цели служат стальные точные линейки. Пользование деревянными „метрами“ при сколько-нибудь точной работе исключается.

<sup>2)</sup> Термин „штангенциркуль“ почти не применяется в мастерских. Вместо него всегда употребляется „штангель“. Мы считаем своевременным ввести последний термин в литературу, оставляя первый для обозначения соответственного чертежного прибора.

<sup>3)</sup> Применяются и малые штангеля, так называемые „Колумбус“.

<sup>4)</sup> Завода Броун и Шарп (Америка).

т. е. в половину сотой мм. Однако, учитывая ряд ошибок, проистекающих от неполное правильного положения микрометра во время измерения, а также *ошибки от соприкосновения* (см. ниже), получим суммарную погрешность обмера  $\pm 0,01$  <sup>1)</sup>. Обычные микрометры охватывают каждый интервал размеров в 25 мм. Наиболее употребительны на практике размеры 0—25, 25—50, 50—75 и 75—100 мм.

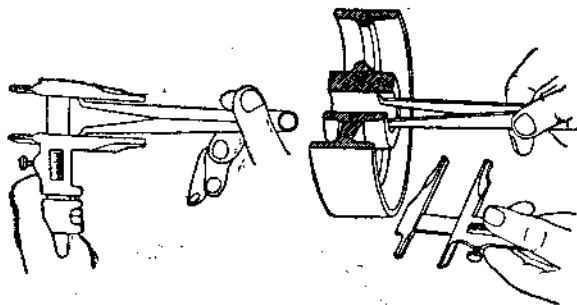


Рис. 17. Перенос размеров на штангель нутромером.

Для больших размеров применяются скобы микрометров двутаврового сечения с вырезами для облегчения.

Рис. 20 изображает два микрометра, из которых больший измеряет до 600 мм <sup>2)</sup>. Деления на них также в сотых мм. Благодаря трудностям измерения получить здесь отсчеты столь же точные как и при малых диаметрах часто бывает затруднительно. К каждому микрометру прилагается *штихмасс* (в форме стержня) для установки на нуль. Крупные микрометры иногда делают универсальными при помощи вставок в виде стальных стержней (рис. 21).

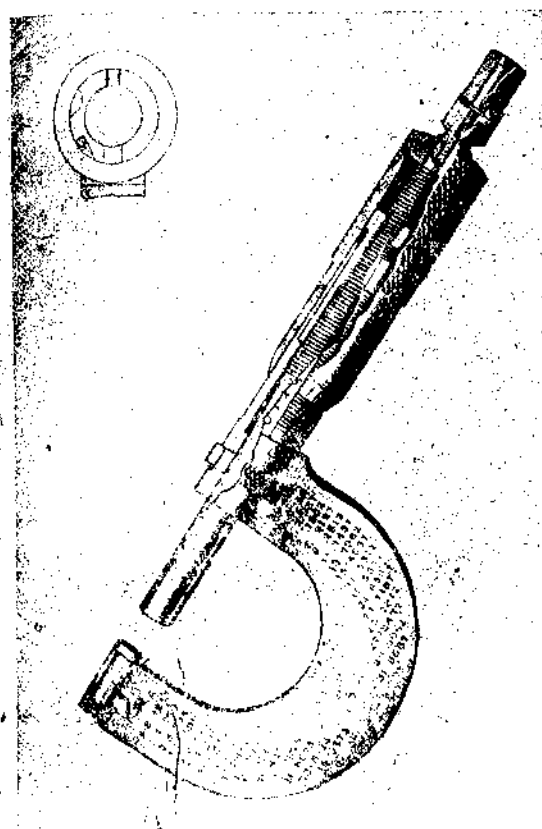


Рис. 18. Наружный микрометр.

Для измерения отверстий применяются внутренние микрометры (штихмассы). Для больших размеров (свыше 50 мм) служат штихмассы в виде раздвижных стержней, имеющих вставки для разных длин. Рис. 22 показывает штихмасс Броун и Шарп для длин 200—900 мм. Та же фирма выполняет штихмассы специальной конструкции для размеров 25—50 мм (рис. 23). К микрометру прилагаются две вставки. Интересно закрепление гильзы

<sup>1)</sup> При измерении больших размеров точность получается меньше.

<sup>2)</sup> Фирма Броун и Шарп.

специальным нажимным винтом (виден на рисунке). При пользовании штих-массами малых размеров очень полезны ручки для их удержания (рис. 24). При помощи этих ручек микрометры можно вводить в глубокие отверстия<sup>1)</sup>.

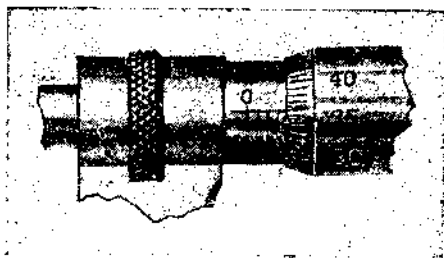


Рис. 19. Шкала микрометра.

и Шарп, представляющую комбинацию наружного микрометра и штангеля. Границы измерений 5—25 мм. Такие микрометры изготавливаются и для диаметров до 50 мм. Их недостаток — гибкость губок, вследствие чего легко получаются ошибки из-за пружинения при измерении.

Для устранения этого недостатка были предложены микрометры, имеющие форму раздвижных пробок. Рис. 26 изображает такой калибр фирмы Бат.

Простой и остроумный *телескопический калибр* изготавливается фирмой Старрет (Америка). Он изображен на рис. 27 и состоит из рукоятки с поперечным телескопическим стержнем. Сквозь рукоятку пропущен нажимной винт, который при вращении кнопки на конце рукоятки закрепляет телескопический стержень на месте. Пользование прибором происходит следующим образом. Телескопический стержень несколько сжимают рукой (при этом его тонкая часть входит в трубчатую толстую) и закрепляют путем вращении кнопки. После этого свободно вводят калибр в отверстие и отвертывают кнопку. Обе части телескопического стержня разойдутся до соприкосновения со стенками от-

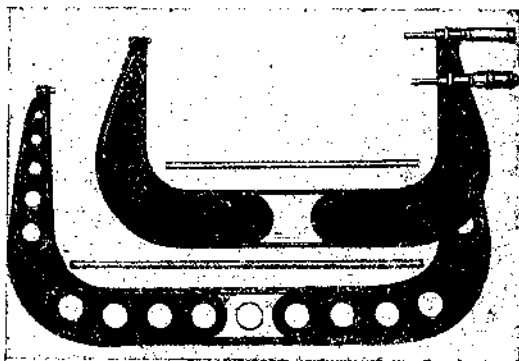


Рис. 20. Большие микрометры.

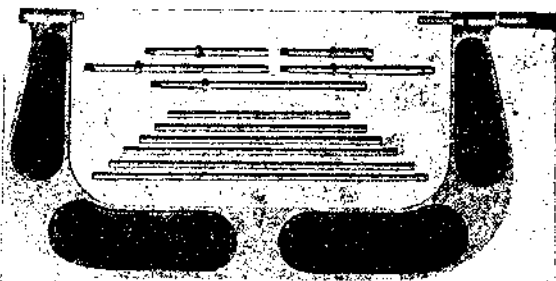


Рис. 21. Микрометр со вставками.

<sup>1)</sup> Устанавливать микрометр приходится естественно вне отверстия. О размере судят на основании чувства осязания.

верстия, на которые они будут оказывать небольшое, совершенно определенное давление. Теперь вновь закрепляют стержень на месте и вынимают калибр. Размер промеряют обыкновенным наружным микрометром. Эти калибры изготавливаются для размеров от 13 до 150 мм. Они особенно удобны при

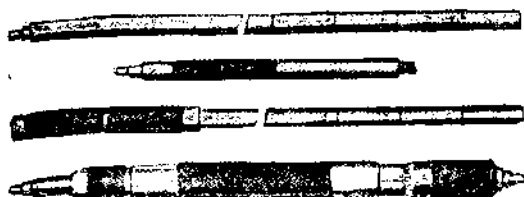


Рис. 22. Микрометрический штихмасс.

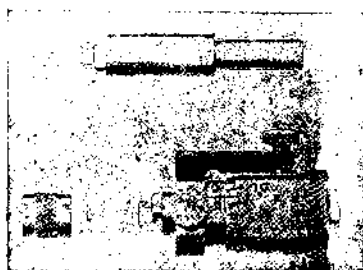


Рис. 23. Штихмасс для малых диаметров.

точной подгонке валов к отверстию для прессовой посадки. Измерив диаметр отверстия в разных точках по окружности и по длине и зная величину натяга, можно с уверенностью определить требуемый размер вала.

При пользовании микрометрами их обыкновенно держат в руках, но иногда применяют различного рода подставки, позволяющие производить измерения с большим удобством. Иногда микрометры делаются заодно с такими подставками — и получаются *настольные микрометры*. Рис. 28 изображает такой инструмент фирмы Броун и Шарп. Он исполнен совершенно так же как обычный микрометр 0—25 мм и предназначается главным образом для мелких работ на верстаке. Такие же микрометры, но повышенной точности, представляют переход к измерительным машинам и могут применяться как для обмера изделий, так и для проверки самих измерительных инструментов.

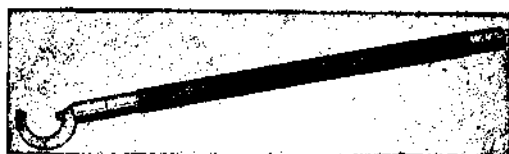


Рис. 24. Ручка для введения малого штихмасса в отверстие.

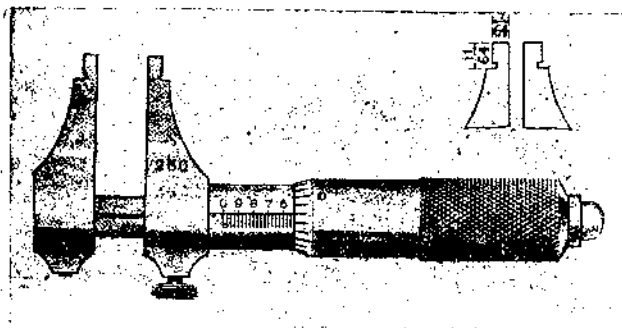


Рис. 25. Микрометр в виде штангеля для малых отверстий.

*метренный винт*, действие индикатора основано на рычажном принципе, соединенном иногда с применением зубчатых передач, Рис. 29 изображает три

### 3. Индикаторные приборы.

В [то время как микрометр имеет в основе точный *микро-*

различных схемы рычажных индикаторов. Рис. 29а представляет простейшую конструкцию. В данном случае индикатор применен для проверки *концентричности* вращения детали *B*. Стрелка *C* качается на оси, укрепленной на подставке *D*, имеющей нанесенные на ней деления *E*. При вращении изделия выступ рычага *F* находится с ним все время в соприкосновении (под действием пружины, не показанной на чертеже) и отклонение конца рычага покажет величину эксцентриситета в уве-

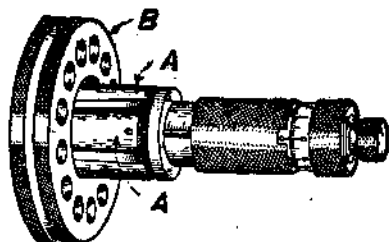


Рис. 26. Калибр Бата.

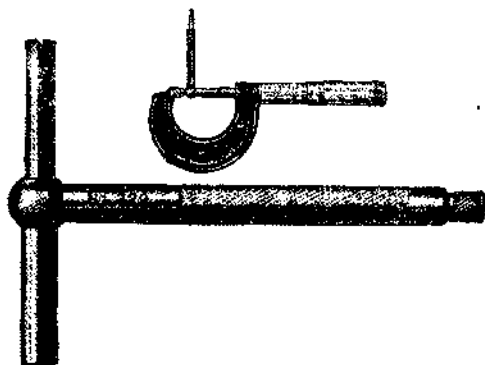


Рис. 27. Телескопический калибр Старрет.

личенном масштабе. При желании можно подсчитать истинную величину отклонения, так как отношение плеч *H* к *G* известно.

Часто изделие касается не прямо рычага, а специального штифта *L* (рис. 29б), передающего в свою очередь давление рычагу. Это устройство имеет то преимущество, что отношение плеч *N* и *M* можно сделать больше чем в предыдущем случае.

На рис. 29в показан индикатор с двойной рычажной передачей. Прилагая давление в *P*, мы передаем его через рычаг *R* рычагу *O*, конец которого указывает на шкале *S* отклонение в известном масштабе. Шкалы обыкновенно градуируются так, что отсчеты получаются прямо в сотых и тысячных долях миллиметра.

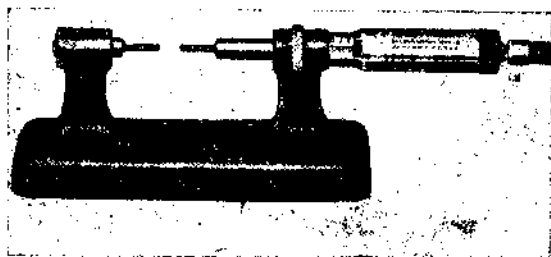


Рис. 28. Настольный микрометр.

Индикатор, имеющий форму часов (Messuhren), показан на рис. 30. Конечный штифта, входящий внутрь аппарата, исполнен в виде зубчатой рейки, передающей

движение через несколько ускорительных передач стрелке, движущейся по циферблату. Эти индикаторы имеют большой диапазон измерений, очень удобны в обращении, но имеют несколько нежную конструкцию. Область применения этих приборов очень широка; укажем только на большое удобство проверки с их помощью точности станков.

Рис. 31 показывает индикатор фирмы Цейс, укрепленный на штативе, а рис. 32 — его установку для проверки точности станка.

Индикаторы того же типа применяются в соединении с микрометрами для получения более точных отсчетов по последним. Известно, что при

обмере микрометром (особенно больших размеров) трудно достаточно точно установить необходимую степень нажатия винта. При наличии индикатора степень нажатия получается вполне определенной и кроме того отсчеты можно получить более точные чем по шкале микрометра. Рис. 33 показывает такой микрометр с индикатором (Цейс).

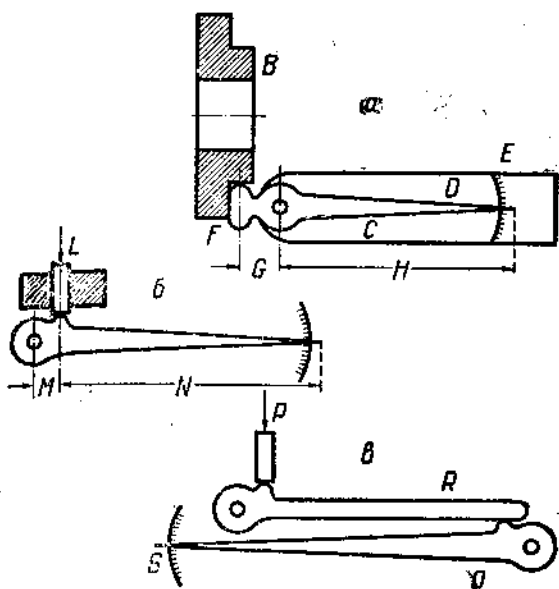


Рис. 29. Три схемы рычажного индикатора.

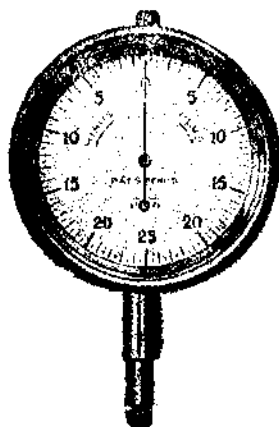


Рис. 30. Индикатор в форме часов.

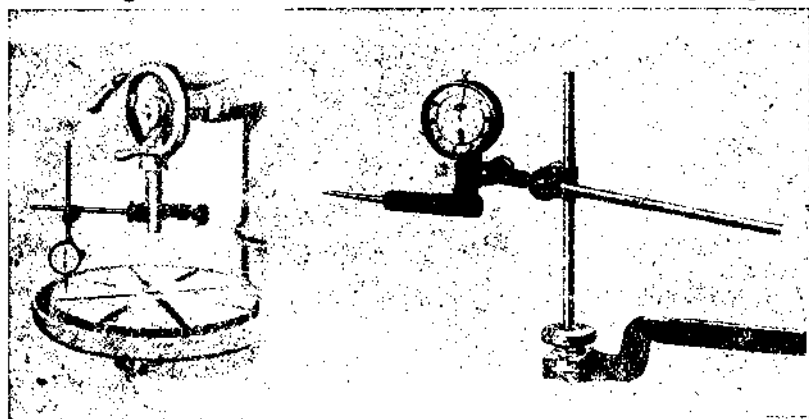


Рис. 31. Индикатор Цейса на штативе.

Рис. 34 показывает другой индикаторный прибор той же фирмы — *пас-саметр*. Он служит для небольшого диапазона диаметров, но, будучи установлен по точному нормальному калибру, сразу показывает отклонение от номинального размера. Шкала его градуирована так, что непосредственно видно, какая посадка<sup>1)</sup> получится, если вставить вал в отверстие, сделанное

<sup>1)</sup> См. гл. V.

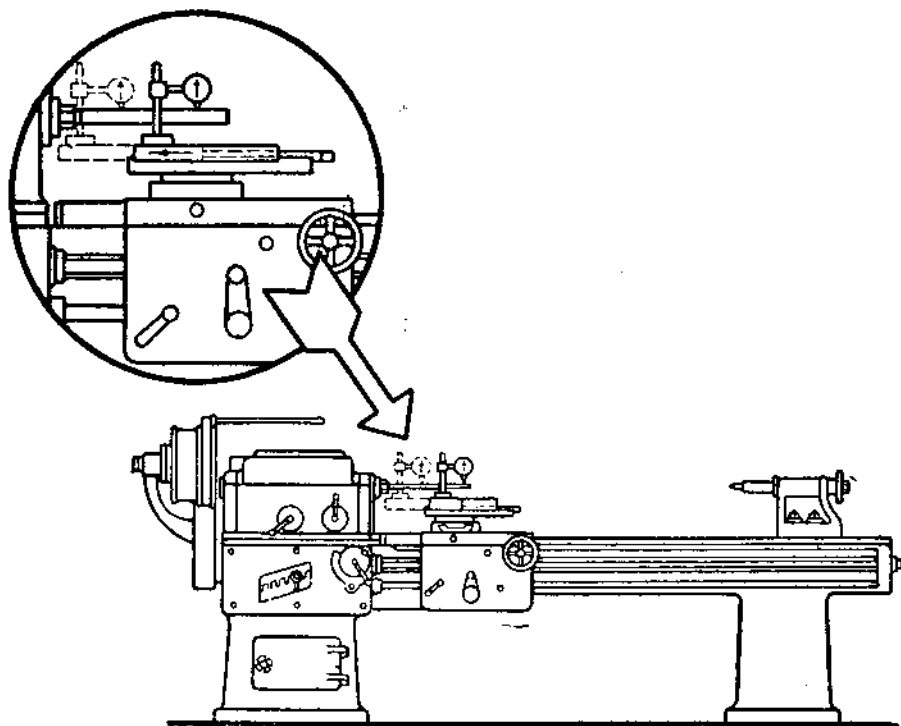


Рис. 32. Установка индикатора Цейса для проверки точности станка.

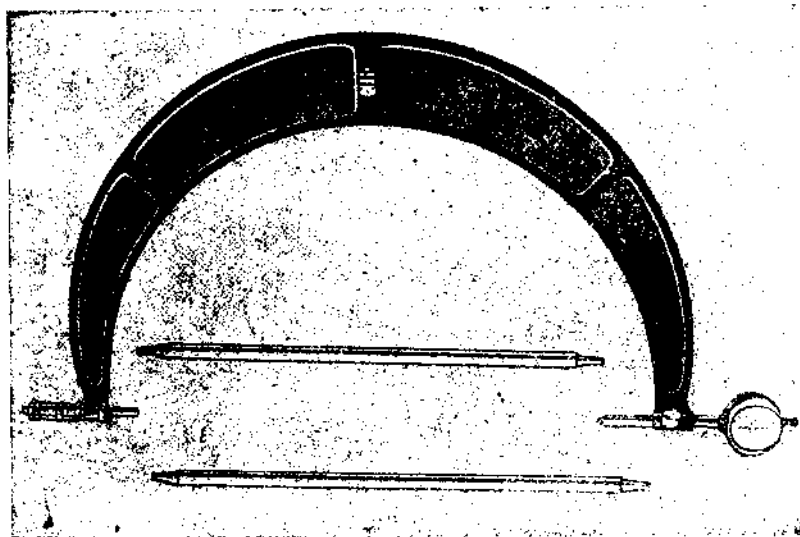


Рис. 33. Микрометр с индикатором.

по пробке DIN. Внутреннее устройство пассаметра показано на рис. 35 и после всего сказанного понятно без объяснений. Укажем только, что винт справа служит для установки прибора на разные номинальные диаметры, наклонный штифт является добавочной опорой при измерении, а наклонная кнопка слева предназначена для отвода штифта во время надевания и снятия прибора. Надев прибор на вал, кнопку медленно отпускают, пока штифт не коснется вала.

Аналогичный прибор для внутренних измерений *пассиметр* показан на рис. 36, а применение его для измерения диаметра автомобильного цилиндра — на рис. 37.

Из других индикаторных приборов упомянем *миниметр* Хирта (Hirth)<sup>1)</sup>. Общий вид его показан на рис. 38. Приборы строятся с передачами 1:50, 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000. Соответственно значение одного деления на шкале получается: 0,02; 0,01; 0,005; 0,002 и 0,001 мм. Диапазон измерения соответственно с повышением точности уменьшается с 0,4 до 0,02 мм. При делениях 0,001 мм, отсчитывая между делениями, мы получаем точность 0,0005 мм или 0,5 м. Это очень большая

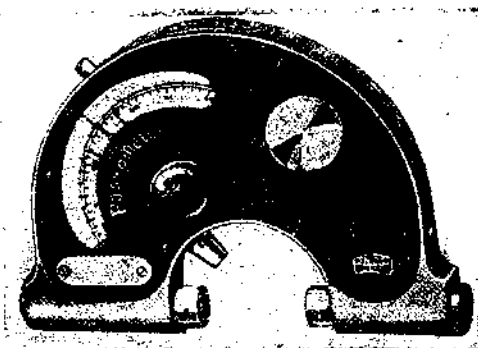


Рис. 34. Пассаметр Цейса.

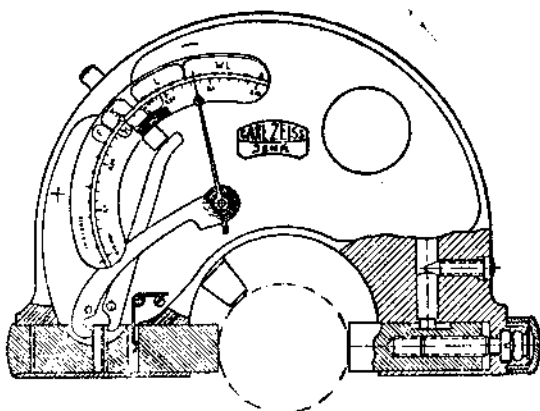


Рис. 35. Внутреннее устройство пассаметра.

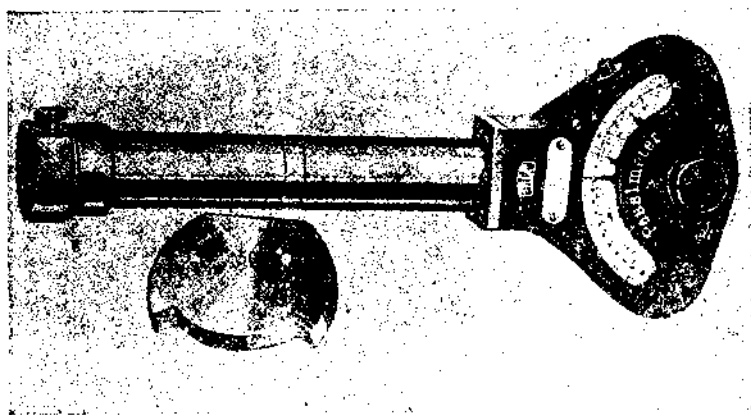


Рис. 36. Пассиметр Цейса.

<sup>1)</sup> Изготавливается Fortuna-Werke (Германия).

точность, достаточная почти для всех технических измерений и, следовательно, индикаторные приборы могут быть использованы для обычных измерений любой точности. Миниметры применяются для самых разнообразных целей,

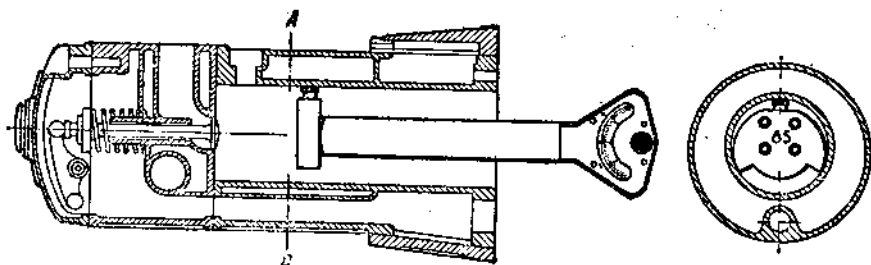


Рис. 37. Измерение диаметра цилиндра при помощи пассивметра.

являясь составной частью многих измерительных приборов. Приведем несколько типичных примеров. Рис 39 показывает применение миниметра для измерения внешних диаметров. Скобы изготавливаются пяти размеров, причем каж-

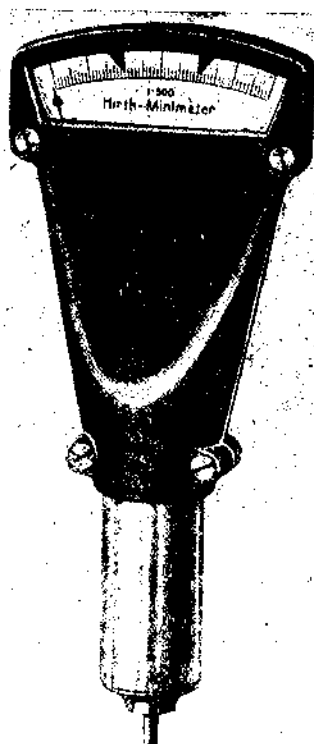


Рис. 38. Миниметр Хирта.

дая может служить для нескольких диаметров, в пределах соответственно 3—40, 40—80, 80—120, 120—180, 180—240 мм. Установка на каждый номинальный диаметр производится по цилиндрическому калибру, причем сам миниметр устанавливают на нуль, отпуская крепительные винты. Угол, охватываемый скобой, равен 60° и следовательно показания шкалы прямо дают отклонения диаметра от размера калибра. Из сказанного видно, что прибор имеет то же назначение, что и пассивметр, но пользование им несколько проще, особенно при больших диаметрах.

Имеются приборы с миниметром Хирта и для внутренних измерений. Фирма Fortuna-Werke строит их для размеров начиная с 2 мм и выше. Для разных диаметров служат различные наконечники, причем для самых малых размеров наконечник имеет форму цилиндра приблизительно того же диаметра, как и измеряемый, снабженного двумя выступающими штифтиками, сходящимися при введении прибора в измеряемое изделие. При больших диаметрах имеются три штифта.

Рис. 40 показывает тип, применяемый для диаметров 10—20 мм при глубине до 75 мм, а рис. 41—аналогичный прибор для диаметров 20—70 мм при глубине до 200 мм. Имеются такие приборы для диаметров до 150 мм. Миниметры Хирта применяются также для измерения резьб, зубчатых колес, конусов и прочих специальных целей.

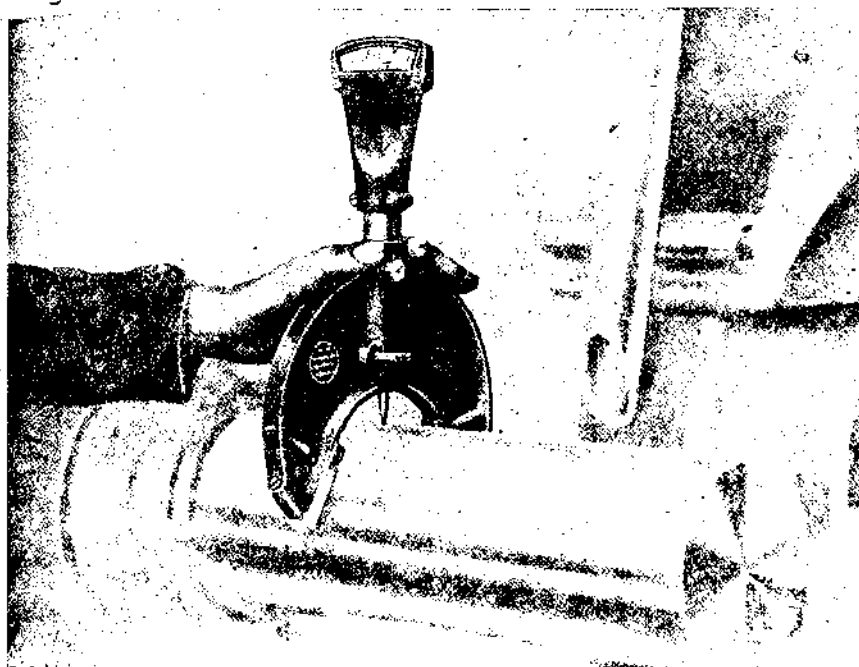


Рис. 39. Измерение внешних диаметров при помощи миниметра.

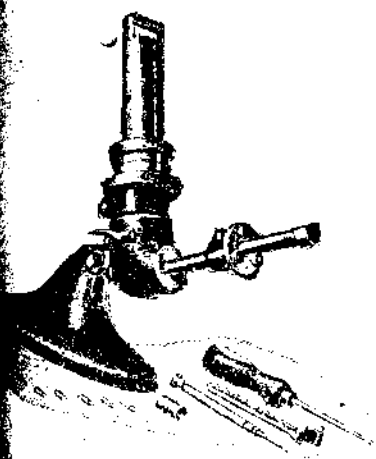


Рис. 40. Миниметр Хирта для измерения малых отверстий.

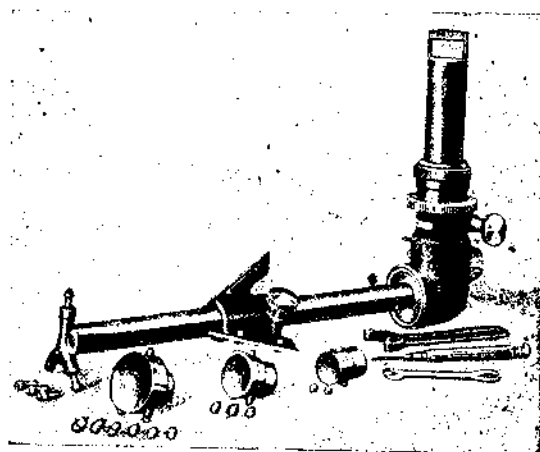


Рис. 41. Миниметр Хирта для внутренних измерений.

Миниметры с точными делениями, установленные на штатив, могут служить для проверки калибров и тому подобных пресизионных измерений, заменяя более сложные оптические приборы (рис. 42). Измерение производится путем сравнения с мерными плитками.

#### 4. Жидкостные приборы (мессдоза, престомер).

Особый вид приборов для точных измерений представляют приборы, основанные на измерении при посредстве наблюдения высоты столба жидкости. Схема такого прибора <sup>1)</sup> показана на рис. 43, а внешний вид на рис. 44.

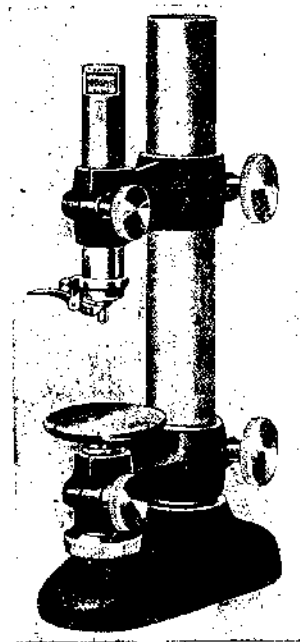


Рис. 42. Миниметр Хирта на штативе.

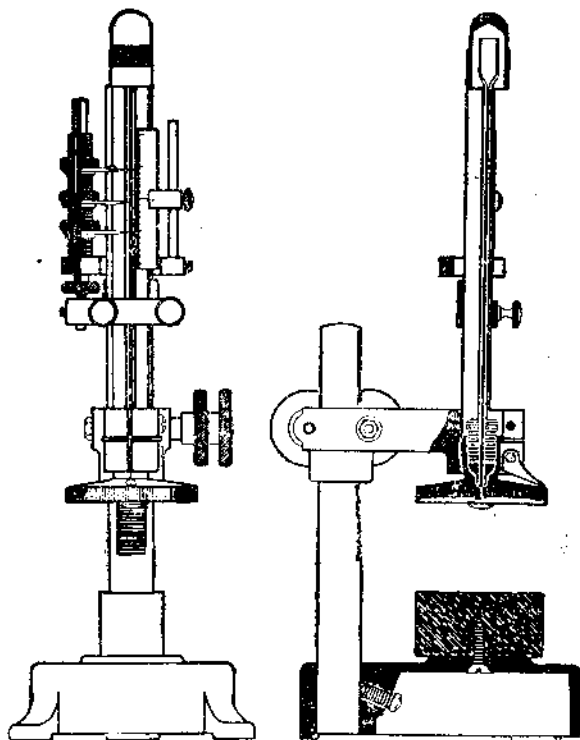


Рис. 43. Схема престомера.

Прибор состоит из камеры *A*, содержащей жидкость и имеющей гибкую диафрагму *B*. Стекло́нная трубка *C* малого диаметра соединена с камерой *A*. Посередине диафрагмы имеется каленый штифт *D*. Измеряемое изделие вводится между подставкой *E* и штифтом *D*. При этом столб жидкости поднимается в трубке *C* и высоту его можно отсчитывать по шкале *G*, разделенной на тысячные доли мм. Шкала укреплена на держателе *F*. Стрелки *H* и *I* служат для указания пределов допускаемого колебания размера изделия, а стрелка *K* должна совпадать с нулевым положением уровня жидкости в стекле. Все три стрелки и шкала до начала измерений устанавли-

<sup>1)</sup> Изготавливается фирмой J. A. Prestwich & Co, London.

яются по высоте сообразно указаниям стрелки *K* при помощи винта *S*. Эта регулировка компенсирует влияние температуры. Грубая установка прибора по высоте производится при помощи перестановки его вверх и вниз по стойке *O* при помощи рейки *M* и шестеренки *N*. Винт *P* закрепляет прибор на месте. Более точная установка обеспечивается шкалой на камере *A*, нанесенной в сотых мм.

Делая разницу диаметров диафрагмы и трубки значительной, можно очевидно получить очень большую точность отсчета<sup>1)</sup>. Практически отсчитывают 0,2 — 0,3  $\mu$ . Прибор этот не столь хрупок, как рычажный индикатор той же чувствительности, но имеет тот недостаток, что его показания сильно зависят от колебаний температуры. На последнее обстоятельство при пользовании прибором надо обращать серьезное внимание.

## 5. Нормальные калибры.

Все описанные выше инструменты позволяют измерять различные изделия, находящиеся в определенных границах размеров. Мы видели, что эти приборы достигли высокого совершенства и могут давать любую точность, требуемую в машиностроении.

Однако пользование ими требует известного навыка — и надзор за их исправным состоянием составляет предмет постоянной заботы. Высокая цена и известная сложность устройства также во многих случаях ограничивают область их применения теми местами, где требуется универсальность или необходимо определение абсолютного значения данного размера. Во всех других случаях обыкновенно предпочитают *жесткие калибры*.

Наиболее известными и первыми по времени появления (вошли в практику в 80-х годах прошлого столетия) являются *нормальные* цилиндрический калибр и кольцо (рис. 45). Калибр стараются выполнить возможно более близким к номинальному диаметру, на нем помеченному. Кольцо, слегка

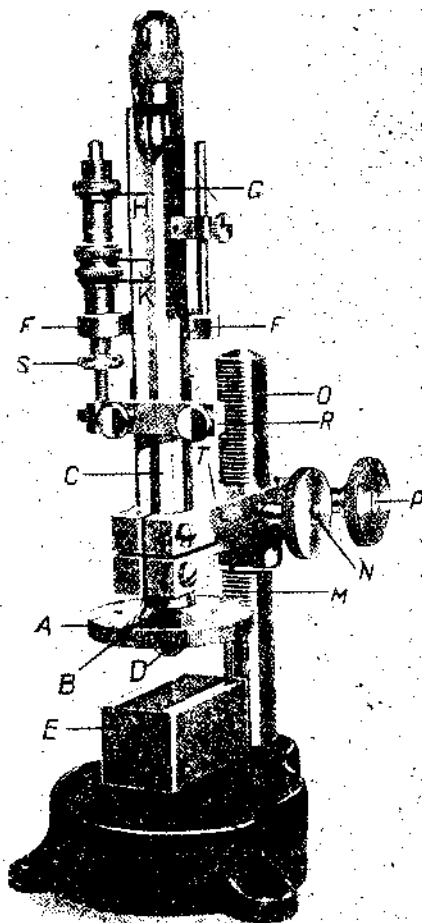


Рис. 44. Внешний вид престометра.

<sup>1)</sup> Колебания высоты столба пропорциональны отношению площадей диафрагмы и трубки, т. е. отношению квадратов их диаметров.

смазанное, должно находить на калибр-пробку под действием собственного веса. Как будет показано ниже, для возможности надевания кольца без приложения усилия его диаметр должен быть сделан несколько больше диаметра пробки. При измерении этим кольцом вала диаметр последнего будет, обратно, несколько меньше диаметра кольца, т. е. окажется близким к диаметру пробки и одновременно к номинальному диаметру. Точность измерения зависит от опытности рабочего и от степени гладкости стенок изделия.

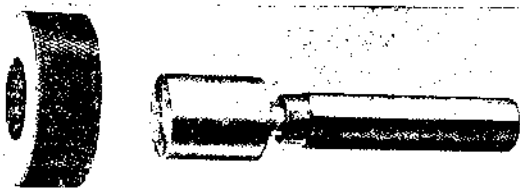


Рис. 45. Нормельные калибры.

При измерении пробкой отверстия последнее получится такого диаметра, что вал, сделанный по калибру-кольцу, войдет в него плотно, но без приложения усилия. Так как измерять кольцом изделие, зажатое в центрах, неудобно, то вместо кольца часто пользуются *нормальной скобой* (рис. 46).

При пользовании нормальными пробками можно значительно упростить производство точных измерений. Исполняя отверстие по пробке, можно вал шлифовать по микрометру, сообщая ему требуемый зазор или натяг. В результате изверняка получится желаемая посадка. Самый микрометр можно всегда проверить по той же пробке и, если он не вполне точен, то это легко учесть, так как при обмере вала важен не его абсолютный размер, а только разница между его диаметром и диаметром нормальной пробки.

До введения в обиход мастерских нормальных калибров получение посадок представляло большие трудности и основывалось целиком, по крайней мере при небольших диаметрах, на опытности рабочего. Не существовало никакого способа точного измерения диаметров небольших отверстий (например 25—50 мм) и поэтому, сделав их приблизительно по номинальному размеру, валики притачивали к ним наощупь.

При подвижных посадках последний способ дает более удовлетворительные результаты, так как о величине зазора можно судить по качке валика в отверстии. При прессовых, тугих и плотных посадках при работе без калибров задача становится исключительно трудной.

Часто токари используют само изделие вместо калибра, затачивая его конец слегка на конус так, чтобы он *закусывал* в отверстии. Остальную длину валика делают на несколько сотых полнее вошедшей части конуса, создавая этим необходимый натяг.

Введение нормальных калибров позволило проставлять на чертежах требуемые величины натягов и зазоров и фактически придерживаться этих размеров на практике. Это дало возможность производить взаимозаменяемые изделия и притом с высокой степенью точности.

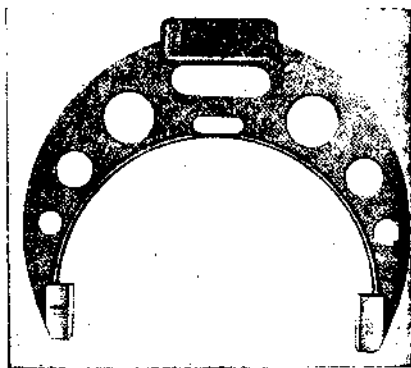


Рис. 46. Нормальная скоба.

Вообще работа по нормальным калибрам очень точна. Мы видели выше (глава I, § 4-й), что при плотных посадках ничтожная разница диаметров<sup>1)</sup> (0,01 мм при диаметрах до 50 мм) превращает посадку из плотной в *скользящую*. Опытный рабочий очень легко ощущает малейшее сопротивление при вдвижении пробки или наклаывании скобы. При диаметре 50 мм разница 0,005 мм будет уже вполне ощутима. Это дает возможность опытному рабочему производить отсчеты с весьма большой точностью.

Методами сравнения размеров при помощи осязания обычно пользуются в инструментальных при изготовлении калибров<sup>2)</sup>.

В руках малоквалифицированного рабочего нормальный калибр приносит мало пользы, так как пользуясь таким калибром, он не в состоянии уверенно определить степень плотности пригонки изделия.

С помощью нормального калибра можно лишь установить: совпадает ли размер отверстия с размером пробки в пределах нескольких микронов или он отличается на величину большую. В последнем случае нормальная пробка не дает прямых указаний: составляет ли зазор например 0,02 или 0,1 мм. В обоих случаях пробка свободно войдет в отверстие. Наконец пользование нормальными калибрами вносит *субъективный* элемент в дело измерений и затрудняет приемку изделий. Всегда возможно возникновение разногласий между рабочим и контролером.

Все сказанное заставило искать другие способы измерения более удобные при серийном и массовом производстве чем нормальные калибры и микрометры.

## 6. Принцип измерения при помощи предельных калибров.

В 90-х годах прошлого столетия начали применяться *предельные калибры*. Идея этого метода измерений состоит в том, что изготавливаются два калибра, отличающиеся между собой лишь на величину допуска. Таким образом один калибр изображает наибольший допустимый размер изделия, а другой — наименьший. Всякое изделие, признаваемое годным, должно иметь размер, лежащий между крайними пределами, изображаемыми двумя предельными калибрами. Очевидно один из калибров должен находить на изделие (или входить в него), а другой ни в коем случае не должен. Первый называется *приемным*, а второй *браковочным* калибром. Иногда оба калибра соединяются в один двойной и тогда говорят о *приемной и браковочной сторонах предельного калибра*. При пользовании двумя отдельными калибрами они имеют такую же форму, как нормальные, т. е. форму обычных пробок и скоб. При двусторонних калибрах применяются специальные формы.

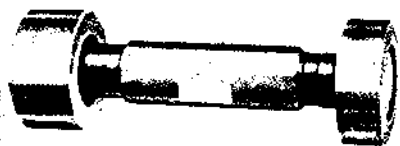


Рис. 47. Предельная (двусторонняя) пробка.

Рис. 47 изображает предельную пробку. Как видно, одна ее сторона

<sup>1)</sup> См. также таблицы DIN и OCT для разных посадок.

<sup>2)</sup> Предельные калибры при таких больших точностях измерения не приносят пользы, так как пределы их настолько сближаются, что пользование калибрами как предельными становится затруднительно.

(приемная) делается несколько длиннее другой (браковочной). Цель этого — повышение срока службы калибра, так как приемная сторона, входящая в изделие почти при каждом измерении, изнашивается скорее чем браковочная, проходящая только в сравнительно редких случаях забракования. Рис. 48 показывает двустороннюю скобу, а рис. 49 одностороннюю предельную скобу с двумя парами губок. Последний тип удобнее, так как не приходится переворачивать инструмент при измерении каждого изделия.

Один и тот же калибр может не находить или находить на изделие в зависимости от размера усилия, которое на него оказывают при измерении. Скобу слабой конструкции для больших диаметров можно усилием руки без особого труда надвинуть на изделие даже тогда, когда диаметр последнего больше размера скобы на несколько сотых миллиметра. Во избежание неопределенности при измерениях надо условиться о размерах усилия при измерении. Обычно принимается, что скоба должна находить, а пробка

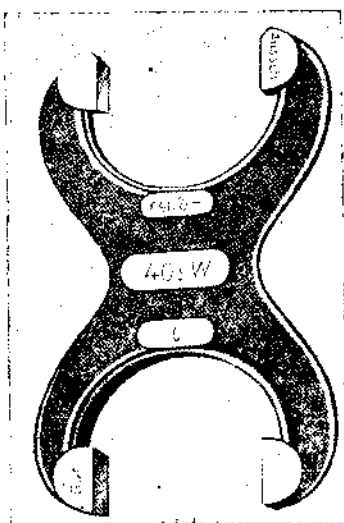


Рис. 48. Двусторонняя предельная скоба.

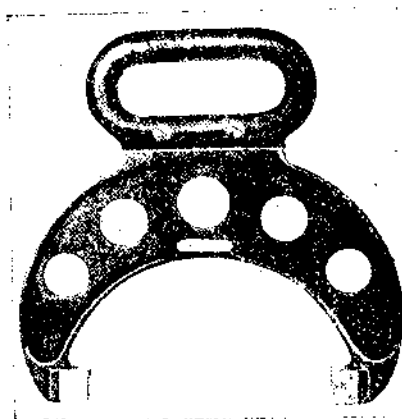
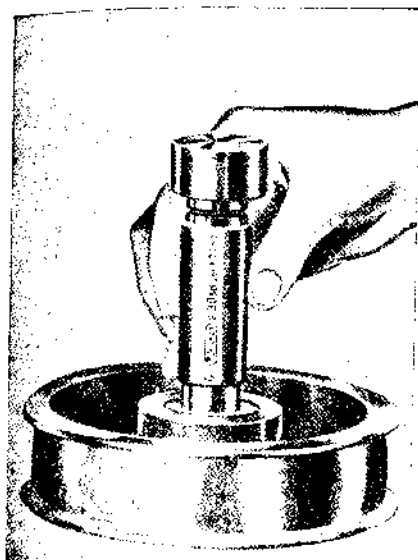


Рис. 49. Односторонняя предельная скоба.

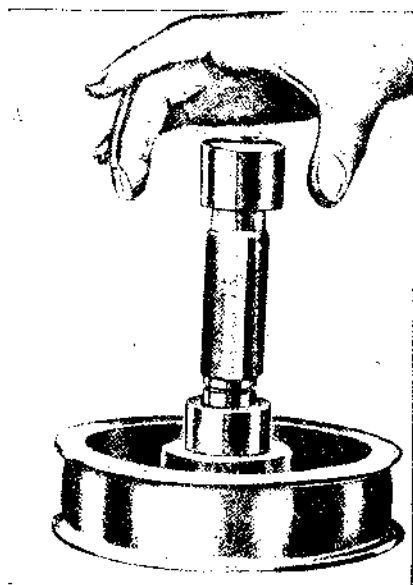
входить под действием собственного веса. Если калибр не находит (не входит) под действием собственного веса<sup>1)</sup>, то считается, что он не находит (не входит) вообще. Такой способ пользования вносит достаточную ясность в дело измерения предельными калибрами и позволяет получить удовлетворительные в смысле однородности результаты. Рис. 50а, б, с и d иллюстрируют *правильный метод* пользования предельными калибрами.

В мастерских, где работа по предельным калибрам является делом новым, очень часто пользуются ими совершенно неправильно. Особенно это заметно там, где раньше применялись нормальные калибры. Токарь стремится проточить изделие так, чтобы проходной калибр только-только (плотно) находил или входил, если даже для этого требовалось бы приложение некоторого усилия. Как это ни странно, но такое требование иногда поддерживается представителями контрольного отдела, которые считают из-

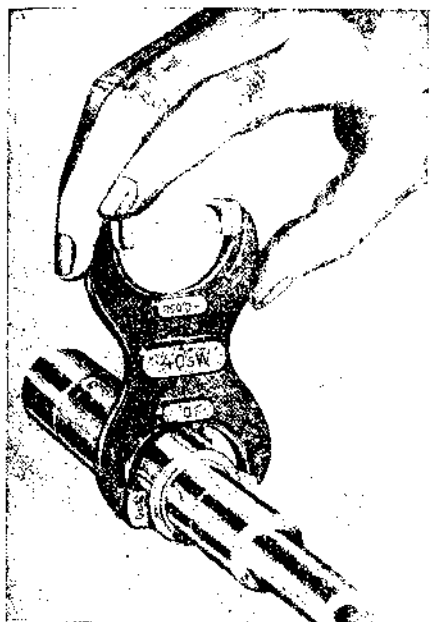
<sup>1)</sup> „Закусывание“ допускается.



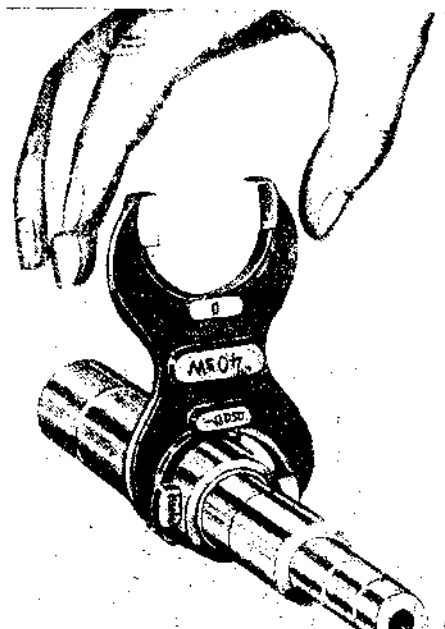
a



b



c



d

Рис. 50. Измерение предельными калибрами.

делия правильно изготовленными лишь тогда, когда калибр входит или не входит туго. В результате такого требования все посадки выходят туже, чем это предполагается конструктором при проставлении допусков на чертежах. Кроме того такое требование безо всякой нужды повышает точность работы, до крайности ее удорожая. Введение предельных калибров предполагает, что рабочий использует допуск и сокращает время обработки. При упомянутом неправильном способе измерения браковочные калибры являются строго говоря излишними. Нужно сказать, что с такими тенденциями в пользовании предельными калибрами приходится встречаться не только на наших заводах, но и на зарубежных — и для того чтобы привить правильные навыки, часто требуется выдержать известную борьбу. Дело осложняется тем, что при долговременном неправильном пользовании устанавливается свой особый местный язык для обозначения посадок, который не соответствует общепринятому в технике <sup>1)</sup>. При попытках применить калибры правильно, без изменения допусков на чертежах, оказывается, что многие посадки выходят слабыми и должны быть заменены следующими по степени тугости, что часто сопряжено с дополнительным экспериментированием. Кроме того переход от неправильной работы, которая в сущности говоря есть работа по нормальным калибрам, к правильному методу влечет за собой понижение точности посадок, т. е. является как бы переходом к следующему низшему классу точности <sup>2)</sup>, что всегда сопряжено с некоторым риском.

Сказанное иллюстрирует лишь одну из трудностей, с которой приходится сталкиваться при введении предельных калибров на заводе. Имеется еще много других, о которых мы будем говорить ниже. Обычно введение предельных калибров требует общего повышения качества работы на станках, а главное — улучшения организации. В частности много хлопот доставляет надлежащая постанова инструментального хозяйства и правильная организация технического контроля.

Но когда предельные калибры введены, сразу понижаются требования к квалификации рабочего. Измерять правильно изделия при работе по предельным калибрам может малообученный рабочий или подросток. Контроль также прост и квалификация низших агентов контрольного отдела (браковщиков) может быть очень невысокая. Достижение *взаимозаменяемости* <sup>3)</sup> при одновременно удовлетворительных, в смысле экономичности, результатах возможно лишь при пользовании предельными калибрами. Поэтому предельные калибры являются в настоящее время неотъемлемой частью взаимозаменяемого производства и надлежащая постанова дела в механических мастерских без них почти невозможна. Микрометры и индикаторные приборы также имеют свою область применения, будучи незаменимы при точных, но индивидуальных или специальных работах. При массовой фабрикации их применение до самого последнего времени было более ограничено <sup>4)</sup>.

<sup>1)</sup> Если калибры неправильны или изношены, то часто немногие лица в мастерской знают, какие из них надо брать для того, чтобы получить правильную посадку. Иногда можно слышать такие распоряжения мастера: «возьми скобу gleitzitz — ту, которая лежит на верхней полке слева, шлифуй по ней потуже и тогда получишь feststzitz».

<sup>2)</sup> О классах точности см. гл. IV, § 7.

<sup>3)</sup> О взаимозаменяемости см. гл. IX.

<sup>4)</sup> В последнее время индикаторные приборы стали постепенно проникать в массовое производство, вытесняя в некоторых случаях предельные калибры. Примеры будут приведены ниже во многих местах.

## 7. Типы предельных калибров.

Согласно германских норм DIN для внутренних измерений применяются:

Для диаметров до 100 мм . . . . . цилиндрические пробки (рис. 45 и 47).  
" " от 100 до 260 мм . . . . . плоские калибры (рис. 51).  
" " свыше 260 мм . . . . . концевые калибры-штихмассы (рис. 52).

Для наружных измерений применяются исключительно скобы, причем их форма и конструкция зависят главным образом от их размеров. Рис. 53 показывает набор измерительных инструментов по системе DIN<sup>1)</sup>.

Пока мы говорили лишь о предельных калибрах для измерения диаметров. Имеется бесконечное количество их конструкций, предназначенных для самых разнообразных измерений. Ряд примеров будет приведен в соответственных местах книги.

Все калибры подвергаются при работе износу и поэтому должны со временем заменяться новыми. Скобы, имеющие небольшую рабочую поверхность, изнашиваются быстрее пробок.

Поэтому имеется стремление пользоваться конструкциями, дающими возможность производить установку скобы в небольших пределах. Такие *регулирующиеся скобы* изготавливаются многими фирмами и безусловно очень удобны в обращении. Рис. 54 показывает конструкцию завода Иогансона, а рис. 55 — разрез скобы. После установки скобы в инструментальной она *пломбируется* так, что в мастерской ее переставить нельзя без слома печати. Этим исключается возможность злоупотреблений.

Рис. 56 показывает аналогичную конструкцию той же фирмы, но предназначенную для внутренних измерений. Эти калибры менее удобны и не получили широкого распространения<sup>2)</sup>. Их применение оправдывается, пожалуй, лишь для более значительных диаметров, когда в мастерской не имеется налицо жестких плоских или стержневых калибров любого данного размера.

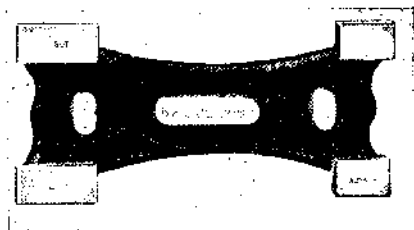


Рис. 51. Плоский калибр для отверстий.

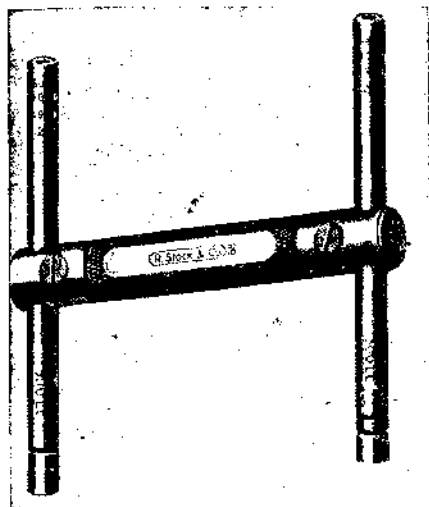


Рис. 52. Штихмасса.

<sup>1)</sup> О системах предельных калибров и о значении терминов на этом чертеже будет сказано ниже в гл. IV и V.

<sup>2)</sup> При господствующей на большинстве заводов системе отверстия (см. главу IV § 3) применение переставных скоб позволяет сократить их количество, что имеет меньшее значение для пробок, так как при этой системе их число вообще велико.

# Обзор калибров для цилиндрических посадок DIN

| система отверстия    |                                                         |                                                 |                                                                               | система вала         |                                           |                                                 |                                                                      |
|----------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| класс точности       | отверстия                                               | калибры для изделий, как рабочих калибры приемы | контрольные калибры для изношенной приемной стороны пары калибры              | класс точности       | валы                                      | скобы для изделий, как рабочих калибры приемы   | контр. кал. для рабочих калибров для изношенной стороны пары калибры |
| 1 класс точности eB  | 1-100 ном. ф предельн. пробока DIN 306                  |                                                 | 3 до 100 ном. ф скобы                                                         | 1 класс точности eW  | 3 до 100 ном. ф пред. скобы               |                                                 | 3 до 18 ном. ф контрол. скобы с рукояткой DIN 307                    |
| 2 класс точности B   | свыше 100 до 260 ном. ф пред. плоск. кал.               |                                                 | свыше 100 до 400 ном. ф скобы                                                 | 2 класс точности W   |                                           |                                                 | свыше 18 до 100 ном. ф контрол. скобы DIN 308                        |
| 3 класс точности sB  | свыше 260 до 500 ном. ф пред. концев. штихмассы DIN 309 |                                                 |                                                                               | 3 класс точности sW  | свыше 100 до 400 ном. ф пред. скобы       |                                                 | свыше 100 до 260 ном. ф калибр DIN 310                               |
| грубое отверстие gB  | приемн.  браков.                                        |                                                 |                                                                               | грубый вал gW        |                                           |                                                 | свыше 260 до 400 ном. ф концев. штихмассы DIN 309                    |
| класс точности       | Валы                                                    | скобы для изделий, как рабочих калибры приемы   | контр. кал. для рабочих калибров для изношенной приемной стороны пары калибры | класс точности       | Отверстия                                 | калибры для изделий, как рабочих калибры приемы | контр. калибры для изношенной рабочей стороны рабочих калибров       |
| Edelfestsitz eF      | 3 до 100 ном. ф пред. скобы                             |                                                 | 3 до 18 ном. ф контрол. скобы с рукояткой DIN 307                             | Edelfestsitz eF      | 1-100 ном. ф пред. пробка DIN 306         |                                                 | 3 до 100 ном. ф скобы                                                |
| Edeltreitsitz eT     |                                                         | свыше 18 до 100 ном. ф контрол. скобы DIN 308   |                                                                               | Edeltreitsitz eT     |                                           |                                                 |                                                                      |
| Edelhaftsitz eH      |                                                         | свыше 100 до 400 ном. ф пред. скобы             | свыше 100 до 260 ном. ф калибр DIN 310                                        | Edelhaftsitz eH      | свыше 100 до 260 ном. ф пред. плоск. кал. |                                                 | свыше 100 до 400 ном. ф скобы                                        |
| Edelschiebesitz eS   |                                                         |                                                 |                                                                               | Edelschiebesitz eS   |                                           |                                                 |                                                                      |
| Edelgleitsitz eG     |                                                         |                                                 |                                                                               | Edelgleitsitz eG     |                                           |                                                 |                                                                      |
| Preßsitz P           |                                                         |                                                 |                                                                               | Preßsitz P           |                                           |                                                 |                                                                      |
| Festsitz F           |                                                         |                                                 |                                                                               | Festsitz F           |                                           |                                                 |                                                                      |
| Treitsitz T          |                                                         |                                                 |                                                                               | Treitsitz T          |                                           |                                                 |                                                                      |
| Haftsitz H           |                                                         |                                                 |                                                                               | Haftsitz H           |                                           |                                                 |                                                                      |
| Schiebesitz S        |                                                         |                                                 |                                                                               | Schiebesitz S        |                                           |                                                 |                                                                      |
| Gleitsitz G          |                                                         |                                                 |                                                                               | Gleitsitz G          |                                           |                                                 |                                                                      |
| Engerlaufs EL        |                                                         |                                                 |                                                                               | Engerlaufs EL        |                                           |                                                 |                                                                      |
| Laufsitz L           |                                                         |                                                 |                                                                               | Laufsitz L           |                                           |                                                 |                                                                      |
| Leicht. Laufs LL     |                                                         |                                                 |                                                                               | Leicht. Laufs LL     |                                           |                                                 |                                                                      |
| Weit. Laufs WL       |                                                         |                                                 |                                                                               | Weit. Laufs WL       |                                           |                                                 |                                                                      |
| Shlichtgleits sG     |                                                         |                                                 |                                                                               | Shlichtgleits sG     |                                           |                                                 |                                                                      |
| Shlichtlaufs sL      |                                                         |                                                 |                                                                               | Shlichtlaufs sL      |                                           |                                                 |                                                                      |
| Wt. Shlichtlaufs sWL |                                                         |                                                 |                                                                               | Wt. Shlichtlaufs sWL |                                           |                                                 |                                                                      |
| Grobsitz q1          |                                                         |                                                 |                                                                               | Grobsitz q1          |                                           |                                                 |                                                                      |
| Grobsitz q2          |                                                         |                                                 |                                                                               | Grobsitz q2          |                                           |                                                 |                                                                      |
| Grobsitz q3          |                                                         |                                                 |                                                                               | Grobsitz q3          |                                           |                                                 |                                                                      |
| Grobsitz q4          |                                                         |                                                 |                                                                               | Grobsitz q4          |                                           |                                                 |                                                                      |

Рис. 53. Набор измерительного инструмента по DIN.

Каждая переставная скоба или внутренний калибр предназначается для нескольких номинальных размеров. Фирма Иогансона изготавливает скобы 12 размеров, охватывая размеры от 0 до 115 мм.

## 8. Причины погрешностей при измерении изделий калибрами.

Перечислим главные источники ошибок при использовании калибров.

### А. Неточность изготовления калибров.

Первой очевидной причиной

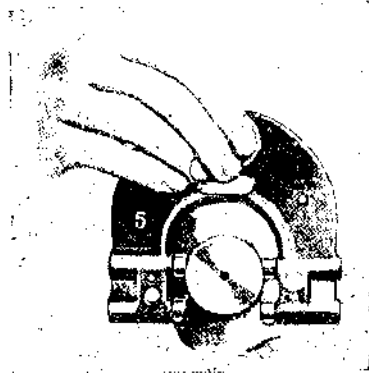


Рис. 54. Регулирующаяся скоба.



Рис. 55. Разрез регулирующейся скобы.

ошибок при измерении является *неточность* самих калибров. Как и всякое изделие, калибр может быть изготовлен только с известным приближением к заданному размеру. Очевидно погрешности калибра целиком переносятся на изделие. По мере износа калибра ошибка еще увеличивается. Вопрос о допусках на калибры будет разобран ниже<sup>1)</sup>. Нужно еще указать, что с течением времени калибры иногда меняют свою форму и размеры, даже не подвергаясь износу. Причиной этого является постепенное исчезновение *напряжений*, возникающих при закалке. Избегнуть связанных с этим явлением неприятностей можно только правильной термической обработкой калибров и их выдерживанием после закалки и до окончательной доводки.

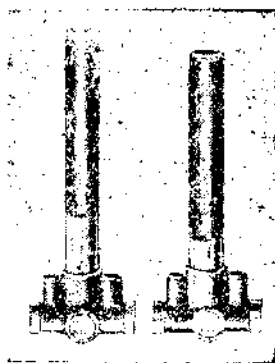


Рис. 56. Регулирующийся калибр для внутренних измерений.

### Б. Влияние формы калибра.

Мы видели, что для внутренних измерений применяются калибры различного вида: цилиндрическая пробка, плоский калибр или концевой штихмасс. Если изготовить калибры всех трех типов точно одинакового размера и по ним обработать три изделия так, чтобы эти калибры плотно входили в отверстия, то изделия окажутся различными. Обратно при измерении одного и того же отверстия тремя калибрами

<sup>1)</sup> См. гл. VI.

окажется, что пробка входит в него с большим усилием, плоский калибр — плотно, а штихмасс лже свободно. Проф. Шлезингер <sup>1)</sup> проделал такой опыт с отверстиями в 65 мм и получил следующие результаты: при изготовлении отверстий так, что калибры входили в них с легким трением, разница в диаметрах по сравнению с отверстием, сделанным по пробке, оказалась для плоского калибра — 0,012 мм, а для концевой штихмасс даже 0,020 мм. Такая разница является следствием, во-первых, различной поверхности трения для трех калибров, причем очевидно, что, чем меньше эта поверхность, тем легче входит калибр в отверстие, и во-вторых, неточности отверстия. Если последнее отступает от идеально круглой формы, то очевидно цилиндрическая пробка всегда измерит наименьший диаметр, а концевой штихмасс может измерить любой, даже наибольший из всех диаметров. Плоский калибр занимает среднее место.

Чем точнее изготовлены отверстия и чем глаже их стенки, тем меньше получится разница между измерениями по трем способам. Проф. Саввин получил при опытах на заводе Шкода цифры меньшие, чем проф. Шлезингер. Для диаметров 60 мм разница составила для плоского калибра и штихмасс по сравнению с пробкой лишь 0,004 — 0,006 мм, а для диаметра 100 мм — 0,005 — 0,008 мм. Плоский калибр и штихмасс давали между собой более близкие результаты, но для диаметров 260 мм разница измерений все же составляла 0,005 мм. Втулки у Шкода были каленые, шлифованные на очень точных станках.

При измерении скобами разница получается меньше, но и тут ширина губок скобы, а также ее жесткость влияют на точность измерения, причем, чем шире губки и чем скоба жестче, тем очевидно туже она находит на вал.

При измерении вала при помощи калиберного кольца его диаметр всегда будет казаться большим, чем при измерении по скобе того же размера.

Сказанное иллюстрирует необходимость точно условиться о методе измерений, прежде чем говорить о размерах допусков. При перемене измерительного инструмента может оказаться необходимым изменить и допуски <sup>2)</sup>.

**В. Ошибки от соприкосновения.** Только что рассмотренное влияние формы калибра является, как мы видели, между прочим следствием изменения усилия трения между калибром и изделием. Такое трение существует всегда, и даже концевой штихмасс свободно войдет в отверстие лишь в том случае, если он на несколько микронов меньше отверстия. Также скоба находит на вал, лишь имея размер на несколько микронов больший, чем диаметр вала. Точное значение разницы необходимой для надевания калибра зависит от ряда обстоятельств и может быть учтено лишь приближенно. Эта разность и порождает так называемую *ошибку от соприкосновения*. Давая двум сторонам предельного калибра размеры, соответствующие предельным размерам таблицы допусков, мы очевидно получим колебания размеров изделий в несколько смещенных пределах.

Проф. Саввин <sup>3)</sup> приводит минимальные зазоры, необходимые для возможности введения цилиндрической пробки в отверстие: при диаметре 20 мм — 0,002 мм, а при диаметре 100 мм — 0,005 мм. Скоба находит на вал при наличии зазора минимум 0,001 — 0,002 мм. При негладких и неправильных поверхностях изделий разница будет значительно больше.

<sup>1)</sup> Forschungsheft, стр. 193 — 194.

<sup>2)</sup> Мы видели, что нормы DIN точно оговаривают, какой инструмент применяется для каких диаметров.

<sup>3)</sup> См. „Допуски в машиностроении“.

При измерении диаметров валов скобами имеет очень большое значение величина прилагаемого к скобе усилия (например вес скобы). Бернард Броун <sup>1)</sup> подсчитывает усилие, которое стремится развести скобу при ее надевании на вал (рис. 57). Вал оказывает давление на скобу в двух точках соприкосновения ее с губками (X и Y). Если пренебречь трением, то давление  $P$  оказывается направленным по радиусам в точках соприкосновения. Зная усилие давления на скобу  $P$ , можно очевидно подсчитать и величину реакции  $R$  из чисто геометрических соображений. Прodelывая вычисления, Б. Броун приходит к таблице для множителей  $K$  <sup>2)</sup> в формуле:

$$R \cos \theta = KP$$

| Размер скобы | Превышение диаметра вала над размером скобы мм |        |        |
|--------------|------------------------------------------------|--------|--------|
|              | 0,0250                                         | 0,0125 | 0,0025 |
| 125          | 25                                             | 35     | 79     |
| 190          | 31                                             | 44     | 96     |
| 250          | 35                                             | 50     | 112    |

Величина  $R \cos \theta$  есть сила, разводящая скобу. Таблица показывает, что чем ближе размер скобы подходит к размеру вала, тем больше эта разводящая сила при одной и той же силе  $P$  (например весе скобы). Точно также, чем больше скоба, тем больше и эта сила. При скобе 250 мм и разнице диаметров 0,0025 мм давление на скобу в 1 кг вызывает изгибающее усилие 112 кг. При всех подсчетах мы не принимали во внимание силу трения между губками скобы и валом, которая увеличивается по мере увеличения изгибающей силы. Влияние трения очевидно делает зависимость изгибающей силы от давления на скобу не столь большой, но в основном приходится очень считаться с распирающим действием, особенно при больших скобах <sup>3)</sup>.

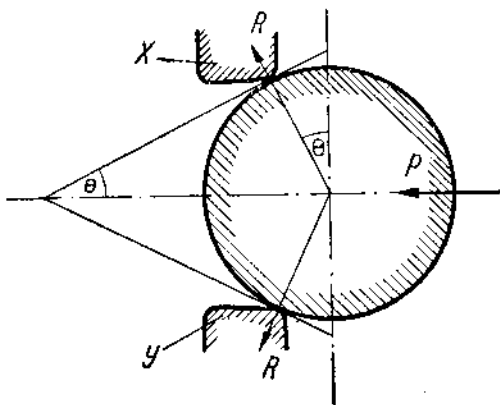


Рис. 57. Усилие, разводящее скобу при надевании ее на вал.

Если продолжить таблицу до диаметров больших 250 мм, то можно будет видеть, какие громадные изгибающие усилия могут возникнуть при надевании тяжелой скобы под действием собственного веса. Это обстоя-

<sup>1)</sup> American Machinist, т. 62, стр. 80 Е.

<sup>2)</sup> Мы переводим эту таблицу в метрические меры.

<sup>3)</sup> Проф. Саввин указывает, что небольшие скобы в среднем расходятся при 1 кг усилия на 1,5—2,5  $\mu$  при сухой и на 3—6  $\mu$  при смазанной скобе.

тельство очень затрудняет промер больших диаметров скобами. Иногда стараются уменьшить ошибку следующим образом: большую скобу устанавливают по мерному диску, слегка смазанному, так, что скоба скользит по нему под действием собственного веса. Если измерить размер скобы в свободном состоянии, то он окажется несколько меньшим чем размер диска. При измерении вала такой скобой можно рассчитывать, что она найдет на вал, если он будет иметь тот же диаметр, какой имел диск. Иными словами условно можно принимать за размер скобы размер диска.

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| При диаметрах 0—25 и 25—50 мм . . . | 0,5—1,6 м |
| „ „ 225 мм . . . . .                | до 7,2 м  |

Большие или меньшие значения получаются в зависимости от конструкции скоб. Винтом можно незаметно создать усилие в несколько кг, а следовательно получить ошибку в 0,01 мм, даже при небольших микрометрах. При крупных легко получаются громадные ошибки. Это обстоятельство заставило искать средства для того, чтобы ограничить давление винта.

Наиболее известной конструкцией является *микрометр с трещоткой*. Здесь усилие ограничивается тем, что зубцы трещотки начинают проскакивать при приложении известного усилия. Увеличивая точность измерения, трещотка все же не дает гарантии получения вполне однообразного нажатия <sup>3)</sup>.

Наиболее точными микрометрами являются конструкции с индикатором (см. рис. 33), при которых давление винта регулируется автоматически сопротивлением пружины индикатора.

Небольшие микрометры обычного типа дают все же достаточно точные результаты. Отто Киндле <sup>4)</sup> произвел серию опытов над точностью измерения микрометрами. Обмер производился несколькими лицами, результаты сливались. Оказалось, что отсчеты разных лиц разнились лишь на 0,010 — 0,013 мм.

Приведем здесь кстати результат интересного обследования, произведенного С. Ниббел<sup>5)</sup>. Он задался целью выяснить, в каком состоянии находятся микрометры, которыми пользуются рабочие на разных заводах САСШ. Оказалось, что главная ошибка заключалась в установке на нуль. На многих заводах недостаточно заботились об этом, но в среднем погрешность составляла только  $\frac{1}{4}$  тысячной доли дюйма (шкалы дюймовых микрометров

1) Ставя микрометр сначала на размер нижнего предела, а потом верхнего, можно очевидно им пользоваться как предельной скобой.

2) Der Betrieb, 1921, Heft 19.

<sup>3)</sup> См. статью д-ра Беридта в сборнике „Взаимозаменяемость и практика ее применения“ Орга-Металл, Москва.

<sup>4)</sup> W. T., 1920 г. Heft 15.

<sup>b)</sup> American Machinist, 1920 г., стр. 209.

обычно градуированы на 0,001"). Таким образом ошибка была очень невелика, составляя лишь часть деления шкалы. Этот пример показывает, как внимательно относятся в Америке даже к такому простому и обычному инструменту, как небольшой микрометр.

**Г. Индивидуальные ошибки рабочего.** Различные рабочие производят измерения в совершенно одинаковых условиях с различной степенью точности. Наиболее объективным и независимым от индивидуальных свойств рабочего инструментом является предельный калибр, но и здесь возможны некоторые колебания результатов измерений в зависимости от степени чистоты обмеряемых поверхностей, присутствия слоя смазки, способа наложения калибра на изделие и т. д.

Измерение микрометром имеет более индивидуальный характер, также и работа по штангелю. Измерение нормальными калибрами доступно лишь квалифицированному рабочему и здесь влияние индивидуальных свойств сказывается очень сильно. Правильность обмеров по кронциркулю и нутромеру основана целиком на опытности рабочего. Современные точные оптические приборы также дают различные результаты в зависимости от того, кто ими пользуется. Надо указать, что помимо опыта имеет значение степень остроты зрения, сосредоточенность внимания и другие чисто физиологические факторы. Поэтому различные люди от рождения в разной степени приспособлены для производства точных измерений.

## 9. Измерение больших диаметров.

Мы видели, что измерение очень большими скобами и микрометрами до крайности затруднительно. Скобы получаются тяжелые и недостаточно жесткие. При таких условиях возможны крупные ошибки. При измерении большими штихмассами внутренних диаметров также встречается достаточно затруднений, хотя эта задача, вообще говоря, более проста.

В целях уменьшения изгиба большим скобам стараются придать наименьшую возможную глубину (стрелку), штихмассы делают *трубчатые*. Интересно применение дерева для очень больших штихмассов. Сухое дерево имеет меньший вес и мало меняет размеры от температуры. Штихмасс удобен в обращении. Наконечники конечно делаются стальные. Разумеется, что такой штихмасс надо очень часто проверять, так как дерево весьма чувствительно к изменению влажности.

При обмере больших наружных диаметров (до 7 м) на заводе General Electric Co пользуются стальной рулеткой. Изделие опоясывают лентой и этим способом измеряют длину окружности; диаметр получается путем деления длины окружности на число  $\pi$ . Лента имеет 10 мм ширины при толщине 0,2 мм. На толщину ленты вносят поправку. Допуск в длине ленты для диаметров до 1200 мм принимается равным  $\pm 0,05$  мм, а для диаметров свыше 1200 мм —  $\pm 0,1$  мм на 1 м диаметра. Для проверки ленты построена специальная измерительная машина<sup>1)</sup>. Методом обмера диаметров лентой завод пользуется даже в случаях, требующих очень высокой точности измерения. Например при изготовлении шестерен 1800 мм диаметром допускалась общая ошибка в шаге на длине всех 288 зубцов лишь 0,075 мм, что дает на 1 зуб приблизительно 0,00025 мм. Измерения производились лентой.

<sup>1)</sup> Machinery (Лондон), 17 февр. 1927 г. стр. 637.

## 10. Влияние температуры.

**А. Ошибки от разности температур калибра и изделия.** При перечислении источников ошибок (см. § 8) мы не упоминали еще об одном весьма важном факторе — о температуре. Материалом для калибров служит почти исключительно сталь, которая дает при нагреве на  $1^{\circ}\text{C}$  удлинение в  $11 \mu$  на 1 м длины.

В различных местах одной и той же мастерской температура может отличаться на  $5^{\circ}\text{C}$ . Пусть калибр лежит в кладовой на полке, расположенной около холодной стены мастерской, и имеет температуру  $15^{\circ}\text{C}$  в то время как в мастерской температура  $20^{\circ}\text{C}$ . Допустим далее, что этим калибром мы промерим цилиндр, имеющий диаметр 100 мм. Очевидно, что калибр при  $15^{\circ}\text{C}$  короче того же калибра при  $20^{\circ}\text{C}$  на  $5 \cdot 0,0011 = 0,0055$  мм, таким образом цилиндр, принятый по такому калибру, будет теснее, чем требуется, на  $5,5 \mu$ . Если измерять длину не 100 мм, а 1000 мм, то ошибка дойдет до  $0,055$  мм.

Очень важным обстоятельством является нагрев изделия во время обработки. При обточке или шлифовке, если не принимаются специальных мер для охлаждения, изделие сильно нагревается и лишь спустя значительный промежуток времени принимает температуру помещения. Пусть в предыдущем примере цилиндр обмерялся сразу после шлифовки и имел температуру стенок на  $10^{\circ}$  выше температуры мастерской. После охлаждения он уменьшится в диаметре на  $11 \mu = 0,011$  мм. Изделие 1000 мм, измеряемое прогретым на то же число градусов, будет иметь длину после охлаждения даже на  $0,11$  мм меньше, чем предполагалось при измерении.

Нужно указать, что в обоих случаях ошибка произошла вследствие того, что калибр имел температуру отличающуюся от температуры изделия. Если бы эти температуры были одинаковы, то очевидно сам калибр несколько удлинился бы при нагреве и укорачивался бы при охлаждении и в результате, при какой бы температуре ни производился обмер, все же изделие было бы обработано правильно и имело бы точную назначенную меру при той же температуре, при которой ее имеет сам калибр (у нас при  $20^{\circ}\text{C}$ ). Это происходит оттого, что стальное или чугунное изделие расширяется приблизительно также как и калибр.

Если изделие сделано не из стали и не из чугуна, то далеко небезразлично, при какой температуре происходит измерение. Пусть обмер бронзового обода<sup>1)</sup> (диаметром 500 мм) производится при температуре  $5^{\circ}\text{C}$  в плохо отапливаемой мастерской. Температура штихмасса также  $5^{\circ}$ . Этот штихмасс имеет точную меру 500 мм при  $20^{\circ}$ , а при  $5^{\circ}$  очевидно он меньше меры на  $0,08$  мм. Ту же меру будет иметь и расточка обода при  $5^{\circ}$ . В летний день при  $30^{\circ}$  температура обода будет выше, чем в момент измерения, на  $25^{\circ}$  и учитывая, что бронза расширяется на  $18 \mu$  на каждый градус при длине 1 м, получим удлинение  $0,22$  мм. В результате обод будет больше истинной меры на  $0,22 - 0,08 = 0,14$  мм. Пусть этот обод надевается на стальную деталь, выточенную по скобе, при любой температуре. Очевидно, что при  $30^{\circ}$  изделие будет иметь размер больше истинного, так как скоба имеет точную меру лишь при  $20^{\circ}$ . Увеличение диаметра соответствует нагреву на  $10^{\circ}$ , а равно  $0,5 \cdot 10 \cdot 11 = 55 \mu$  или приблизительно  $0,05$  мм. Теперь мы видим, что бронзовый обод расширился на

<sup>1)</sup> Кроме бронзы большой коэффициент расширения имеет алюминий.

0,14 — 0,05 = 0,09 мм больше, чем деталь, на которую он надевается. При *глухой* посадке по ОСТ для диаметра 500 мм требуется натяг в пределах + 0,08 до — 0,02 мм. В действительности мы получим натяги на 0,09 мм меньше, а они будут колебаться в пределах — 0,01 до — 0,11 мм. По таблице ОСТ полученная посадка близко подходит к *скользящей* посадке и даже еще свободнее последней. При нагревании соединение ослабло вследствие большего коэффициента расширения бронзы по сравнению со сталью.

До сих пор мы считали, что изделие прогревается или охлаждается равномерно. Если это не так, то условия существенно меняются. Изделие, казавшееся правильно обработанным в нагретом состоянии, оказывается овальным, конусным или покоробленным после охлаждения. Сказанного достаточно для того, чтобы показать, какое значение имеет температура в технике измерений.

**Б. Нормальная температура.** Длина 1 м определена как длина парижского эталона при 0°С. Этим устанавливаются размеры всех метрических измерительных инструментов. Возьмем скобу 100 мм. Длина 100 мм есть  $\frac{1}{10}$  часть той длины парижского метра, которую он имеет при 0°С. Очевидно, что длина есть нечто вполне определенное и если бы мы могли изготовить калибр (штихмасс), который равнялся бы указанной длине и имел бы коэффициент расширения равным 0, то он при всех температурах имел бы длину 100 мм. Спрашивается, при какой температуре наша скоба, сделанная из стали должна иметь этот размер?

В разных странах установили на различная температура измерений. В СССР, Германии, САСШ<sup>1)</sup>, Австрии, Бельгии, Швеции, Швейцарии, Италии, Чехословакии и ряде других стран установлена температура 20°. При этой температуре все калибры имеют правильные размеры. В Англии принята температура 16  $\frac{2}{3}$ °С (62°F), во Франции 0°С. Таким образом кроме двух последних стран везде принята одинаковая температура 20°С.

Если сравнить например французские калибры с германскими, то они будут отличаться друг от друга даже в том случае, если на них обозначены одинаковые размеры. Например пробка 100 мм, сделанная во Франции, будет иметь диаметр на 0,022 мм больший, чем сделанная в Германии. Между тем при работе по 1-му классу точности DIN весь допуск при данном диаметре равен лишь 0,022 мм. Следовательно приемная сторона калибра, сделанного по французской нормальной температуре, будет равна браковочной стороне германского калибра. В результате все отверстия, сделанные по французскому калибру, будут забракованы в Германии, даже если бы во Франции работали по таблице допусков DIN.

Температура 20°С принята большинством стран по следующим причинам:

- 20° — круглое число, более удобное при всяких расчетах, чем 16  $\frac{2}{3}$ .
- Температура 20°С — несколько выше обычной температуры в мастерской.

Если имеется измерительная комната, то в ней легко поддерживать постоянную температуру 20°С путем некоторого дополнительного обогрева. Если бы температура мастерской была выше температуры лаборатории, то пришлось бы последнюю охлаждать, что значительно сложнее. Иметь в лаборатории *нормальную температуру* удобно, так как это избавляет от внесения в результаты измерений всяких поправок на расширение калибров от теплоты.

<sup>1)</sup> В САСШ установлена температура 68°F, которая в переводе на градусы Цельсия точно равна 20°.

## 11. Функциональные калибры <sup>1)</sup>.

Переходим к рассмотрению калибров второго класса, имеющих целью испытание пригодности изделий без их непосредственного обмера, путем воспроизведения обстоятельств близких к тем, которые существуют в условиях службы детали. При ремонтных работах функциональным калибром для проверки заменяемой детали часто служит сам механизм: деталь пригоняют и переделывают до тех пор, пока исправная работа (функционирование) механизма не покажет, что часть изготовлена правильно. Функциональные калибры могут иногда заменить несколько обыкновенных. Во многих случаях, при индивидуальном производстве работать по ним даже удобнее, чем по калибрам, определяющим отдельные размеры, так как вся работа

становится нагляднее и пригонка удобнее и надежнее. В массовом производстве эти калибры применяются главным образом как контрольные, так как работа по ним, неизбежно носящая характер *пригонки по месту*, не соответствует духу этого производства.

Здесь приведем только один пример функционального калибра — *прибор для проверки шестерен*. Измерение шестерен — трудная задача, так как здесь имеется большое количество различных источников ошибок и если каждый элемент измерять непосредственно, то потребуется весьма значительное количество калибров.

Поэтому часто полагаются в основном на правильность инструмента, служащего для нарезки шестерен (проверяя его отдельно), а саму шестерню контролируют лишь путем измерения мертвого хода в зубцах <sup>2)</sup> и испытания на равномерность вращения.

Назначая определенные допуски на величину мертвого хода, можно избежать необходимости в проставлении допусков на отдельные элементы зацепления. Мертвый ход проще всего определить, надевая шестерни на две цапфы, расстояние между которыми точно равно расчетному, и измеряя зазоры между зубцами непосредственно щупами. Другой способ состоит в том, что при вращении шестерен в приспособлении закладывается между

<sup>1)</sup> На русском языке не имеется соответствующего термина. Мы вводим термин „функциональный калибр“, переводя непосредственно с английского „Functional Gage“.

<sup>2)</sup> Мертвый ход зависит от соотношения между толщиной зуба и шириной впадины.

зубцами кусок свинцовой проволоки и после поворота на некоторый угол измеряется толщина смятой проволоки.

Рис. 58 показывает прибор для определения степени равномерности передачи вращения. Последняя зависит от четырех главных факторов: а) профиля зуба, б) равномерности шага, в) concentричности шестерни и г) положения профиля по отношению к радиусу.

При желании полностью исследовать зацепление надо не только ограничиться промером толщины зуба (определяющей величину мертвого хода), но также произвести тщательные обмеры, относящиеся к перечисленным четырем факторам. Последнее полезно для получения указаний, где искать ошибку, но не нужно, для того чтобы установить пригодность или непригодность шестерни для передачи ею вращения. Прибор на рис. 58 устанавливает степень равномерности вращения непосредственно путем снятия специальных диаграмм. Шестерни насаживаются на цапфы А и В, которые

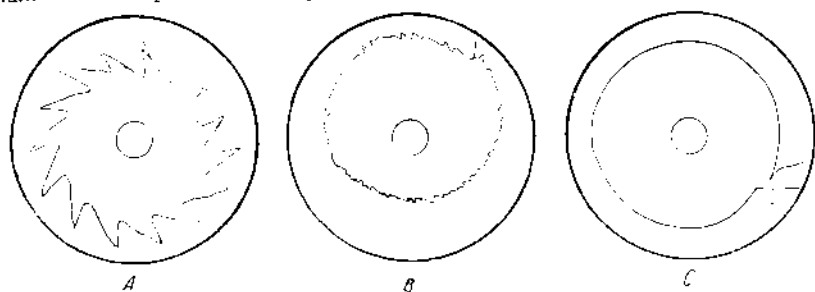


Рис. 59. Диаграмма, снятая на приборе для проверки шестерен.

поставлены на определенном между собою расстоянии. Под обеими шестернями расположены гладкие диски, диаметры которых шлифованы по размерам начальных диаметров соответственных шестерен. На цапфе А как шестерня, так и диск С насажены на общую втулку, но на цапфе В, которая несет индикаторное приспособление, шестерня сидит на одной втулке, а диск D на другой. Индикатор Е укреплен на той же втулке, на которой сидит и диск D, а рычаг, составляющий вторую часть индикаторного устройства, соединен со втулкой, несущей шестерню. Бумажный кружок, на котором чертится диаграмма, прикрепляется к диску F, который в свою очередь закрепляется неподвижно на центральном штыре. При вращении шестерен вращаются и диски, причем, если последние сделаны правильно, то передача ими вращения будет равномерна. Индикатор тогда будет вращаться равномерно, а рычаг более или менее неравномерно — в зависимости от правильности выполнения шестерен. Относительное движение рычага и индикатора вызывает колебания стрелки, которая чертит диаграмму. При идеально правильных шестернях диаграмма имеет форму круга, всякая неправильность придает ей вид, показанный на рис. 59. Ошибка в 30° в относительном угловом положении шестерен вызывает на диаграмме отклонение линии от окружности около 1,5 мм. Рис. 59 А показывает результат проверки шестерни, полученной путем фрезеровки зубцов на обычном фрезерном станке при помощи дискового зуборезного фрезера. Рис. 59 В дает диаграмму шестерен, нарезанных на специальном зубострогальном станке резцом, имеющим форму зубчатой рейки. Наконец рис. 59 С представляет диаграмму шестерни с закаленными и шлифованными зубьями.

Ошибка в диаметрах дисков или скольжение между ними обнаружится на диаграмме тем, что окружность заменится спиралью. Таким образом ошибки прибора легко отличаются от ошибок в самих шестернях.

Описание некоторых других функциональных калибров будет дано ниже в соответствующих главах.

## 12. Приборы, служащие для проверки калибров.

**А. Точные микрометры.** Переходим к последнему основному классу измерительных инструментов — к приборам, служащим для проверки калибров первого и второго классов.

Все калибры требуют проверки:

- а) во время их изготовления;
- б) при контроле на заводе-поставщике калибров;
- в) при приемке заводом-потребителем;
- г) периодически, в период службы калибра для обнаружения износа и изменений формы, вызванных износом и случайными причинами.

Размеры калибров в таблицах допусков проставляются обычно с точностью до 1  $\mu$ . Для того чтобы эта точность была действительной, а не фиктивной, надо иметь средства для производства измерений с той же точностью. Следовательно в распоряжении контролера калибров должны иметься приборы, позволяющие измерять с точностью до 1  $\mu$ .

Обычные микрометры не дают такой точности и поэтому непригодны для проверки калибров. Микрометры, снабженные инди-

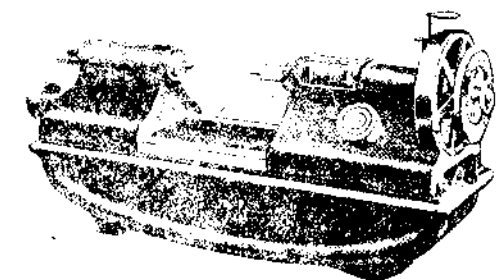


Рис. 60. Пресизионный микрометр Сяп.

катором, могут служить при проверке больших калибров (размеры таких калибров обычно не назначаются с точностью большей 0,01 мм), если не имеется под руками других более совершенных средств измерения. Микрометр должен предварительно устанавливаться по точному штихмасу.

В целях получения большей точности имеются специальные конструкции микрометров, позволяющих получать измерения с точностью 1 — 2  $\mu$ . Для получения постоянного нажима одна из бабок таких микрометров снабжается индикатором. Весь прибор монтируется на солидной станине. Рис. 60 показывает такой микрометр в исполнении фирмы Société Genevoise (Швейцария).

**Б. Измерительные машины.** Еще более точные приборы известны под названием *измерительных машин*. Все эти машины могут быть подразделены на два основных класса.

В одних измерение изделия производится непосредственно путем отсчета по *весьма точной шкале*. Для облегчения производства этих отсчетов обычно пользуются микроскопом. Фирма Цейс строит подобные машины для длин до 6000 мм, причем отсчет возможен до 1  $\mu$ .

Более просто устройство измерительных приборов второго рода, основанных на *сравнении размера измеряемого изделия с размером некоторого*

*эталоны*, длина которого точно известна. Рис. 61 показывает такую машину, изготовляемую фирмой Рейнекер (Германия). Для пользования ею необходимо иметь набор точных штихмассов через каждые 25 мм, но предпочтительно через 5 мм. Промежуточные размеры устанавливаются при помощи точного микрометричного винта. Вместо пружинного индикатора здесь применен *жидкостный*, основанный на том же принципе, как описанный выше прибор (см. рис. 43). Машины данного типа очень точны и могут производить измерения с ошибкой меньше 1  $\mu$ , однако, учитывая погрешности в самих концевых мерах (штихмассах), а главное в их установке на машине (косое положение, прогиб и т. д.) точность измерения надо считать порядка 1  $\mu$ <sup>1)</sup>. Применение приборов второго рода для очень больших длин встречает затруднения, так как трудно изготовить и установить длинные штихмассы.

### В. Упрощенные приборы для сравнительных измерений.

Для измерения небольших размеров путем сравнения применяются упрощенные приборы, позволяющие работать с точностью вполне достаточной для практических целей.

Рис. 42 (см. выше) показывает миниметр Хирта, примененный для подобных целей<sup>2)</sup>. Измерять можно изделия высотой до 200 мм. Точность миниметра была указана выше (см. гл. 3, § 3). Ряд приборов для производства сравнительных измерений готовится фирмой Цейс. Приводим некоторые из них.

Рис. 62 показывает прибор, похожий на изображенный на рис. 42. Точность измерения 0,002—0,005 мм. Наибольшая высота изделий 100 мм.

Рис. 63 и 64 изображают *вертикальный оптиметр*. Прибор имеет оптический отсчет и предназначается для сравнения длин до 180 мм. Точность отсчета 1  $\mu$ , но можно улавливать и более точные деления.

Рис. 65 изображает *горизонтальный оптиметр*. Точность его такая же, как и вертикального, а предельная длина измерений 350 мм. Горизонтальный оптиметр снабжается также приспособлением для внутренних измерений (рис. 66), пригодным для диаметров от 13,5 до 150 мм. Этот прибор является одним из наиболее удобных для контроля размеров пробок, плоских калибров и тому подобных измерительных инструментов. Горизон-

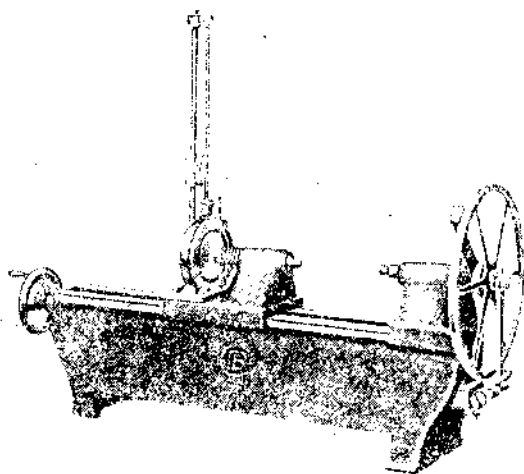


Рис. 61. Измерительная машина Рейнекера.

<sup>1)</sup> Вообще 1  $\mu$  = 0,001 мм есть обычный предел точности всех лучших конструкций измерительных машин. Иногда на их шкале имеются деления до 0,1  $\mu$ , но отсчеты с такой точностью совершенно ненадежны.

<sup>2)</sup> Изготавливаются фирмой Fortuna-Werke.

тальный оптиметр становится еще более удобным, если к нему пристроено проекционное приспособление, позволяющее делать отсчеты, не смотря в окуляр.

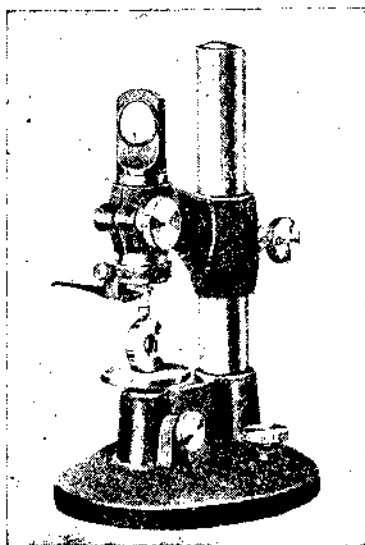


Рис. 62. Прибор Цейса для точных сравнительных измерений.

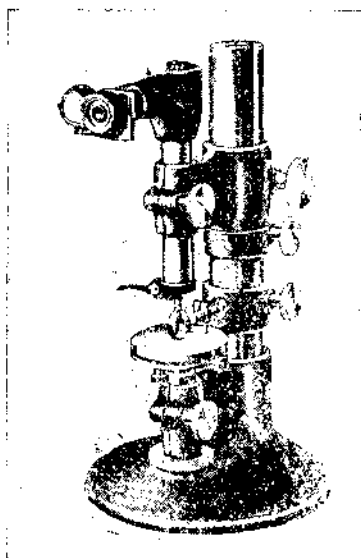
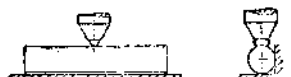
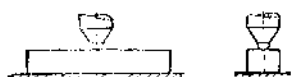


Рис. 63. Вертикальный оптиметр.

Нужно заметить, что оптиметр и все подобные приборы требуют наличия эталонов для всех размеров, так как в данном случае мы можем лишь сравнивать измеряемую длину с другой, вполне известной. Описанная измерительная машина Рейнекера позволяет, как мы видели, измерять не только длины равные размерам штихмассов, но и все промежуточные (через 5—25 мм).

В оптиметрах мы имели пример оптического отсчета. Микроскоп вообще довольно широко применяется в измерительной лаборатории. Главнейшие работы, выполняемые с его помощью, заключаются в проверке и измерении фасонных калибров, резьб и т. п. Исследование последних является обычным назначением этих приборов, почему мы их и опишем ниже в главе о резьбовых калибрах<sup>1)</sup>.



### 13. Контрольные калибры для сравнительных измерений при проверке калибров.

**А. Точность контрольных калибров.** Мы видели, что большинство приборов, служащих для точных измерений, основано на сравнении измеряемого изделия с некоторым контрольным калибром, длина которого точно известна. При других

Рис. 64. Измерение оптиметром.

<sup>1)</sup> Гл. VII § 5.

машинах, использующих точную шкалу, такими калибрами часто пользуются для проверки шкал и для регулировки приборов. Поэтому получение точных контрольных калибров является задачей весьма важной. Заметим, что, желая измерять с точностью 0,001 мм и зная, что ошибка измерительной машины и самого отсчета составит приблизительно ту же величину, мы должны требовать от нашего контрольного калибра еще большей точности. Иначе его ошибки, складываясь с ошибками измерений, еще более увеличат общую погрешность.

Таким образом точность этих контрольных калибров должна выражаться (по крайней мере для небольших размеров) в десятых долях микрона. Оставляя в стороне вопрос о том, как изготовить калибры со столь высокой точностью<sup>1)</sup>, остановимся лишь на методах контроля их размеров. Из сказанного ясно, что все обычные, перечисленные выше, измерительные приборы здесь оказываются совершенно несостоятельными.

**Б. Оптический метод измерений.** Для столь точных измерений пригоден *оптический метод*, основанный на явлении интерференции света. Он применяется для проверки правильности рабочих плоскостей инструмента, для сравнения калибров между собой и для абсолютных измерений.

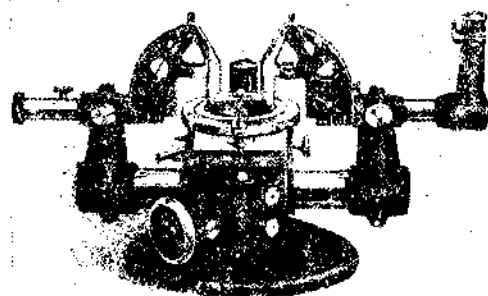


Рис. 66. Приспособление к оптиметру для внутренних измерений.

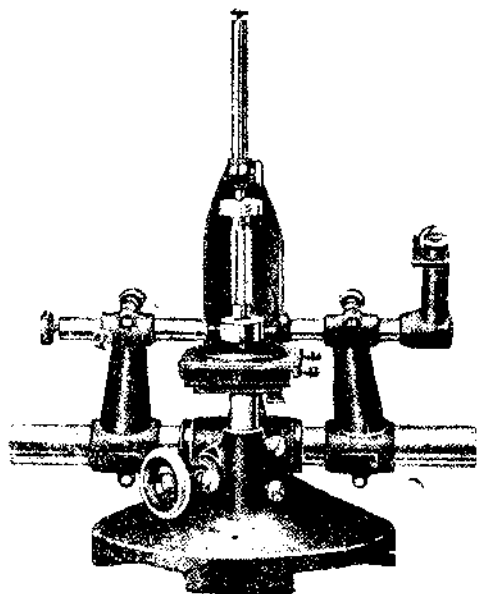


Рис. 65. Горизонтальный оптиметр.

Рассмотрим сначала первый случай. Для проверки рабочих плоскостей необходимо иметь лишь весьма простой прибор. Рис. 67 изображает одну из стеклянных пластинок, применяемых для подобных измерений, в том виде, в каком они доставляются фирмой Цейс. Пластинки имеют очень чисто отделанные поверхности, причем фирма гарантирует соответств. ви обеих сторон плоскостям до 0,1 — 0,2  $\mu$  (имеются два класса

<sup>1)</sup> Прием изготовления пластинок Йогансона и подобных им калибров, составляют совершенно специальную отрасль инструментального дела. Мы их касаться не будем.

точности). Диаметр пластинок 45 и 60 мм, толщина 10 и 15 мм. Пользуются пластинками следующим образом: измеряемую плоскость тщательно очищают от пыли и кладут на нее стеклянную пластинку. Пластинку слегка прижимают и немного двигают по поверхности калибра. При этом показываются полосы, окрашенные или темные — смотря по характеру освещения. Если плоскость правильная, то заметны лишь редкие прямые полосы, если же она кривая, то полосы лежат на разных расстояниях и имеют искривленную форму. Если, не смотря на легкие боковые передвижения стекла, ясно видимые полосы не исчезают — это указывает на существование неправильности в плоскости.

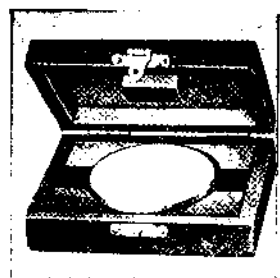


Рис. 67. Стеклянная пластинка Цейса для проверки правильности точных плоскостей методом интерференции.

Рис. 68 объясняет это явление. Источник света  $P$  испускает лучи. Проследим пути двух из них. Луч  $Pc$  проходит сквозь стеклянную пластинку, преломляясь проходит воздушный промежуток  $h$ , отражается от поверхности  $S$  калибра в точке  $d$  и, преломляясь вновь в точке  $a$ , далее следует пути  $ae$ . Второй луч  $Pa$  отражается непосредственно от поверхности  $G$  и следует пути  $ab$ . Очевидно лучи при выходе из источника света  $P$  находятся в одинаковой фазе колебаний, но путь луча  $Pcdae$  длиннее пути луча  $Pab$  и, следовательно, вообще говоря, фазы колебаний обоих лучей в точке  $a$  будут неодинаковы. Если фазы совпадают, то точка  $a$  будет ярко светиться, если же они противоположны — эта точка будет казаться темной. Таким образом один луч света как бы затеняет другой. Длина пути первого луча, а следовательно и освещенность точки  $a$  зависит от толщины воздушного слоя  $h$ . Если этот слой везде одинаков, то и освещенность получится одинаковая, если же величина  $h$  различна в разных точках поверхности, то освещенность получится в этих точках различная и появятся ясно видимые полосы, прямые или искривленные, смотря по виду поверхности. Если заметить две соседние полосы одинаковой освещенности, то можно сказать, что оба упомянутых луча доходят в точки, соответственные  $a$  и расположенные на этих полосах в одинаковой фазе. Обозначим соответственные зазоры  $h_1$  и  $h_2$ . Иными словами разность толщин зазоров  $h_1$  и  $h_2$  равна половине длины светового луча. Для дневного света эта величина равна приблизительно 0,3  $\mu$ . Таким образом, разность высот поверхностей в точках, расположенных на двух соседних полосах, равна 0,3  $\mu$ . Можно путем построения определить, какое расположение интерференционных линий соответствует каждой форме поверхности.

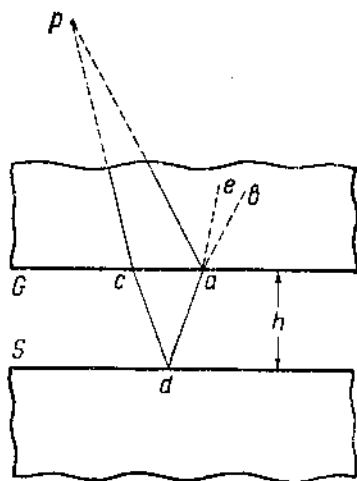


Рис. 68. Схема проверки точной плоскости методом интерференции.

Применения описанного метода очень многочисленны. Им проверяются

плитки (см. ниже), губки скоб и прочие точные плоскости измерительных инструментов. Для возможности производить такие измерения необходимо, чтобы поверхность калибра была *идеально гладко отполирована*. Поэтому этот метод приложим лишь к точным плоскостям. Рис. 69 показывает исследование правильности рабочей плоскости скобы, а рис. 70 — несколько типичных случаев расположения линий при таком измерении.

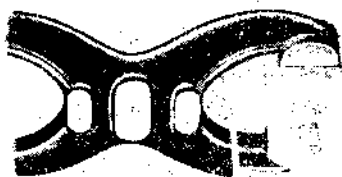


Рис. 69. Проверка правильности рабочей плоскости скобы методом интерференции.

Рис. 70*а* показывает, что поверхность есть плоскость, а воздушный зазор имеет слегка клиновидную форму (один конец пластинки прижат сильнее другого). Рис. 70*б* указывает то же, но уклон клина здесь в другом направлении. Рис. 70*в* соответствует случаю, когда рабочая поверхность в середине слегка приподнята, а рис. 70*г* указывает на совершенно искаженный профиль.

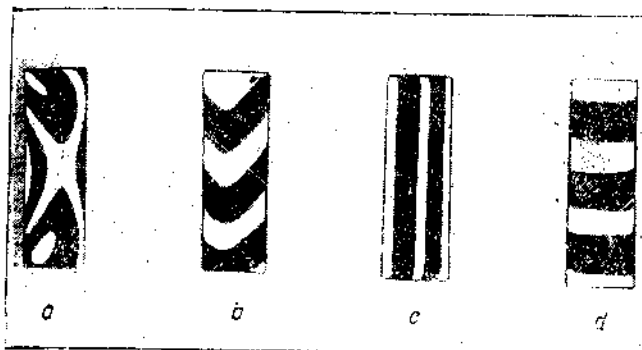


Рис. 70. Различные случаи расположения интерференционных линий.

Исходящий из источника света  $L$  линейный спектр падает через светофильтр  $F$ , конденсатор  $o$ , диафрагму  $B$ , объектив  $O_1$ , посеребренные призмы  $BB$  с полупропускающей поверхностью  $ac$  и также полупропускающую посеребренную плоскую пластинку  $p$ , на оба эталона  $E_1$  и  $E_2$ , расположенные рядом на кварцевой пластинке  $Q$ . Образующиеся на них интерференционные полосы

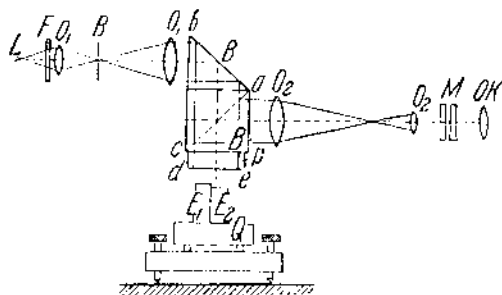


Рис. 71. Прибор Кёстера.

<sup>1)</sup> Описание прибора и некоторые цифры, относящиеся к точности метода, заимствованы из доклада д-ра Бернд. См. «Взаимозаменяемость и практика ее применения». Орган-Металл, Москва.

наблюдаются в трубу, состоящую из объектива  $O_2$  и окуляра  $OK$ . При этом видны цветные интерференционные полосы с различными оттенками. Из этих цветов при употреблении света гелия выделяется коричневая полоска, окаймленная красным. В обоих местах, где она образуется над  $E_1$  и  $E_2$ , слой воздуха между нею и плоскостью  $de$  имеет одинаковую толщину. Для получения разности размеров  $E_1$  и  $E_2$  остается измерить расстояние обеих одноцветных полосок в длинах волны, что снова производится помощью темных интерференционных полосок микрометром  $M$ .

Наблюдением интерференционных полосок, образуемых отдельными спектральными линиями между нижней пластинкой и  $de$  с одной стороны, и верхней поверхностью эталона и  $de$  с другой, можно определить и длину эталона, непосредственно выраженную в длинах световых волн.

Описанный метод применяется лишь для *небольших длин* (до 25 мм), тогда как для больших пользуются другим способом, также основанным на интерференции света. Последний однако требует очень хороших, главным образом совершенно параллельных, мерительных поверхностей.

Точность интерференционного метода по Берниту при сравнении длин 100 мм колеблется 0,05—0,3  $\mu$  главным образом в зависимости от состояния поверхностей калибров и от умения парализовать температурные влияния. Теоретически, для длины 100 мм может быть достигнута точность измерений 0,02  $\mu$ . Столь высокая точность дает возможность производить измерения с тщательностью достаточною для всех практических надобностей.

При описании прибора Кёстера мы упомянули о возможности производства абсолютных отсчетов при помощи метода интерференции. За единицу измерения принимается длина волны некоторого определенного луча света. Помимо громадной точности, метод представляет то принципиальное преимущество, что *при его помощи впервые удалось освободиться от материальных эталонов и сверять размеры калибров с величинами достаточно постоянными и легко воспроизводимыми в хорошей измерительной лаборатории*<sup>1)</sup>.

#### 14. Плитки Иогансона.

**А. Понятие о плитках Иогансона.** Под этим названием известен особый вид в высшей степени точных калибров, имеющих форму стальных плиток.

Эти калибры были изобретены в Швеции Иогансоном и выпущены в обращение в начале текущего столетия. Способ их изготовления все время держался в секрете и долго во всем мире только один завод Иогансона мог изготавливать сколько-нибудь удовлетворительные плитки.

В настоящее время кроме завода Иогансона подобные калибры изготавлиются целым рядом заводов, с большим или меньшим успехом. Рис. 72 показывает набор плиток завода Фриц Вернер (Германия), помещенных в общем ящике.

Плитки сделаны из закаленной стали. У каждой точно обработаны лишь две противоположные плоскости, но зато они доведены до идеального состояния. Даже при рассмотрении плиток Иогансона в микроскоп трудно обнаружить какие-либо следы обработки.

Наборы плиток подбираются так, что можно составить любые размеры (в известных пределах) через очень малые интервалы. Один и тот же раз-

<sup>1)</sup> Дальнейшее о значении рассматриваемого метода — см. гл. IX.

мер можно набрать при помощи разных комбинаций плиток. Этим пользуются для их проверки (самопроверка) в тех случаях, когда имеются опасения, что плитки потеряли точность вследствие износа или плохого обращения. Для проверки набирают один и тот же размер двумя способами и сравнивают полученную длину. Она должна оказаться одинаковой.

Очень важным свойством плиток Иогансона является их *неизменяемость с течением времени*. Известно, что оригинальные плитки Иогансона, выпущенные заводом на протяжении многих лет, при сличении оказываются одинаковыми. Это доказывает не только то, что завод поддерживает правильную меру, но и то, что сами плитки не меняют своих размеров <sup>1)</sup> (коробление и т. д.) вследствие постепенного успокоения напряжений, образовавшихся при закалке.

Плитки продаются наборами, из которых каждый составлен так, чтобы позволять наибольшее количество комбинаций. Фирмы, изготовляющие плитки, продают их в различных наборах. Кроме того, в зависимости от назначения, плитки изготовляются с различной степенью точности, отличаясь соответственно и ценой. Плитки наиболее точного класса используются как эталоны, следующий класс применяется для контроля калибров, дальнейший для работ в инструментальной и, наконец, плитки наименее точного класса могут служить для работы в производственных мастерских. Количество плиток в наборе бывает различно. Фирма Иогансон дает в большем наборе (Nr 1A) 103 плитки. Длины их колеблются от 1,01 до 100 мм. Кроме того имеется плитка толщиной 1,005 мм. Этот набор позволяет составлять комплекты плиток, идущие по длине через каждые 0,005 мм. Меньшие наборы имеют 76, 47 и т. д. плиток. Имеются специальные дополнительные наборы со ступенями размеров через 0,001 мм, позволяющие измерять разные длины с интервалами в 1  $\mu$ .

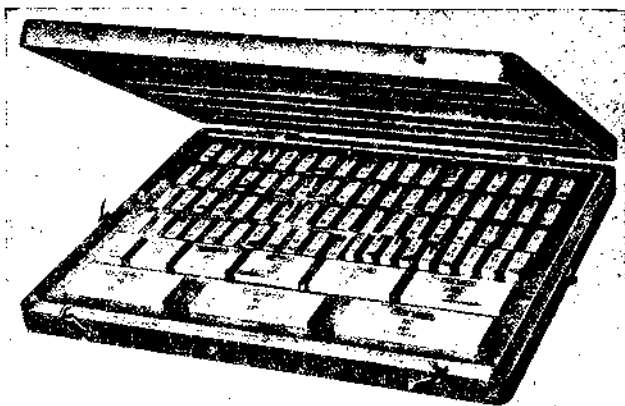


Рис. 72. Измерительные плитки.

**Б. Точность изготовления плиток.** Нормами DIN установлены для Германии два класса точности плиток.

**Класс I.** Среднее допустимое отклонение размера колеблется в пределах от  $\pm 0,2 \mu$  до  $\pm 0,7 \mu$  для плиток длиной соответственно 0,1—100 мм. Кроме среднего отклонения установлен допуск на отклонение размера в любой точке, по сравнению со средним размером, в пределах от  $\pm 0,2 \mu$  до  $\pm 0,3 \mu$ .

Б. Точность изготовления плиток. Нормами DIN установлены для Германии два класса точности плиток.

**Класс I.** Среднее допустимое отклонение размера колеблется в пределах от  $\pm 0,2 \mu$  до  $\pm 0,7 \mu$  для плиток длиной соответственно 0,1—100 мм. Кроме среднего отклонения установлен допуск на отклонение размера в любой точке, по сравнению со средним размером, в пределах от  $\pm 0,2 \mu$  до  $\pm 0,3 \mu$ .

<sup>1)</sup> Получение плиток, свободных от внутренних напряжений, является одной из главных задач при их изготовлении. Для этого требуется специальная многомесячная обработка.

**Класс II.** Для тех же длин среднее отклонение в пределах от  $\pm 0,5 \mu$  до  $\pm 1,5 \mu$ . Отклонение от среднего размера в разных точках от  $\pm 0,35 \mu$  до  $\pm 0,5 \mu$ .

Этими цифрами руководствуются германские заводы, изготовляющие плитки.

Кроме двух упомянутых классов изготовляются плитки промежуточной точности, а также более грубые. Например фирма Фриц Вернер изготовляет еще плитки III класса с точностью (средний размер)  $\pm 1,0 \mu$  --  $\pm 3,0 \mu$  для длин 0,1—100 мм.

При соединении нескольких (4—5) плиток ошибки их естественно суммируются. Как легко видеть из таблицы, для плиток I класса можно ожидать точности такого набора порядка 1  $\mu$ .

Нормы не являются однако пределом достижимой точности при изготовлении плиток. Сама фирма Иогансон изготовляет плитки со значительно большей точностью. Например самый высший класс (AA) имеет точность:

|                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| При длинах до 20 мм . . . . . | $\pm 0,045 \mu$ |
| " " 75—100 " . . . . .        | $\pm 0,16 \mu$  |
| " " 400—500 " . . . . .       | $\pm 0,8 \mu$   |

Набор четвертого класса (C) имеет все же точность для размеров от 0 до 100 мм в пределах от  $\pm 0,2 \mu$  до  $\pm 0,8 \mu$ .

**В. Пользование плитками.** Плитки Иогансона, тщательно очищенные и слегка смазанные, при складывании слипаются. Это явление было известно уже давно и первоначально объяснялось действием атмосферного давления. Однако при более тщательном изучении вопроса обнаружилось, что плитки

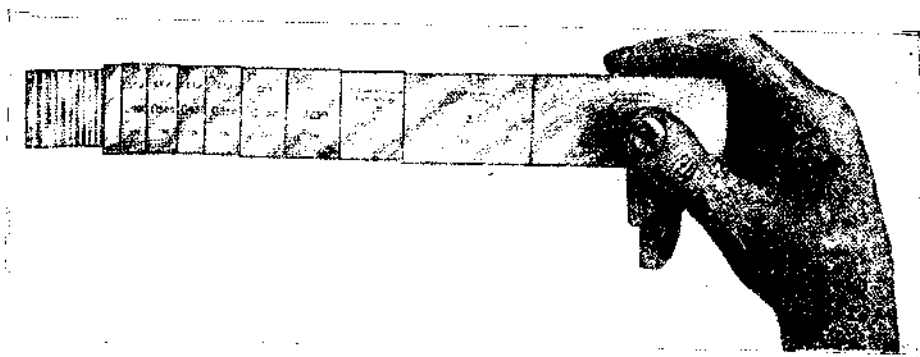


Рис. 73. Слипание плиток Иогансона.

слипаются и в безвоздушном пространстве, а сила их притяжения бывает даже большей, чем то следует по расчету, учитывая атмосферное давление. В настоящее время можно считать доказанным, что плитки слипаются под действием молекулярных сил <sup>1)</sup>. Здесь мы имеем случай, когда техника столкнулась с одним из явлений, с существованием которых ранее считались лишь люди науки. Силы молекулярного притяжения твердых тел выявляются здесь с полной ясностью. Рис. 73 показывает набор плиток, составляющий как бы одно целое под действием *слипания*.

<sup>1)</sup> О слипании плиток см. Machinery (Лондон), 7 февр. 1924 г., статьи I. E. Baty и A. I. Brookes.

Описанное явление упрощает пользование плитками, так как, будучи соединены в набор, они удерживаются вместе сами собой. Однако при плитках низшей точности, а также при не вполне чистых поверхностях оказывается удобным набирать их в специальные державки. Часто одновременно, при помощи специальных губок, получают возможность производить непосредственные измерения. Рис. 74 показывает набор принадлежностей, а рис. 75 — примеры пользования подобным набором.

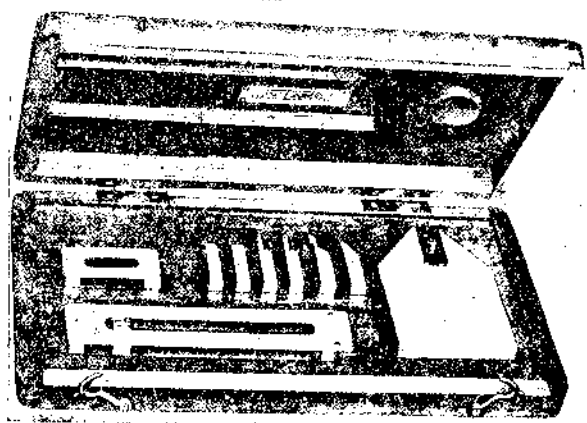


Рис. 74. Набор принадлежностей к измерительным плиткам.

Вообще плитки могут применяться для самых разнообразных целей. Точные измерения в лабораториях, проверка калибров, а также непосредственное пользование при точной установке и проверке изделий на станках — являются главнейшими областями применения плиток Йогансона на заводах. Кроме того эти плитки служат эталонами длины, по которым большинство заводов и в конечном счете проверяет всю свою продукцию<sup>1)</sup>.

## 15. Организация проверки калибров на заводе.

**А. Обзор методов проверки калибров.** Калибры, которыми пользуются рабочие, а также браковщики, контролеры, приемщики и т. д., необходимо время от времени *проверять*. Помимо износа они могут изменить свой размер вследствие различных случайностей при пользовании ими (например удар об изделие, заклинивание и т. д.). Строго говоря *ни один калибр не должен выдаваться из инструментальной, не будучи проверенным*.

Выше мы перечислили целый ряд приборов, служащих для проверки калибров. Давая возможность произвести эту работу со всей тщательностью, описанные методы требуют со стороны поверителя навыка и некоторой квалификации. Измерение пробок может быть произведено с большим удобством на приборах подобных миниметру Хирта, а особенно на горизонтальном оптиметре Цейса. Проверка же скоб сопряжена с большими затруднениями.

При пользовании системой отверстия имеется весьма большое количество разных скоб и проверка их требует постоянного внимания. Ее часто производят, пользуясь плитками Йогансона (или им подобными). Плитки позволяют набирать какие угодно длины согласно таблицам допусков. Рис. 76 показывает проверку переставной пресельной скобы, при помощи двух на-

<sup>1)</sup> См. гл. IX.

боров плиток, составленных так, что они отличаются между собой точно на величину допуска. При проверке пробок приходится пользоваться держателем для плиток (рис. 77).

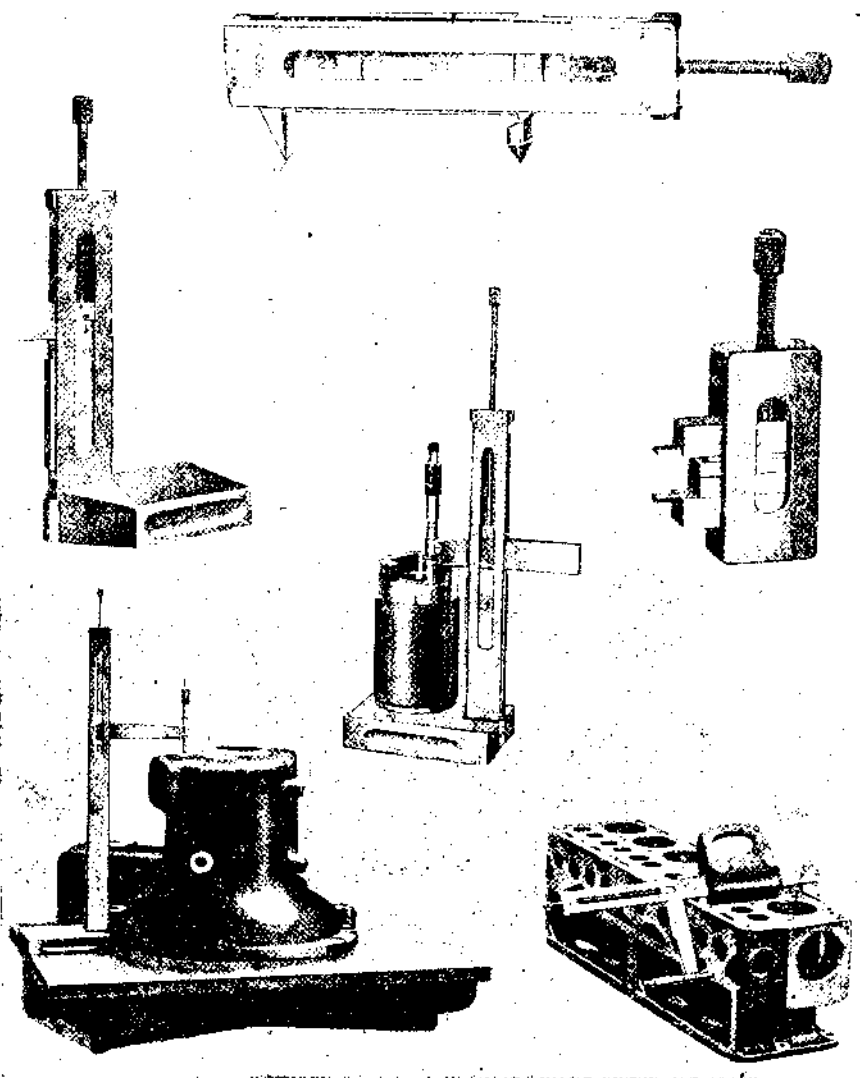


Рис. 75. Различные применения измерительных плиток.

Проверка при помощи плиток носит универсальный характер. Одни и те же плитки, набираемые в разных комбинациях, дают возможность проверять наружные и внутренние калибры для всех посадок и всех классов точности.

**Б. Контрольные калибры для проверки рабочих калибров.** Чаше всего приходится проверять калибры, находящиеся в руках рабочего. Же-

вание упростить эту операцию привело к тому, что стали применять специальные скобы и мерные шайбы, служащие только для проверки одного определенного размера калибра. Эти *контрольные калибры*<sup>1)</sup> представляют собою обычные нормальные скобы для проверки пробок и нормальные шайбы

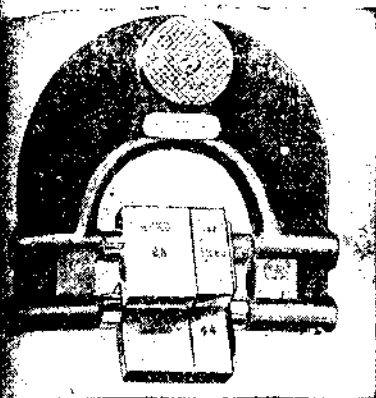


Рис. 76. Проверка скобы при помощи плиток Йогансона.

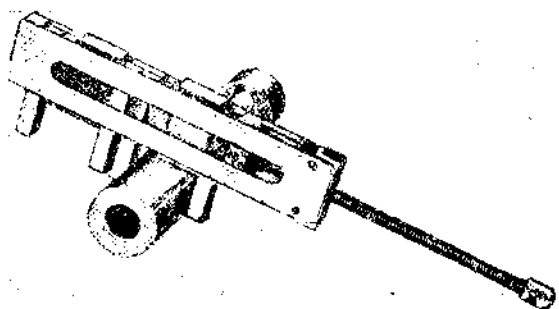


Рис. 77. Проверка пробки при помощи плиток Йогансона.

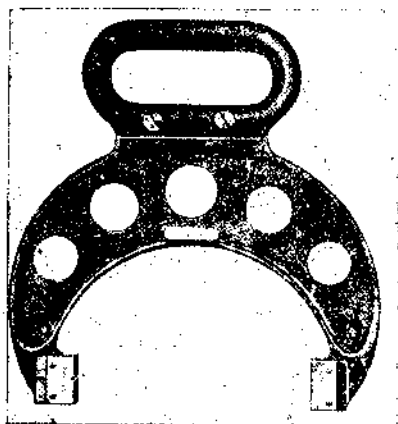


Рис. 78. Контрольная скоба.



Рис. 79. Контрольные шайбы.

для проверки скоб. Для больших диаметров вместо пробок применяют плоские калибры и стержневые штихмассы.

Рис. 78 изображает такую *контрольную скобу*, служащую для проверки пробок. Для каждого размера пробки имеется одна скоба. Ее размер соответствует прismaticой стороне предельной пробки, изношенной до наибольшего допустимого предела<sup>2)</sup>. Приемная сторона пробки считается пригодной до тех пор, пока контрольная скоба не найдет на нее под дейст-

<sup>1)</sup> Терминология нашего Промстандарта.

<sup>2)</sup> Допуски на износ калибров см. главу VI.

вием собственного веса. Для проверки приемной стороны новой пробки, а также браковочной стороны, особых скоб не предусматривается и их контроль рекомендуется производить одним из вышеописанных методов, например оптиметром Цейса. Причина такого пользования контрольными калибрами та, что повреждение пробок происходит редко и обычно заметно на глаз. Износ браковочной стороны происходит очень медленно и кроме того направлен в сторону сужения допуска. Важен лишь контроль приемной стороны на износ, который и обеспечивается контрольной скобой.

Рис. 79 изображает *контрольные шайбы*, служащие для проверки скоб. В отличие от пробок скобы легко подвергаются деформациям, которые часто незаметны на глаз, так как не отражаются на состоянии рабочих поверхностей скобы, а заключаются главным образом в изгибе ее корпуса. Поэтому нужно постоянно контролировать как предельную, так и браковочную скобу. Для каждой скобы имеется три контрольных шайбы:

- 1) для приемной стороны новой скобы;
- 2) для браковочной стороны новой скобы;
- 3) для приемной стороны изношенной скобы.

Износ браковочной стороны специально не контролируется по тем же причинам, как и износ браковочной стороны пробок.

*Новые рабочие скобы, будучи слегка смазаны, должны под действием собственного веса медленно соскальзывать по контрольной шайбе. Приемная рабочая скоба считается годной до тех пор, пока она под действием собственного веса не найдет на шайбу для изношенной стороны<sup>1)</sup>.*

Точность изготовления *контрольных калибров* (скоб и шайб) определяется специальными таблицами<sup>2)</sup>.

Согласно нормам DIN допуски на изготовление даются здесь разные, в зависимости от того, какие калибры будут контролироваться. Для размеров от 3 до 120 мм шайбы и скобы для контроля калибров имеют допуски:

|                          |         |   |
|--------------------------|---------|---|
| Для Eddpassung . . . . . | 1,4 - 4 | μ |
| „ Feinpassung . . . . .  | 2 - 5,5 | „ |
| „ Schlicht и Grobpassung | 3 - 8   | „ |

Распределение допусков на контрольные калибры относительно номинального размера указано в соответственных таблицах. Сравнивая эти допуски с приведенными выше<sup>3)</sup> допусками на плитки, видим, что даже плитки низших классов изготавливаются значительно точнее чем контрольные шайбы и скобы. Однако такая точность контрольных калибров вполне достаточна для целей практики.

Для удобства пользования контрольными шайбами их часто устанавливают в большом количестве на *специальных подставках* (рис. 80).

Проверка рабочих калибров при помощи контрольных безусловно проста и требует меньшей квалификации, чем всякая другая. Однако набор таких калибров обычно получается очень большой и довольно дорогой. Во многих случаях можно держать не полный, а сокращенный набор для наиболее ходовых размеров и посадок. Проверка самих контрольных калибров производится время от времени путем сличения их с плитками Иогансона при помощи одного из методов, описанных выше (например при помощи оптиметра или измерительной машины).

<sup>1)</sup> Допуски на износ см. гл. VI.

<sup>2)</sup> См. таблицы 20 и 21 в конце книги, а также гл. VI.

<sup>3)</sup> См. § 14.

**В. Общие замечания о постановке контроля размеров на заводе.** Вопрос об организации контроля — вопрос большой и мы его в общем виде касаться не будем. Заметим только, что сильный контрольный орган, поставленный в условия, при которых его сотрудники освобождены от давления со стороны лиц, ведающих производством, является совершенно необходимым аппаратом на всяком благоустроенном заводе. В числе прочих заданий на отдел технического контроля возлагается и наблюдение за правильным соблюдением размеров изготавливаемых изделий. На большинстве механических заводов это является главной его функцией. Поэтому у крайне важно обеспечить отдел комплектом инструмента, позволяющего следить за правильностью не только самих изделий, но и инструмента измерительного, режущего и зажимного, приспособлений и станков.

Но не только контрольный отдел должен располагать достаточными средствами для измерения. Не менее (если не более) важным является снабжение хорошим измерительным инструментом производства. Инструментальная мастерская должна иметь все средства для проверки выпускаемых ею изделий, причем она должна иметь возможность производить все измерения сама, независимо от контрольного отдела. Инструктора, настройщики и т. п. работники также должны быть снабжены измерительным инструментом лучшего качества.

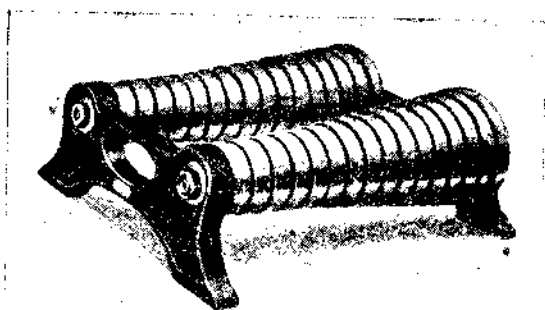


Рис. 80. Подставка для контрольных шайб.

Если организация контроля обычно хромает, то по крайней мере значение ее теперь осознано более или менее всеми. Однако второй вопрос — вопрос о снабжении производства средствами для измерений — возбуждается редко. В большинстве случаев ограничиваются лишь самым необходимым инструментом, который к тому же почти всегда находится в запущенном состоянии и в крайне недостаточном количестве. Между тем *экономия на измерительном инструменте есть худший вид экономии*. Можно с уверенностью сказать, что часто выгоднее не ставить одного нового станка, но приобрести необходимый инструмент, чем работать в существующих условиях.

Организация *измерительной комнаты*, где производится контроль и установка калибров, а также другие поверочные работы, совершенно необходима. Такая комната должна быть при каждой большой цеховой инструментальной кладовой, а малые кладовые следует прикрепить к ближайшему контрольному пункту. Такие комнаты не являются *измерительными лабораториями*, как обычно понимают этот термин.

Набор точных микрометров для наружных и внутренних измерений, 2—3 комплекта плиток с принадлежностями, оптиметр, прибор для проверки резьбы, комплект контрольных шайб и скоб и немногие другие инструменты — это все, что требуется для измерительной комнаты. Она может находиться в ведении производства или контрольного отдела, смотря по то-

му, как удобнее по местным условиям, но общий контроль над ее работой должен осуществляться контрольным органом.

Такая децентрализация является обычно единственным средством поставить дело надлежащим образом. Расходы по организации таких контрольных пунктов столь малы по сравнению со стоимостью станочного оборудования и другими затратами, что не могут служить основанием к отказу от этой необходимой меры. Внедрение точной работы в цеха есть залог успеха работы всего предприятия, а это возможно лишь тогда, когда цех ощущает эту точность<sup>1)</sup>.

Центральная измерительная лаборатория, более богато обставленная и обслуживаемая специальным персоналом, является необходимостью для всех больших заводов. Она естественно находится в ведении отдела технического контроля. Для обслуживания малых заводов необходимо развитие сети государственных проверочных палат. *Соблюдение точной меры на заводах важно не только для самих заводов, но и для потребителей их продукции.*

<sup>1)</sup> Контрольные шайбы и скобы в этом отношении очень полезны, так как наглядно изображают точный размер калибра.

## ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

### СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК.

#### 1. Предельные размеры калибров и изделий.

Мы уже знаем, в чем заключается идея применения предельных калибров и какие выгоды получаются от их введения в производство <sup>1)</sup>. Для того чтобы выполнять работы по этим калибрам, необходимо иметь их целый набор для всех диаметров, встречающихся в практике работы завода.

Каждому размеру и посадке соответствуют два калибра (или один двухсторонний), которые называются один *приемным* или *рабочим*, а другой *браковочным* <sup>2)</sup>.

Размеры, придаваемые таким калибрам, в своей совокупности и составляют *систему предельных калибров*. В этих системах объединены величины зазоров и натягов с одной стороны и допусков с другой и для каждого размера и вида посадки непосредственно даны два значения размеров (*верхний и нижний пределы*).

Обыкновенно не различают размеров калибров и предельных размеров самих изделий, изготовленных по этим калибрам. На самом деле такое допущение не вполне точно. Для того чтобы пробка свободно вошла в отверстие, необходимо, как мы видели, чтобы она была сделана немного меньше калибра этого отверстия — и, обратно, браковочная сторона калибра не войдет в него даже в том случае, если размеры пробки и отверстия в точности равны. Поэтому пределы отверстия сдвинуты, по отношению к пределам калибровой пробки так, что средний размер отверстия немного больше среднего размера калибра. Эта величина превышения диаметра отверстия над диаметром калибра зависит от размера отверстия, материала и формы калибра и изделия, степени отделки поверхностей и ряда других причин.

Что касается вала, то по отношению к нему действительны такие же соображения, как и по отношению к отверстию. Очевидно средний размер вала будет несколько меньше среднего размера проходной и браковочной скоб <sup>3)</sup>.

Мы указали сейчас, что разница размеров необходимая для свободного надевания калибра, зависит от ряда факторов. Поэтому, считая, что цифры таблицы обозначают размеры самих калибров, а не измеряемого предмета,

<sup>1)</sup> См. гл. III § 6.

<sup>2)</sup> По английской терминологии „стороны предельного калибра“ обозначаются словами „go“ и „not go“, что значит „идет“ и „не идет“.

<sup>3)</sup> Относительно значений этой разности см. гл. III § 8в.

мы, строго говоря, вносим некоторую неопределенность во всю систему, так как при измерении различными методами один и тот же размер может оказаться лежащим внутри и вне заданных пределов. Далее вполне возможно работать по предельным размерам, не пользуясь предельными калибрами, а применяя микрометры, индикаторы и т. п. приборы. Больше того, иногда при массовом производстве пользование приборами с подвижной стрелкой, указывающими истинный размер изделия, является более удобным, чем пользование жесткими калибрами, и получает все более и более широкое применение. Указанные два обстоятельства заставляют считать самый термин *система предельных калибров* неправильным, а предпочесть ему другой — прямо указывающий, что размеры относятся не к калибрам, а к изделию.

Согласно ОСТ 1003 *системой допусков называется планомерно построенная совокупность допусков и посадок*.

Во всех трех таблицах ОСТ 1001, 1002, 1003, определяющих основные понятия, относящиеся к допускам и посадкам, о калибрах нигде не упоминается и все размеры относятся к самому изделию. Однако при изготовлении калибров с указанным обстоятельством не считаются и допуски на них даются так, как будто бы табличный размер был размером калибра.

## 2. Различные системы допусков.

В настоящее время имеется весьма много различных систем допусков. Некоторые из применявшихся ранее уже вышли из употребления и с другой стороны разрабатывается ряд новых, которые в будущем должны войти в обиход того или иного государства или отдельного предприятия. Все эти системы различаются между собой как по абсолютным размерам допусков, так и по схеме общего построения. Выше мы привели те немногие теоретические соображения, которые могут быть положены в основание этих систем. Как видно, материалы эти очень скудны и совершенно недостаточны для создания стройной системы допусков. Поэтому громадное значение получает *практическое изучение* пригодности данной системы в мастерских. Только с течением времени выясняются все ее свойства, положительные и отрицательные стороны. Еще недавно завод, желавший ввести у себя работу по предельным калибрам, должен был одновременно решиться на известный риск при выборе той или иной системы, так как ни одна из существовавших не была вполне изучена. Материалы по применению разных систем на заводах не были доступны всем заинтересованным лицам, так как составляли достояние тех фирм, которые применяли эти системы. Исключение составляли системы, разработанные инструментальными фирмами, продававшими калибры. Эти фирмы использовали свой собственный опыт и отчасти опыт тех заводов, которым они поставляли инструмент, и разрабатывали системы, которыми обычно пользовались впоследствии многие другие предприятия. Поэтому наибольшее распространение получили системы Рейнекер, Лёве, Newall, Броун и Шарп, Иогансон и др. инструментальных фирм. Приобретая калибры, заводы обыкновенно вводили у себя и систему завода-поставщика. Нужно заметить, что, вводя ту или иную систему, редко знали все ее свойства — и обычно вскоре после начала работ по ней обнаруживалась необходимость внесения в нее более или менее крупных изменений. Поэтому одна и та же система, например Newall, на разных заводах применялась по-разному. Лишь немногие заводы сами вырабаты-

и свои системы (например Зульцер, Сименс-Шуккерт) и строго их придерживались.

Вообще системы допусков являются накопленным опытом многих и принятие той или иной из них является делом очень ответственным и серьезным.

Стремление к широкому проведению стандартизации, возникшее впервые в Германии вскоре после Версальского мира и затем охватившее все другие страны, побудило проводить те же идеи и в вопросе о системах допусков. Несудобства существования многих различных систем в одной стране, затруднявшие кооперирование заводов и замедлявшие накопление опыта, были осознаны еще во время войны и почва для введения государственных стандартных систем допусков была вполне подготовлена.

Первой появилась германская система DIN (Deutsche Industrie Normen), которая была принята без изменений также в Австрии и Бельгии, затем появились системы швейцарская, шведская, английская, САСШ, чехословацкая, нидерландская, французская. В других странах также разрабатываются свои системы.

В СССР в 1929 году Комитетом по стандартизации выпущен общесоюзный стандарт (ОСТ) на допуски и посадки, который и является обязательным для применения на всех заводах Союза.

Хотя мы теперь имеем свой собственный стандарт допусков, но все же изучение других систем является весьма интересным, так как оно поможет нам лучше разобраться в особенностях стандарта ОСТ и кроме того облегчит обсуждение всех вопросов, связанных с переходом от других систем к ОСТ, каковой переход в ближайшее время предстоит произвести многим нашим заводам.

Для удобства изложения мы сначала рассмотрим отдельные вопросы, возникающие при построении систем допусков, а потом перейдем к описанию главнейших из них.

### 3. Система отверстия и система вала.

Предположим, что нам требуется насадить шестерню с отверстием 75 мм на вал того же номинального диаметра, причем вал сам вращается в подшипниках. Рассмотрим два случая:

а) Вал сделан гладким с допуском  $-0,02$  мм. Таким образом вал может иметь все размеры от 74,98 до 75,00 мм. Шестерню мы развернем до диаметра, лежащего в пределах 74,96 и 74,99 мм, давая ей допуски от  $-0,04$  до  $-0,01$  мм. Подшипники мы расточим до диаметров 75,06—75,11 мм, т. е. с допуском от  $+0,06$  до  $+0,11$  мм.

б) Делаем все отверстия одинаковыми с допуском  $+0,03$  мм. Шестерня и подшипники имеют размеры отверстий от 75,00 до 75,03 мм, а вал получает ступенчатую форму, причем он оказывается полнее в месте посадки шестерни, имея здесь диаметр от 75,02 до 75,04 мм, т. е. допуск  $+0,02$  до  $+0,04$  мм, а на шейках подшипников размер лишь от 74,90 до 74,94 мм, т. е. допуск от  $-0,06$  до  $-0,10$  мм.

Сравним результаты, полученные в обоих случаях.

а) При системе вала натяг при посадке шестерни колеблется в пределах 74,98—74,99  $= -0,01$  мм <sup>1)</sup> до 75,00—74,96  $= +0,04$  мм. Зазор

<sup>1)</sup> Здесь мы имеем зазор 0,01 мм. Его мы рассматриваем как отрицательный натяг. О характере посадки в таком случае см. ниже.

вала в подшипнике лежит в границах  $75,06 - 75,00 = +0,06$  мм и  $75,11 - 74,98 = +0,13$  мм.

б) При системе отверстий имеем натяг шестерни: наибольший  $= 75,04 - 75,00 = +0,04$  мм, наименьший  $= 75,02 - 75,03 = -0,01$  мм. Зазор в подшипнике: наибольший  $= 75,03 - 74,90 = +0,13$  мм, наименьший  $= 75,00 - 74,94 = +0,06$  мм.

Сравнивая получаемые натяги и зазоры, видим, что они в обоих случаях (а и б) колеблются в одинаковых пределах. Посадки очевидно определяются только этими натягами и зазорами, а не абсолютными размерами соединяемых деталей, следовательно с точки зрения работы соединения обе системы вала и отверстия совершенно равноценны.

Но с точки зрения конструктора обе системы имеют особенности, оказывающие столь большое влияние на все построение машины, что выбор той или иной представляет для завода вопрос первостепенной важности. Рассмотрим свойства этих систем, но сначала дадим им точное определение.

Согласно ОСТ 1003 „система отверстий характеризуется тем, что в ней для всех посадок одной и той же степени точности (одного класса)<sup>1)</sup>, отнесенных к одному и тому же номинальному диаметру, предельные размеры отверстия остаются постоянными. Осуществление различных посадок достигается за счет соответствующего изменения предельных размеров вала“.

„Система вала характеризуется тем, что в ней для всех посадок одной и той же степени точности (одного класса), отнесенных к одному и тому же номинальному диаметру, предельные размеры вала остаются постоянными. Осуществление различных посадок достигается за счет соответствующего изменения предельных размеров отверстий“.

Из двух систем безусловно большее распространение имеет система отверстий. Системой вала пользуются главным образом в некоторых специальных производствах<sup>2)</sup>. Основной причиной такого предпочтения, оказываемого системе отверстий, надо считать меньшую стоимость ее введения и поддержания. Это станет понятно если вспомнить, что точные отверстия малых и средних диаметров<sup>3)</sup> почти всегда отделываются разверткой. Для каждого размера требуется особая развертка, так как перестановка даже раздвижных разверток всегда сопряжена с известными трудностями. Для разных материалов развертки, вообще говоря, требуются разные. Таким образом и при системе отверстий приходится иметь на заводе весьма значительное количество различных разверток, превосходящее число применяемых диаметров, при системе же вала количество их увеличивается во сколько раз, сколько различных посадок может встретиться в производстве, т. е. иногда в 10 и более раз. Валы обрабатываются обточкой или шлифовкой, и инструмент для них остается одним и тем же для всех посадок.

Число калибров вообще говоря одинаково в обеих системах. В одном случае имеется большее количество пробок, в другом скоб. Очень часто

<sup>1)</sup> О классах посадок см. ниже.

<sup>2)</sup> Производство трансмиссий, сельскохозяйственных машин и другие сравнительно грубые отрасли машиностроения. Иногда однако система вала применяется и в точном машиностроении.

<sup>3)</sup> Для больших диаметров работа по предельным калибрам вообще говоря применяется значительно реже.

применяются регулирующие скобы (тип Иогансона)<sup>1)</sup>, которые удобно устанавливаются на разные размеры. Для внутренних измерений аналогичный инструмент оказался значительно менее удобным и распространения не получил. Это обстоятельство позволяет не иметь специальных скоб для редко встречающихся размеров и посадок, устанавливая в случае надобности запасные. Больше того: наружные диаметры очень удобно измеряются микрометрами, чего нельзя сказать относительно внутренних<sup>2)</sup>. При отсутствии какой-либо скобы можно выйти из положения, прибегая к работе по микрометру. В результате при работе по системе отверстия в случае

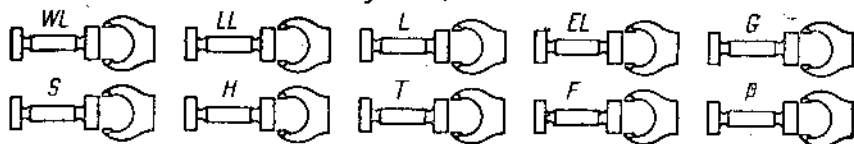
#### Система вала

*Калифры и контрольные калифры:*

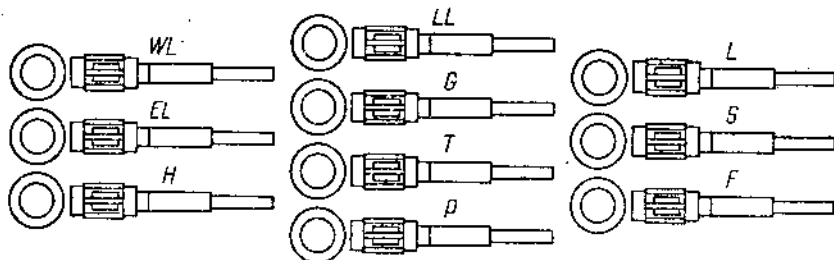
для  
вала



для отверстий



*Развертки с установочными калибрами*



*Зубчатые колеса*

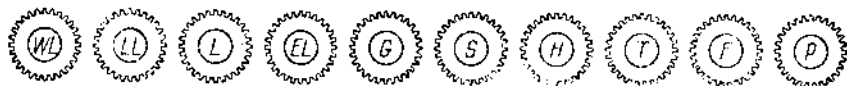


Рис. 81. Набор инструмента для работы по системе вала.

необходимости можно значительно уменьшить наличие скоб, имея их лишь для часто применяемых диаметров и посадок.

Оправки, применяемые для обточки и шлифовки на них изделий, согласуются с диаметром отверстия и при системе вала должны иметься в значительно большем количестве, чем при системе отверстия. В результате общее количество инструментов при системе отверстия оказывается значительно меньшим, чем при системе вала. В некоторых случаях прибавляются еще добавочные обстоятельства, удешевляющие введение системы отверстия по сравнению с системой вала.

<sup>1)</sup> См. гл. III § 7.

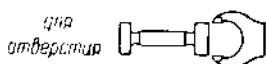
<sup>2)</sup> Микрометры для измерения небольших отверстий появились очень недавно и по сей час мало употребительны.

На рис. 81 показан набор инструментов, соответствующих одному лишь диаметру (например 40 мм) при работе по системе вала при 10 посадках DIN.

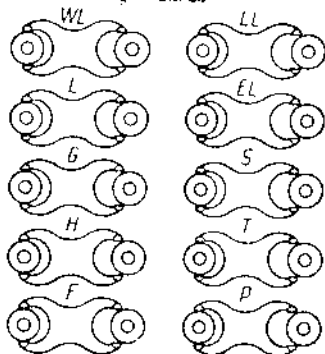
Кольца, показанные около разверток, служат для их установки, а скобы около предельных пробок—для их проверки. Предельные скобы проверяются мерными шайбами, две из которых показаны на месте, вложенными в скобы.

#### Система отверстия

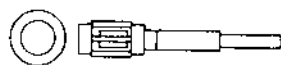
*Калибры и контрольные калибры*



*для валов*



*Развертка с установочным калибром*



*Зубчатое колесо*



Рис. 82. Набор инструмента для работы по системе отверстия.

Рис. 82 дает представление о том же наборе для работы по системе отверстия. Здесь требуется только значительно больше мерных контрольных шайб, инструмента простого и мало изнашивающегося<sup>1)</sup>. В остальном сравнение обоих рисунков сразу показывает относительную простоту системы отверстия.

На рисунках опущены оправки, но показаны шестерни, изготавливаемые на склад, которые должны в зависимости от назначения (в коробках скоростей) иметь разную посадку. Таких деталей может оказаться много и шестерни являются лишь их символическим изображением.

Приводим то же сравнение в форме таблицы (табл. 2).

Кроме стоимости первоначального оборудования играют роль также расходы на поддержание инструментального хозяйства в порядке. Здесь разница между обеими системами значительно меньше; пробки в противоположность скобам не могут переставляться в случае износа, но зато таковой наступает значительно позднее, что же касается разверток, то очевидно здесь расходы на ремонт зависят не от их числа, а от общего количества развернутых отверстий, т. е. в обеих системах будут в общем одинаковы.

Защитники системы вала даже указывают на возможность большого сбережения на развертках при этой системе, так как после затупления развертка может быть перешлифована на меньший размер, соответствующий более тесной посадке. Не отрицая возможности производить в отдельных случаях такую перешлифовку, заметим, что выгоды от этого нельзя переоценивать, так как обычно при шлифовке развертки приходится снимать материала больше, чем это допускает разница между посадками. Главное же то, что трудно предположить в производстве равномерный расход разверток для всех посадок, благодаря чему в случае систематического применения переточки скопятся излишние запасы одних размеров при необходимости приобретения других.

Широкое применение системы отверстия не позволяет однако совершенно

<sup>1)</sup> Кроме того контрольные шайбы нужно иметь лишь для самых ходовых размеров, проверяя остальные скобы по плиткам Иогансона.

Таблица 2.

Количество инструментов и складских деталей для одного номинального диаметра при системах отверстия и вала.

| Назначение               | Наименование деталей         | Система   |      |
|--------------------------|------------------------------|-----------|------|
|                          |                              | отверстия | вала |
| Измерительный инструмент | Предельная пробка            | 1         | 10   |
|                          | Скобы для их проверки        | 1         | 10   |
|                          | Скобы для контроля изделий   | 10        | 1    |
|                          | Мерные шайбы для их проверки | 30        | 3    |
|                          | Развертки                    | 1         | 10   |
| Резущий инструмент       | Кольца для их установки      | 1         | 10   |
| Зажимной инструмент      | Оправки                      | 1         | 10   |
| Пример складских деталей | Шестерня                     | 1         | 10   |

отказаться от системы вала. Типичным примером является обыкновенная трансмиссия. Вал здесь делается гладким, а насаживаемые детали имеют разные размеры отверстия в соответствии с требуемой посадкой.

Обратная практика невозможна, так как неизвестно заранее точное положение шкивов, муфт, подшипников и других деталей на валу. Необходимость придерживать системы вала становится еще очевиднее при применении валов из тянутого материала как в грубом машиностроении, так и в ряде отраслей точной механики.

В общем машиностроении также имеются случаи, когда применение системы вала предпочтительнее. Наиболее частый случай — это обыкновенный шарнир (рис. 83а). Здесь мы имеем неподвижную посадку в вилке и подвижную в самом шарнире. Если сделать валик по всей длине одного номинального диаметра (рис. 83а), то, очевидно, работая по системе отверстия, мы получим середину валика на несколько сотых миллиметра тоньше, чем концы, а отверстия в вилке и шарнире одинаковыми. Сборка и разборка такого соединения будет очень затруднена, так как валик с большим усилием придется проталкивать не только через отверстия в вилке, но и через подшипник тяги, с риском повредить трущуюся поверхность. Исполняя соединения по системе вала, мы получаем отверстия в подшипнике больше, чем отверстие в вилке, и сборка протекает без особого труда. Вал имеет в этом случае совершенно гладкую форму и удобно обрабатывается шлифовкой (иногда даже на бесцентровом станке). При желании выполнить тот же шарнир по системе отверстия нам придется для удобства сборки сделать его ступенчатым, как показано на рис. 83б. По крайней мере один конец должен быть сделан меньшего номинального диаметра. Выполнение в этом случае несколько сложнее, так как шлифовать вал приходится с уступами. Сравним однако удобство сборки обоих соединений. В случае а приходится вал проталкивать не только сквозь подшипник тяги, но и сквозь обе стороны вилки. Последнее неудобство не устраняется и при системе вала. Выполняя соединение с уступами по б, мы достигаем вполне удобной сборки, которая становится еще легче, если все три участка

имеют разные номинальные диаметры. Таким образом некоторое удорожание конструкции несомненно ведет к повышению качества изделия. На том же рис. 83 ниже показаны 4 выполнения пальца автомобильного поршня.

Позиция *в* — дает выполнение при системе отверстия с двумя номинальными диаметрами.

Позиция *г* — выполнение по системе вала.

Позиция *д* — то же по системе отверстия с тремя номинальными диаметрами, для удобства сборки.

Позиция *е* — то же по системе вала с двумя номинальными диаметрами.

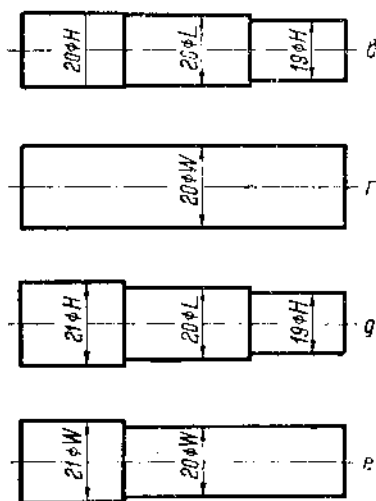
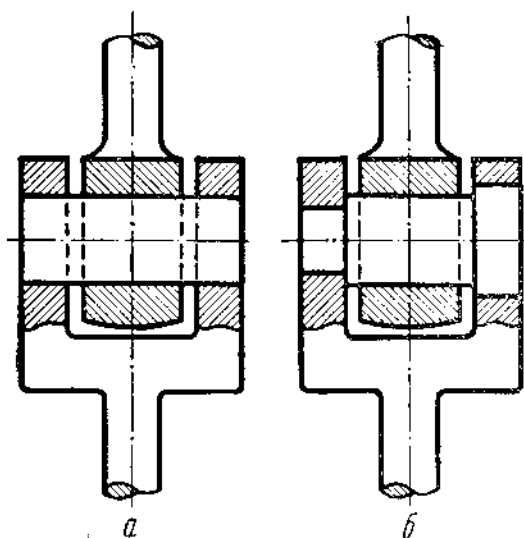


Рис. 83. Различные конструкции шарниров.

Соединение по рис. 83е безукоризненно с точки зрения сборки и имеет на один уступ меньше, чем соединение позиции *д*. Таким образом при выполнении шарниров как в более дешевых конструкциях (позиция *в, г*), так и более дорогих (позиция *д, е*), система вала экономичнее, чем система отверстия.

В некоторых случаях система вала позволяет применить гладкие валики без всякого ущерба для удобства сборки. Рис. 84 показывает шестерню, вращающуюся на цапфе, сидящей туго в прилегающей стенке. При системе отверстия цапфа имеет уступ, внешняя часть шлифуется на меньший диаметр, чем внутренняя.

Заметим однако, что устранение одного уступа в конструкциях подобных 83е часто покупается ценой затруднений при ремонте. В пальцах автомобильного поршня это не имеет значения, так как палец проще замесить новым, чем его ремонтировать, но например при порче поверхности пальца поршня двигателя Дизеля ремонт может производиться путем перешлифовки пальца на меньший диаметр и с соответственной заменой втулки в подшип-

нике шатуна. При выполнении по рис. 83е, сборка после такого ремонта станет невозможной, так как палец не пройдет сквозь подшипник шатуна.



На том же рисунке справа показан расход времени на различные операции. Оказалось, что, учитывая усложненную конструкцию закреплений шариковых подшипников и другие обстоятельства, последняя система не дала никаких экономических преимуществ и в этом отношении все три конструкции оказались почти равноценными. Система с гладким валом теперь не применяется в электромашиностроении, что можно объяснить большим весом и некоторой неконструктивностью построения мотора.

Большинство новых систем допусков предусматривают параллельное существование обеих систем отверстия и вала. Это несколько усложняет системы и уменьшает выгоды от стандартизации допусков, но зато не стесняет конструкторов, позволяя им всегда выбирать ту систему, которая оказывается в каждом частном случае наиболее выгодной.

При массовом производстве обстоятельства складываются совершенно иначе чем при индивидуальном или серийном. Инструмент здесь приобретается по определенному списку согласно размерам, имеющимся на чертежах выполняемых деталей, т. е. обычно по очень ограниченной номенклатуре. Следовательно стоимость первоначального обзаведения здесь не играет никакой роли, и гораздо важнее будет экономия, достигаемая в производстве. Здесь вполне правильным нужно считать параллельное пользование обеими системами, если это может упростить конструкцию или дать какие-либо другие преимущества.

Упомянем еще о некоторых системах, авторы которых стремились, приняв за основу систему отверстия, внести в нее коррективы, позволяющие, когда это требуется, работать и по системе вала. Д-р Кюн<sup>1)</sup> предлагал например такую схему. За *нормальную единую систему* принимается система отверстия. В тех случаях, когда применение гладкого вала имеет преимущества, за таковой принимается вал для свободного движения, т. е. наименьший вал в системе отверстия. Нормальное отверстие дает в соединении с таким валом свободную посадку. При необходимости получить несколько видов неподвижных посадок предусматриваются дополнительные отверстия меньше нормального. Д-р Кюн предлагает ограничиться тремя такими отверстиями, дающими три степени неподвижных посадок.

#### 4. Системы односторонняя и двусторонняя.

Рассмотрим следующие два случая:

|                                                   |                  |
|---------------------------------------------------|------------------|
| а) Размеры отверстия сделаны в пределах . . . . . | 130,00—130,04 мм |
| вала . . . . .                                    | 129,92—129,96 "  |
| б) Размеры отверстия . . . . .                    | 129,98—130,02 "  |
| вала . . . . .                                    | 129,90—129,94 "  |

Легко видеть, что все размеры во втором случае уменьшены на 0,02 мм, а следовательно размеры зазоров останутся прежними. Разница только в расположении допусков относительно номинального размера.

Размер отверстия может быть изображен так: в первом случае  $130 \pm 0,04$ , а во втором  $130 \pm 0,02$ .

Размер вала изображается соответственно  $130 \begin{matrix} -0,04 \\ -0,08 \end{matrix}$  и  $130 \begin{matrix} -0,06 \\ -0,10 \end{matrix}$ .

<sup>1)</sup> Д-р Кюн. О предельных допусках в машиностроении. Перевод проф. А. Д. Гатцука, Берлин, 1923.

В первом случае в системе отверстия допуск отверстия расположен выше номинального размера и отверстие всегда получается немного больше номинального диаметра, во втором же случае допуск располагается симметрично по обе стороны номинального размера, почему *двусторонняя система* часто называется также *симметричной*. Первая, *односторонняя система*, иногда называется *несимметричной*, но этот термин следует считать неправильным, так как существуют системы, у которых допуски расположены по обе стороны нулевой линии, но несимметрично. Например по системе Newall (класс A) для диаметра 130 мм размер отверстия изобразится так:

$$\begin{array}{c} +0,037 \\ 130 \\ -0,013 \end{array}$$

При работе по системе вала также возможно существование обеих систем. При односторонней системе вал делают меньше номинального размера, давая ему допуск от 0 и минус.

Допуски валов в системе отверстия и отверстий в системе вала, разумеется, получаются такими, какими они должны быть для обеспечения надлежащей посадки, так что, как правило, ни наибольший, ни наименьший предельные размеры не совпадают с номинальными, что имеет место в виде исключения лишь для некоторых посадок.

Мы видели, что выбор системы вала или отверстия имеет серьезное влияние на конструкцию машины и на постановку инструментального хозяйства на заводе. Что касается выбора между односторонней и двусторонней системами, то здесь приходится довольствоваться значительно менее вескими соображениями. Он зависит прежде всего от тех общих взглядов на допуски и посадки, которыми руководствуются лица, вырабатывающие систему допусков для данного завода, объединения или государства. Постараемся формулировать основные идеи, положенные в основание обеих систем.

**А. Система двусторонняя.** В главе I мы видели, что для правильной совместной работы двух парных деталей требуется, чтобы между ними существовал некоторый зазор или натяг. Нужно допустить, что всегда имеется некоторое наивыгоднейшее значение этого зазора или натяга. Делая размер одной из деталей равным в точности номинальному, мы должны очевидно стремиться дать другой детали совершенно определенный меньший или больший размер, смотря по характеру соединения. В системе отверстия естественно номинальный размер сообщить отверстию, а в системе вала — валу. Всякие отступления от заданных размеров должны рассматриваться как неизбежное зло. Также естественно стремление к тому, чтобы эти отклонения были наименьшими, что и достигается, если допуск на изготовление расположить поровну по обе стороны от выбранных наивыгоднейших размеров<sup>1)</sup>. В частности при системе отверстия его размер будет обозначаться так:  $130 \pm 0,02$  мм, где общий допуск 0,04 мм расположен поровну по обе стороны от нулевой линии.

**Б. Система односторонняя.** Рассмотрим сначала подвижные посадки, для которых аргументация защитников этой системы имеет наибольшие основания. Очевидно: чем меньше зазоры во всех подшипниках новой машины, тем она точнее, тем меньше удары при перемене направления движения и тем выше вообще качество сборки. Разумеется, что подшипники не должны

<sup>1)</sup> Здесь защитниками двусторонней системы допускается, что всегда возможно отклонение от наивыгоднейшего размера в обе стороны, т. е. что этот размер есть средний, а не крайний из всех допустимых.

при этом греться. Таким образом, *наивыгоднейшим зазором в подшипниках является наименьший — безопасный для работы машины.* Этот наименьший зазор и должен считаться основным. Придавая при системе отверстия последнему номинальный размер, мы должны валу сообщить размер меньший на величину наименьшего допустимого зазора. Если зазор почему либо будет сделан еще меньше, то машина не сможет надежно работать, поэтому такие возможности — по крайней мере теоретически — исключаются. Следовательно допуски могут быть даны лишь в сторону расширения зазора, т. е. для отверстия обязательно в плюс, а для вала в минус. В обоих случаях допуски направлены *в сторону снятия стружки*, что составляет отличительную особенность односторонних систем. Переходя от подвижных посадок к неподвижным, мы и здесь должны выдержать ту же систему расположения допусков: *для основного элемента системы они направлены в сторону материала изделия.* Переходя к сравнению обеих систем, мы произведем это для удобства по пунктам.

а) *Расположение допусков.* Как мы видели, принципиальным отличием обеих систем является расположение *наивыгоднейшего размера.* В двусторонней системе это средний размер, а в односторонней один из крайних. Какой же взгляд следует считать более правильным? Для подвижных посадок приходится безусловно склониться в сторону аргументации защитников односторонней системы. Действительно *всякое увеличение зазора по сравнению с безусловно необходимым является злом, так как приравнивает новую машину к изношенной.* Износ ведь и заключается прежде всего в увеличении зазоров, вызываемых расширением отверстий и уменьшением диаметров шеек валов. Совершенно естественно допуск, т. е. неизбежное отклонение в размерах вследствие неточности изготовления, приравнивать к износу, наступившему еще до начала работы машины, но все же сокращающему срок ее службы<sup>1)</sup>. Следовательно наивыгоднейшими придется считать размеры, дающие наименьший зазор, что и принимается при односторонней системе.

Однако здесь же необходимо оговориться, что со всей строгостью это рассуждение не применяется даже при подвижных посадках. Дело в том, что совпадение крайних размеров, т. е. наименьшего отверстия с наибольшим валом, в серии собираемых деталей является большой редкостью. Поэтому зазор будет получаться всегда несколько больше наименьшего, теоретически вытекающего из таблицы допусков<sup>2)</sup>. Чтобы не сообщать машине *износа при изготовлении* и вместе с тем не сужать без надобности допусков, будет крайне невыгодно считаться с возможностью такого редкого совпадения предельных размеров. Поэтому, выбирая посадку из таблицы, и желая получить изделие лучшего качества, часто предпочитают взять такую с меньшими зазорами, мирясь в исключительных случаях с необходимостью некоторого разшабривания греющихся при испытании подшипников. В таком случае *наивыгоднейшим* является не наименьшее, а некоторое близкое к наименьшему *промежуточное* значение зазора (но не среднее его значение, как принимается при двусторонней системе).

Переходя к неподвижным посадкам, мы должны сказать, что понятие *о наивыгоднейшем натяге* здесь еще более спорно, чем понятие *о наивы-*

<sup>1)</sup> Следовательно работа по чрезмерно расширенным допускам, выгодная заводу-поставщику, далеко не всегда безразлична для потребителя.

<sup>2)</sup> Например *скользящая посадка* при наименьшем зазоре по таблице ОСТ равно нулю не допускает скольжения, а дает плотную посадку.

годнейшем зазоре. По аналогии с подвижными посадками нужно было бы признать при однородной системе *наивыгоднейшим* самый большой натяг, давая допуск в сторону его уменьшения. Очевидно это положение неверно. Скорее обратно: наивыгоднейшим в большинстве случаев нужно считать наименьший натяг, обеспечивающий еще достаточную надежность соединения, так как в этом случае сборка и разборка упрощаются. Если встать на такую точку зрения, то при односторонней системе пришлось бы например в системе отверстия иметь разные нормальные отверстия для подвижных и неподвижных посадок, давая в последнем случае отверстием допуск в минус, а валом допуски в плюс, т. е. в сторону увеличения плотности посадки. Однако это нарушило бы стройность всей системы и удобство ее применения, не давая ничего взамен, кроме достижения некоторого чисто теоретического единства идеи. Поэтому от введения двух нормальных отверстий (и двух нормальных валов для системы вала) — отказываются, но в таком случае для неподвижных посадок принципиальное различие между односторонней и двусторонней системами отпадает, и приходится признать их в этом отношении равноценными.

б) *Возможное приближение к номинальному размеру.* Защитники двусторонней системы придают обыкновенно большое значение тому, чтобы размер, принятый в системе за основной, возможно близко совпадал с номинальным. Так например в системе отверстия оно должно приближаться к номинальному значению диаметра. Поэтому, считая, что отклонения в обе стороны одинаково вероятны, распределяют допуск в отверстиях симметрично относительно номинального размера (нулевой линии).

Нужно сказать, что требование совпадения размера нормального отверстия с номинальным в сущности говори ни на чем не основано. Кроме того, как мы сейчас увидим, симметричное расположение допусков в большинстве случаев отнюдь не обеспечивает наибольшего приближения к номинальному размеру.

Поставим себе вопрос: какой средний вероятный размер получают детали в серии, обработанной по данному предельному калибру? Приводим некоторые опытные данные относительно размеров, полученных при обработке валов шлифовкой по предельным калибрам. Проф. Шлезингер сообщает интересные данные обмера 20 валов электромоторов на заводе Сименс-Шуккерт в Берлине<sup>1)</sup>, которые изображены графически на рис. 86. Из рисунка видно, что шлифовщик не использует даваемого ему допуска, а держится ближе к приемной стороне калибра. Это вполне понятно, так как при обычном методе работы шлифовщик постепенно подходит к заданному размеру и делает это с большой осторожностью, боясь испортить вещь. Промеряя изделие скобой, он останавливает шлифовку, как только скоба находит на вал, так как дальнейшая работа становится излишней. Очевидно те же результаты получим при обточке валов на токарных станках, а равно и при расточке отверстий резцом или расшлифовке их кругом. Подобные наблюдения производились много раз и при тщательной работе опытного мастерового давали аналогичные результаты. Но при менее квалифицированных рабочих допуск естественно будет использован в большей мере, и средний размер изделия дальше отойдет от размера приемной стороны калибра.

<sup>1)</sup> См. Вестник стандартизации № 3, май — июнь 1929 г., статья проф. Шлезингера „Система пригонки DIN в свете статистических данных“.

При обработке отверстий разверткой, эти соображения не имеют места, и отверстия будут получаться различных диаметров по мере износа развертки. (Однако в среднем и здесь имеется тенденция к приближению раз-

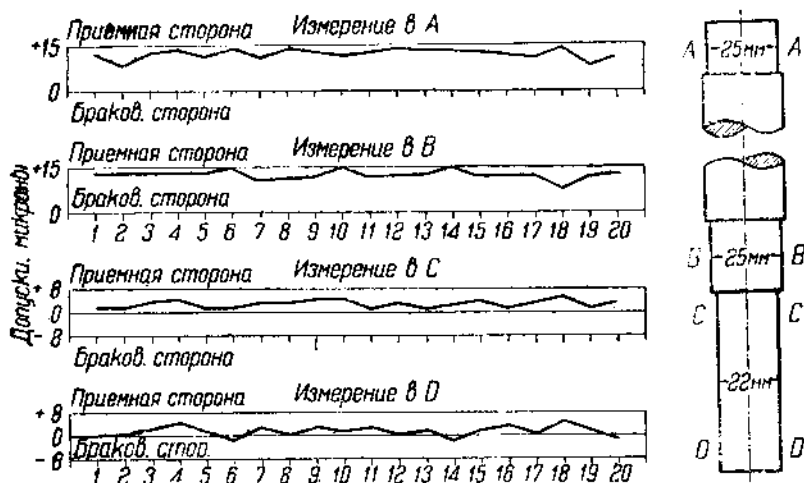


Рис. 86. Результаты обмера 20 валов электромоторов.

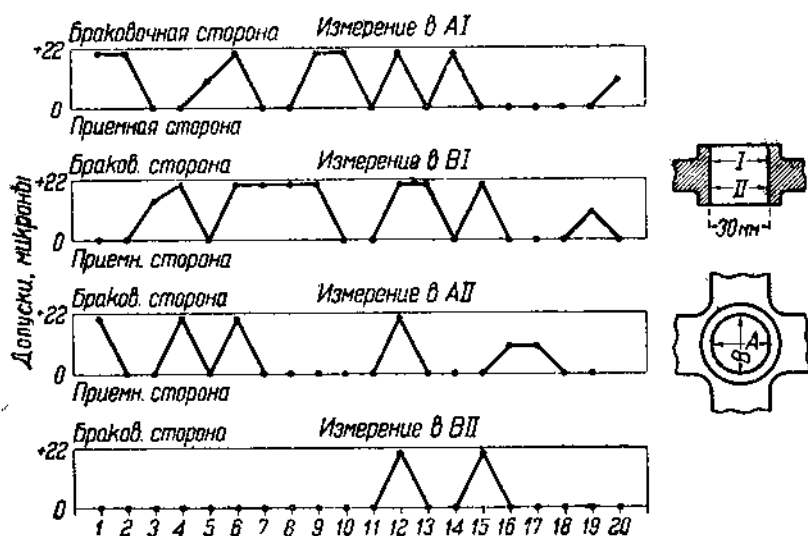


Рис. 87. Обмер серии латунных втулок.

меров к приемной стороне.) Рис. 87 показывает результаты обмера латунных втулок диаметром 30 мм на заводе Сименс-Шуккерт. Легко видеть, что допуск здесь используется почти полностью.

Резюмируя все сказанное, надо притти к выводу, что нельзя дать общего правила относительно того, какой средний вероятный размер будут иметь детали при обработке их по калибру с данным допуском. Все же приходится признать, что защитники односторонней системы имеют

больше оснований считать, что этот средний размер окажется ближе к приемному, чем сторонники противоположной системы, полагающие, что допуск будет в среднем использован равномерно в обе стороны от среднего размера.

Если задаться во что бы то ни стало целью приблизить средний получаемый размер к номинальному, то вероятно лучше всего можно этого достигнуть при *двусторонней несимметричной системе* типа Newall.

в) *Системы с несколькими классами точности.* Из сказанного следует, что при работе по разным классам точности можно ожидать, что везде, где размер зависит от рабочего, а не от инструмента, он будет получаться ближе к приемной стороне. Следовательно в тех случаях, когда приемные калибры совпадают, изделия, изготовленные по разным классам, будут близки по размерам. Равенство размеров приемных калибров в разных классах точности ближе достигается при односторонней системе и не достигается при двусторонней, следовательно приходится признать, что взаимозаменяемость деталей, изготовленных по разным классам точности, лучше обеспечивается при первой системе<sup>1)</sup>.

При обработке отверстий встречаются большие трудности, чем при обработке валов. Поэтому довольно часто валы исполняют по высшему (например 2-у), а отверстия по низшему (например 3-у) классу точности. При односторонней системе такая практика ведет лишь к некоторому риску получить ослабленные соединения, что по крайней мере в подвижных посадках, обычно не имеет большого значения. При работе по двусторонней системе (отверстия) замена отверстия 2-го класса отверстием 3-го не всегда ведет к увеличению зазора, но может привести и к его уменьшению, а следовательно к превращению подвижной посадки в неподвижную. Таким образом комбинировать калибры разных классов при односторонней системе удобнее чем при двусторонней.

г) *Наглядность системы.* При сравнении двух систем допусков лучшей должна быть признана более наглядная. *Безусловно в этом отношении все преимущества на стороне односторонней системы.* Здесь в парных деталях из четырех предельных размеров один всегда равен нулю, что значительно упрощает подсчеты наименьших и наибольших зазоров и натягов. Приводим примеры таких подсчетов для случая посадки, разобранный в начале § 4.

*При односторонней системе:*

$$\begin{array}{l} \text{Наибольший зазор} \dots\dots\dots 0,00 + 0,08 = 0,12 \text{ мм мм} \\ \text{Наименьший} \quad \quad \quad \dots\dots\dots 0,04 + 0,04 = 0,04 \text{ мм мм} \end{array}$$

Наименьший зазор очевиден — он равен меньшему по абсолютному значению отклонению вала от номинального размера.

*При двусторонней системе:*

$$\begin{array}{l} \text{Наибольший зазор} \dots\dots\dots 0,02 + 0,10 = 0,12 \\ \text{Наименьший} \quad \quad \quad \dots\dots\dots -0,02 + 0,06 = 0,04 \end{array}$$

Здесь приходится уже вычитать допуски один из другого.

<sup>1)</sup> В системе DIN это равенство выдержано строго, в других системах от него имеются отступления.

Самое сознание того, что *отверстие (в системе отверстий) всегда, больше номинального, вал при неподвижной посадке также больше<sup>1)</sup>, а при подвижной меньше этого размера*, создает ясность в представлениях о расположении пределов относительно номинального размера.

д) *Относительная простота введения системы предельных калибров*. При введении на заводе системы предельных калибров могут встретиться три случая:

1. *Завод уже работает по другой системе предельных калибров и должен перейти на новую*. В этом случае переход всегда является болезненным для производства, так как сопровождается сменой значительной части режущего и измерительного инструмента, переделкой чертежей, трудностью использования многих складских деталей и т. д. Кроме того поставка запасных частей к действующим машинам должна еще долгое время производиться по старой системе, что вносит еще большее осложнение в производство. Громадное большинство прежних систем были двусторонними, и трудность перехода на одностороннюю систему часто служила главным аргументом в пользу первых.

2. *Завод не работает по предельным калибрам, но пользуется нормальными*. В этом случае легче осуществляется переход на работу по односторонней системе. Если работа по нормальным калибрам велась точно, то изделия, изготовленные по старому и новому методам, окажутся взаимозаменяемыми. В общем дело сводится в этом случае к добавлению браковочного калибра для отверстия (в системе отверстий) и к постепенному переходу от работы по микрометрам к работе по скобам по отношению к валам.

3. *Завод не имел ни нормальных, ни предельных калибров*. В этом случае в общем трудности введения обеих систем одинаковы. Однако при наличии сомнений, по какому классу точности следует работать, преимущества опять-таки окажутся на стороне системы односторонней.

Резюмируя все сказанное, мы приходим к выводу, что *ни одна из систем не представляет особенно заметных преимуществ при пользовании ею в самих мастерских*. Рабочему безразлично, как построена система, и он руководствуется лишь имеющимися у него предельным калибром. Если бы заменить все калибры одной системы калибрами другой, при условии, что зазоры, натяги и допуски остались бы прежними, то мастерская даже не заметила бы никакой разницы, так как дело в конце концов свелось бы к тому, что все размеры стали бы больше на несколько сотых мм, изменившись не сильнее, чем от значительной перемены температуры в мастерской.

*Но с точки зрения общей стройности и удобства организации калибрового хозяйства односторонняя система имеет несомненные преимущества перед двусторонней — особенно в тех случаях, когда на заводе одновременно пользуются несколькими классами точности.*

В силу этого большинство комиссий, вырабатывавших в разных странах общегосударственные системы допусков, склонились к системам односторонним и в настоящее время, по крайней мере в Европе, односторонняя система решительно преобладает.

Наиболее веским доводом против ее всеобщего признания была, как

---

<sup>1)</sup> Исключение составляет обычно самая легкая неподвижная посадка, при которой допуски вала располагают по обе стороны относительно нуля.

мы упоминали, трудность перехода на нее тех заводов, которые ранее продолжительное время работали по системе двусторонней (а таких было большинство). Несмотря на то, что в большинстве стран уже введены стандарты на допуски и посадки, до настоящего времени ряд заводов еще работает по своим старым системам.

Однако вопрос всеобщего перехода на общегосударственные системы есть конечно лишь вопрос времени и поэтому спор между сторонниками обеих систем нужно считать разрешенным в пользу системы односторонней.

## 5. Как должен распределяться суммарный допуск между отверстием и валом.

Очевидно, что колебание характера посадки вследствие неточностей изготовления зависит от суммарных погрешностей в размерах отверстия и вала, а не от допуска, принятого при изготовлении той и другой детали порознь.

Вопрос о том, как разделить общий суммарный допуск между отверстием и валом, имеет существенное значение, так как сильно отражается на стоимости производства. Очевидно больший допуск следует передать на ту деталь, обработка которой сложнее.

Обработка отверстия резцом или шлифовальным кругом безусловно сложнее, чем обработка вала теми же методами. При получении отверстия из-под развертки возможно широкий допуск в нем важен для удлинения срока службы этого инструмента. Обычно после развертки шлифуются так, что они дают отверстия близкие к верхнему пределу<sup>1)</sup>, а по мере их износа отверстия становятся все меньше и меньше. Разверткой перестают пользоваться, когда замечают, что отверстия получаются близкими к нижнему предельному размеру.

Из таких соображений обычно берут при небольших допусках на отверстие от  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{2}{3}$  суммарного допуска, оставляя соответственно от  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{1}{2}$  на вал. В системе DIN для неподвижных посадок 2-го класса точности отнесено на вал 40%, в системе же ОСТ это соотношение для разных размеров несколько видоизменяется.

## 6. Число десятичных знаков в изображении допусков.

Согласно нормам DIN все допуски выражаются в микронах, т. е. в тысячных долях миллиметра. Той же практике следует ОСТ и большинство других систем. В некоторых системах (например Зульцера) встречаются размеры, выраженные с точностью до 0,5  $\mu$ .

В английских и американских системах вместо микрона пользуются величиной 0,0001", равной приблизительно 2,5  $\mu$ , редко доходя до точности 0,000025" = 0,6  $\mu$ <sup>2)</sup>. При проставлении числовых допусков на английских и американских чертежах в обычном машиностроении встречаются значения 0,0005" (0,013 мм), а обычно пользуются допусками 0,001" и 0,002", которые равняются соответственно 0,025 мм и 0,05 мм.

<sup>1)</sup> Часто руководствуются правилом, что размер развертки больше номинального размера на  $\frac{2}{3}$  допуска в дыре при односторонней системе.

<sup>2)</sup> Система Браун и Шарп имеет такие малые деления.

## 7. Различные классы точности <sup>1)</sup>.

В целях получения систем более универсальных в них часто вводят несколько классов точности, предусматривая возможность обработки изделий одного и того же размера с различными допусками в зависимости от характера и значения этих изделий.

Мы видели выше, что *легкие неподвижные посадки сильно меняют свой характер даже при небольшом колебании натяга*. Изменения натяга на 0,01—0,02 мм для диаметров до 100 мм могут совершенно изменить степень плотности посадки (см. гл. I).

Между тем допуски, даваемые изделиям в низших классах точности, часто значительно превосходят указанные величины. Отсюда следует *невозможность достижения определенных неподвижных посадок в этих классах*.

Поэтому обычно уменьшают число различных посадок в низших классах по сравнению с высшими, полагая, что точность градаций здесь теряет смысл. Посадки типа *плотных*, весь эффект которых основан на соблюдении весьма близкого совпадения диаметров вала и отверстия, обеспечиваются лишь в высших классах точности. *Вообще, обычно лишь высшие классы (1-й и 2-й) дают вполне взаимозаменяемую продукцию, что же касается классов низших, то взаимозаменяемость здесь носит условный характер*, так как для получения надлежащей посадки приходится прибегать либо к подбору, либо к пригонке по месту (см. ниже — гл. IX, § 3 и 4).

## 8. Обозначение посадок.

Лет 30 тому назад учение о допусках находилось в зачаточном состоянии и имевшиеся материалы так мало были известны на заводах, что пригонка машинных деталей обычно производилась наощупь, по чутью мастерового, и целиком была вне контроля конструктора. Иногда на чертежах поминались указания в роде таких: „пригнать свободно“, „посадка от руки“, „посадка из-под молотка“ и т. п. Часто уточняли степень плотности пригонки, говоря о посадке „из-под деревянного молотка“ или о посадке „из-под свинцового молотка“ и т. п. Подобные термины часто употребляются и в настоящее время в обиходе мастерских.

С введением предельных калибров понадобилось точно обозначить различные виды посадок. В большинстве систем даны одновременно обозначения словами и символами. В качестве последних, за границей чаще всего пользуются буквами латинского алфавита, иногда добавляя еще цифры. По системе ОСТ посадки обозначаются буквами русского алфавита, например: Плотная П, скользящая С, горячая Гр и т. д. Нормальное отверстие (в системе отверстия) обозначается согласно ОСТу буквой А, нормальный вал (в системе вала) буквой В. Эти обозначения наносятся на чертежи, выбиваются на калибрах и т. д.

<sup>1)</sup> Во избежание путаницы принято калибры разных классов окрашивать в разные цвета. По DIN принято:

- |           |   |         |      |
|-----------|---|---------|------|
| 1-й класс | — | синий   | цвет |
| 2-й       | „ | черный  | „    |
| 3-й       | „ | желтый  | „    |
| 4-й       | „ | зеленый | „    |

В некоторых случаях допуски прямо наносятся на чертежи в числовом выражении, что приходится обязательно делать тогда, когда проставляется размер с таким допуском, какого не имеется в системе, принятой на данном заводе.

О проставлении допусков на чертежах скажем более подробно ниже<sup>1)</sup>.

### 9. Зависимости натягов, зазоров и допусков от диаметра.

Вопрос о том, как изменяются натяги, зазоры и допуски для одной и той же посадки при изменении диаметра, имеет очень большое значение. В разных системах допусков приняты различные зависимости, установленные частью на основании опытного материала, частью же умозрительным путем.

Допустим, что нам известны натяг и допуск на неточность изготовления для диаметра 50 мм. Какие натяг и допуск нужно взять для диаметра 100 мм при условии сохранения того же вида посадки?

Мы видели, что при прессовой посадке напряжение во втулке и удельное давление на поверхности соединения остаются прежними, если натяг изменяется пропорционально диаметру. Далее мы знаем, что при таком изменении натяга в соединении, передающем крутящий момент, напряжение в материале вала получается одинаковым для всех диаметров при одинаковом запасе против скольжения в прессовом соединении. Сила запрессовки увеличивается при этом пропорционально поверхности соединения, т. е. при геометрически подобных деталях, пропорционально квадрату диаметра. Необходимо ли однако, как общее правило, сохранение запаса надежности против скольжения постоянным при всех диаметрах или можно помириться с его уменьшением при увеличении размеров деталей? Нужно помнить, что сила запрессовки при сохранении натяга пропорциональным диаметру растет столь быстро с увеличением последнего, что это часто представляет большие практические неудобства. При других видах посадок нет почти никаких теоретических оснований для выбора натягов и зазоров. Что касается до изменения допусков с диаметром, то выявление зависимости здесь не менее сложно, чем по отношению к натягам и зазорам.

Но если бы мы и имели зависимости для усилия запрессовки и т. п., выраженные в виде точных математических формул, то и тогда не могли бы сразу дать ответ на поставленный в начале этого пункта вопрос. Дело в том, что совершенно неясна самая формулировка вопроса. Что значит понятие: *один и тот же вид посадки при разных диаметрах*?

Наиболее правильно было бы повидимому считать одинаковыми те посадки, которые успешно служат для соединения одинаковых деталей, работающих в одинаковых условиях. Зная, что шкив может работать с успехом на валу с диаметром 25 мм при посадке, обозначаемой например Н, мы должны тем же символом обозначить посадку, служащую для посадки шкива, работающего в одинаковых условиях на валу 250 мм. Но могут ли иметь место одинаковые условия в машинах столь разных размеров? Очевидно, связывая наименования посадок с характером работы деталей, для которых они применяются, мы можем этот принцип провести с достаточной строгостью лишь в сравнительно узких пределах диаметров, при более же широком толковании определение получает очень условный характер.

<sup>1)</sup> См. гл. VIII, § 2.

Часто основывают классификацию посадок на величине усилий, требуемых для сборки деталей. Например „посадка от руки“, „от молотка“ и т. д. Очевидно такое определение носит совершенно условный характер, так как собрать детали, имеющие диаметры например 500 мм, „от руки“ или „от молотка“ вряд ли возможно. Здесь непременно придется пользоваться краном и для запрессовки (даже сравнительно слабой) применять сильные орудия: стальные болты, тяжелые свинцовые кувалды и пресса.

Указанной условностью самого определения вида посадки при разных диаметрах надо объяснить значительную часть противоречий, возникающих при толковании этих вопросов разными лицами. Обычно учитываются оба приведенных выше соображения, и в большинстве систем натяги и зазоры растут медленнее, чем диаметры. При таких условиях при неподвижных посадках не требуется столь мощных средств для запрессовки, при сборке, какие пришлось бы применять при натягах, растущих пропорционально диаметру. С другой стороны увеличение усилия, благодаря увеличению поверхности соприкосновения, все же обеспечивает достаточную solidность соединения.

В некоторых системах считали возможным с увеличением диаметра не только не увеличивать средний натяг, но даже уменьшать его. Например по системе Зульцер (класс N) для диаметра 5 мм мы имеем средний натяг 0,002 мм, а для того же класса при диаметре 150 мм получаем в среднем соединение *нуль в нуль*.

По прежней системе Л. Лёве, составленной на основании упомянутых выше опытов проф. Шлезингера<sup>1)</sup>, получаем средний натяг при диаметре 10 мм равным 0,0025 мм, а при диаметре 100 мм только 0,001 мм (посадка *Keilsitz*).

По системе DIN посадка T, близка при малых диаметрах к посадке *Keilsitz* Лёве и дает при  $d=10$  мм средний натяг  $=0,0025$  мм, но при  $d=100$  мм здесь получается еще больший средний натяг 0,0055 мм, а не 0,001, как у Лёве.

Таким образом закон изменения *среднего натяга* совершенно различен в рассмотренных системах. Между тем первые две системы применялись многими заводами с успехом в течение многих лет, а система DIN сейчас является господствующей в Европе. Дело в том, что в каждом производстве приспособляются к применяемой там системе и подбирают практически для каждой детали тот вид посадки, который оказывается наиболее подходящим. При этом может случиться, что одинаковые детали разных размеров будут насажены с посадками разных наименований.

Внесением таких практических коррективов в систему посадок, установление зависимости натягов и допусков от диаметров фактически передоверяется заводу, пользующемуся калибрами этой системы. Достоинство системы заключается в том, чтобы применение таких коррективов сократить до минимума, т. е. чтобы установленные зависимости совпадали с требуемыми практикой для большинства применяемых на разных заводах деталей — иными словами, чтобы аналогичные по характеру работы соединений посадки носили во всех случаях одинаковые наименования.

Переходя теперь к установлению зависимости допуска на неточность обработки и измерения от диаметра, заметим, что этот допуск обуслов-

<sup>1)</sup> Forschungsarbeiten, Heft 18, 1904.

ивается наличием нескольких различных погрешностей, состоящих из неточностей изготовления деталей и ошибок измерения. Установление зависимости тех и иных от диаметра возможно конечно только опытным путем, а опыт различных заводов дает в этом отношении различные материалы<sup>1)</sup>.

Систематизируя такие материалы, получают некоторую зависимость допуска от диаметра, которую изображают в виде кривой, а иногда выражают математически формулой. Не надо однако забывать, что все такие формулы представляют лишь математическое изображение эмпирических кривых и не имеют никакого теоретического обоснования.

Мы говорили отдельно о натягах и зазорах с одной стороны и о допусках на неточность с другой, но в некоторых системах эти понятия явно не разделяются и при установлении зависимостей даются кривые и формулы, включающие в себя оба вида отклонений от номинальных размеров.

Зависимости размера натягов и зазоров в разных системах часто задаются пропорциональными  $\sqrt[3]{d}$ ,  $\sqrt{d}$  и даже  $\sqrt[3]{d^2}$ . Для прессовых посадок часто принимается пропорциональность  $d$ .

Зависимость от диаметра допусков на неточность обычно выражается более пологой кривой  $\sqrt[3]{d}$  до  $\sqrt{d}$ . Некоторые системы (например чехословацкая)<sup>2)</sup> не пользуются никакими математическими выражениями для зависимости допусков от диаметра, а оперируют исключительно эмпирическими кривыми.

Для упрощения составления таблиц во всех системах допуски не изменяются непрерывно, а для известного интервала диаметров принимается одинаковый для каждой посадки допуск.

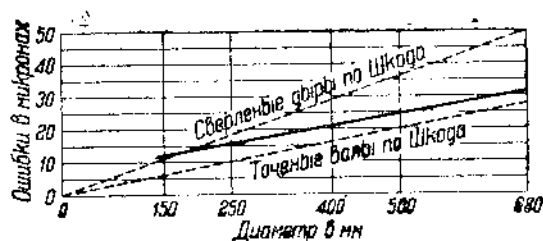


Рис. 88. Зависимость погрешностей от диаметров. (Сплошная линия по опытам завода Ганомат.)

## 10. Понятие об единице допуска.

Таблица допусков и посадок, построенная на чисто эмпирических основаниях<sup>3)</sup>, состоит из столбцов цифр, причем все вычисления, как то: выявление взаимоотношений между различными размерами вала и отверстия, определение минимальных, средних и максимальных натягов, зазоров и т. п., нужно произвести для целого ряда диаметров, чтобы составить себе представление о характере зависимостей. Если система имеет много видов посадок и несколько классов точности, то полное обозрение ее становится очень сложным. Кроме того при чисто эмпирических соотношениях могут получиться аномалии, объясняемые случайными отступлениями кривых от плавного вида. В целях упрощения задачи, комиссии, вырабатывавшие в

1) Рис. 88 дает пример таких зависимостей, как они установлены на основании опыта двух заводов: Шкода и Ганомат. Зависимость, полученная последним заводом, изображена сплошной линией.

2) Так называемая система Шкода — Саввина.

3) Как это имело место для всех старых систем.

разных странах государственные стандарты на допуски, обычно прибегали к установлению некоторых математических зависимостей, облегчающих вычислительную работу и сообщающих стройность всей системе.

Особенно большую ясность в изложение системы допусков вносит понятие об *единице допуска*, введенное д-ром Кюном в Германии.

Если отклонения от номинального размера для одного диаметра при разных посадках обозначить через  $\delta d_1'$ ,  $\delta d_1''$ ,  $\delta d_1'''$  и т. д., то соответствующие отклонения  $\delta d_2'$ ,  $\delta d_2''$ ,  $\delta d_2'''$  для другого диаметра могут находиться спервыми в постоянном соотношении, т. е.  $\delta d_1' : \delta d_1'' : \delta d_1''' = \delta d_2' : \delta d_2'' : \delta d_2'''$  и т. д. При таких условиях, приняв какое-либо из этих отклонений за единицу, мы выразим все остальные отклонения в тех же единицах. Очевидно сама единица зависит от диаметра. Иными словами, вводя в систему единицу допуска, тем самым принимаем, что при всех диаметрах соотношения допусков различных посадок одинаково.

Распространение понятия единицы допуска на разные классы точности еще более упрощает рассмотрение всей системы в целом.

Примером такого последовательного использования понятия единицы допуска является система DIN, при описании которой мы приведем несколько характерных примеров, иллюстрирующих пользование этой единицей.

Ниже мы приводим краткое описание главнейших систем, принятых как стандартные в различных государствах. Более подробно опишем систему DIN, очень распространенную в настоящее время на заводах СССР, и систему ОСТ, являющуюся нашим государственным стандартом.

## 11. Старые системы допусков.

Из старых упомянем системы Newall Engineering Co и Л. Лёве. Первая и в настоящее время имеет широкое применение в Англии, Америке и во многих других странах. Она является примером двусторонней несимметричной системы. Вторая была до введения DIN самой распространенной в Германии и на основании главным образом опыта ее применения и была выработана система DIN. Система Л. Лёве — симметричная (с небольшими отклонениями для некоторых диаметров)<sup>1)</sup>. Обе системы являются системами отверстия.

## 12. Английская система BESA.

Британская система допусков и посадок British Engineering Standards Association (BESA) принята как стандартная в 1924 году.

R. Glazebrook в своем докладе<sup>2)</sup> дал подробную характеристику проекта стандарта допусков и оттенил основные идеи системы, которая впоследствии была принята как стандартная. В виду того, что в основание системы положено несколько оригинальных мыслей, не нашедших отражения в одной из других систем, краткое перечисление положений, выдвинутых R. Glazebrook, представляет интерес.

При введении стандартной системы в Англии было обращено особое внимание на то, чтобы переход от применявшихся старых систем на новую

<sup>1)</sup> См. таблицу 13 в конце книги.

<sup>2)</sup> Доклад R. Glazebrook, содержащий подробное описание системы Томсона, которая почти без изменений и была принята, как стандартная. См. IME декабрь 1920 г., № 8, стр. 1086 и июль 1921 г., № 5, стр. 487.

делать возможно безболезненным и в необходимых случаях обеспечить взаимозаменяемость старой продукции и новой. Это требование наложило отпечаток на всю систему, придав ей известную сложность.

Основная мысль английской системы следующая. Во всех существующих системах допусков видам посадок присваиваются некоторые наименования: тугая, скользящая и т. п., но потребности техники столь разнообразны, что нельзя установить этих названий так, чтобы по ним конструктор мог прямо назначать приголку данной детали. Приходится руководствоваться опытом — и часто, например, в совершенно одинаковых по конструкции соединениях, но работающих в разных условиях, в одном случае более подходящей окажется *тугая*, в другом *напряженная* посадка. Далее при увеличении размеров не всегда может потребоваться одинаковый закон изменения натяга, и например при горячей посадке в некоторых случаях он должен расти пропорционально диаметру, а в других случаях этот рост может идти медленнее. Все это приводит автора системы Г. Томсона к выводу, что названия посадок неважны — важны самые размеры предельных калибров. *Если иметь несколько предельных калибров для каждого диаметра отверстия и вала, то, беря их в разных комбинациях, мы получим разные виды посадок.* Каждый размер калибра обозначается одной буквой, и тогда посадка определяется двумя буквами, из коих одна относится к валу, а вторая к отверстию, например *ХК* означает посадку, при которой вал, сделанный по калибру *К*, собирается с отверстием, выполненным по предельной пробке *Х*. Система предусматривает 11 размеров отверстий и 14 размеров валов, поэтому количество возможных комбинаций очень велико и конструктор получит всегда требуемую посадку.

Английская система есть в основе своей система отверстий, построенная так, что ею можно пользоваться по желанию как односторонней или двусторонней, хотя рекомендуется первая. Для получения такой возможности имеется 4 отверстия (*B, U, V, W*) с отклонениями только в плюс и четыре других (*K, X, Y, Z*) с теми же допусками, но распределенными поровну по обе стороны нулевой линии. Рис. 89 дает графическое изображение английской системы допусков<sup>1)</sup>. Буквами *F, E, D, B, L, M, C, K, P, Q, R, S, T, TT* обозначены калибры для валов. Легко видеть, что посадки *ХК* и *УС* одинаковы, но даны по разным системам: первая по двусторонней симметричной, вторая по односторонней. Больше того: из рассмотрения графика можно видеть, что система позволяет подобрать почти любую градацию посадок, в том числе и такую, которая (при данном диаметре по крайней мере) совпадает с посадкой, применявшейся на заводе до введения стандартной системы. По мнению автора системы „нато позаботиться о введении системы предельных калибров, а калибры уже сами о себе позаботятся“. Далее он считает, что такая гибкость не лишает завода главнейших преимуществ, связанных со стандартизацией, так как самое главное — общий язык и возможность заготавливать калибры в больших количествах — остаются. Практика скоро выяснит, какие комбинации будут наиболее употребительны и какие калибры получат большее применение. Во всяком случае английская система несомненно очень облегчает переходный период. Г. Томсон считает, что ее можно было бы использовать даже как международную, приняв за единицу измерения величину 0,0004", почти равную 0,01 мм.

1) При изучении допусков такие графики очень употребительны.

Дальнейшей особенностью системы является наличие трех дополнительных отверстий A, G, H, которые дают возможность получить подвижную посадку между двумя неподвижными при наличии гладкого вала<sup>1)</sup> в случаях, подобных приведенным выше на рис. 83. Таким образом система, не вводя гладкого вала в стандарт, позволяет, когда требуется, работать и по системе вала. Наконец J обозначает симметричное отверстие с весьма широким допуском.

Из графика рис. 89 видно, что отверстия имеют четыре класса точности, что же касается валов, то здесь классов точности непосредственно не предусмотрено. Однако допуски на валы расположены так, что нижний предел одной посадки совпадает с верхним пределом ближайшей следующей. Беря приемный калибр одной, а браковочный соседней, мы получим расширенный допуск для вала. Таким образом система практически дает очень много классов точности.

Если учесть гибкость системы, то придется признать, что число калибров в ней невелико, что объясняется продуманным расположением пределов.

Переходя к зависимости допусков от диаметра, заметим, что при установлении таковой был использован материал прежних комиссий по стандартизации<sup>2)</sup>. На основании материалов, опубликованных еще в 1906 году (ESC Reports № 25 July 1906) была установлена формула

$$\Delta d = a + b \sqrt{a},$$

где  $a$  и  $b$  — коэффициенты, полученные опытным путем. Рис. 90 изображает обработку одной из серий обмеров ряда валов. Точки показывают размеры, полученные непосредственным измерением, а кривые соответствуют приведенной формуле. Валы взяты с производства английских заводов. Постоянный член  $a$  прибавлен, так как при малых диаметрах формула давала слишком малый допуск. Температура измерений принята в Англии 62° F (16 2/3° C).

Рис. 89. Английская система допусков.

<sup>1)</sup> Сравнить с системой д-ра Кюна — см. гл. IV § 3.  
<sup>2)</sup> Англия первая по времени ввела общегосударственную систему предельных калибров еще в 1904 году. Система однако была системой вала, имела ряд крупных недостатков и распространения не получила.

Английская система пользуется математическим выражением для величин отклонений, и зависимость от диаметра и вида посадки получает очень простой вид. В результате общее выражение для всех посадок получается такое:

$$\Delta d = 0,0001'' \cdot r \cdot (1 + n),$$

где  $n$  — есть номер ступени, на которые разбиты все диаметры.

Промежутки диаметров выбраны так, что при переходе от одной ступени к следующей отклонения растут в арифметической прогрессии. При таком построении длина ступеней закономерно увеличивается. Величина  $r$  — целое число, зависящее от вида посадки. Приведенная расчетная формула для  $\Delta d$  выводится математическим путем из закона квадратного корня, причем коэффициенты подобраны практически. На рис. 91 приведено сравнение одного из отверстий системы Г. Томсона (кривая SA) с отверстиями

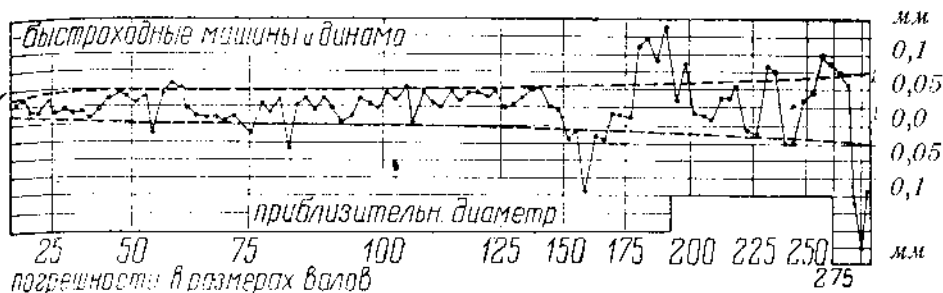


Рис. 90. Погрешности изготовления по английским опытам.

наиболее распространенных в Англии систем Newall (кривые NA и NB) и Иогансона (кривая J). Как видно из графика, кривая SA близко совпадает с классом A Newall и с отверстием Иогансона. Такое сопоставление, сделанное в довольно широких границах диаметров (до 360 мм), интересно для нас в том отношении, что показывает хорошее совпадение закона квадратного корня с широко применявшимися в течение многих лет на практике зависимостями.

Подводя итоги сказанному, приходится признать, что английская система, давая широкий простор для создания всевозможных комбинаций допусков, не содержит никаких указаний о применении этих допусков. При других системах задаются готовые комбинации, которые хотя бы в первом приближении предопределяют пригодность той или иной посадки для каждого частного случая. Это очень облегчает работу по введению системы на заводах, никогда ранее не работавших по допускам. При выработке английской системы имелось в виду как раз обратное — дать возможность заводу, установившему, на основании многих лет практики с какой-либо другой системой, точные числовые допуски для ряда деталей, возможно просто подогнать их под стандарт. В тех странах, в которых (как в СССР) работа по предельным калибрам широко применяется сравнительно на немногих заводах, да и там допуски на разные детали далеко не изучены, нужно иметь систему, облегчающую введение калибров. Поэтому путь, на который стала BESA, не мог привлечь наших работников в области стандартизации допусков, и комиссия, разрабатывавшая наши стандарты, пошла по другому — более обычному пути.

Идея английской системы тем не менее очень интересна. Если бы после нескольких лет ее применения были составлены дополнительные таблицы для целого ряда отраслей промышленности, дающие типичные примеры наилучшие себя зарекомендовавших посадок именно в этой отрасли, то получился бы материал исключительной ценности, который не может быть

### Допуски Норм отверстие

#### Сравнение систем

— N'B' NEWALL CLASS 'B'

--- N'A' " " 'A' ---- J-Johansson

— SA' система H. Thomson'a

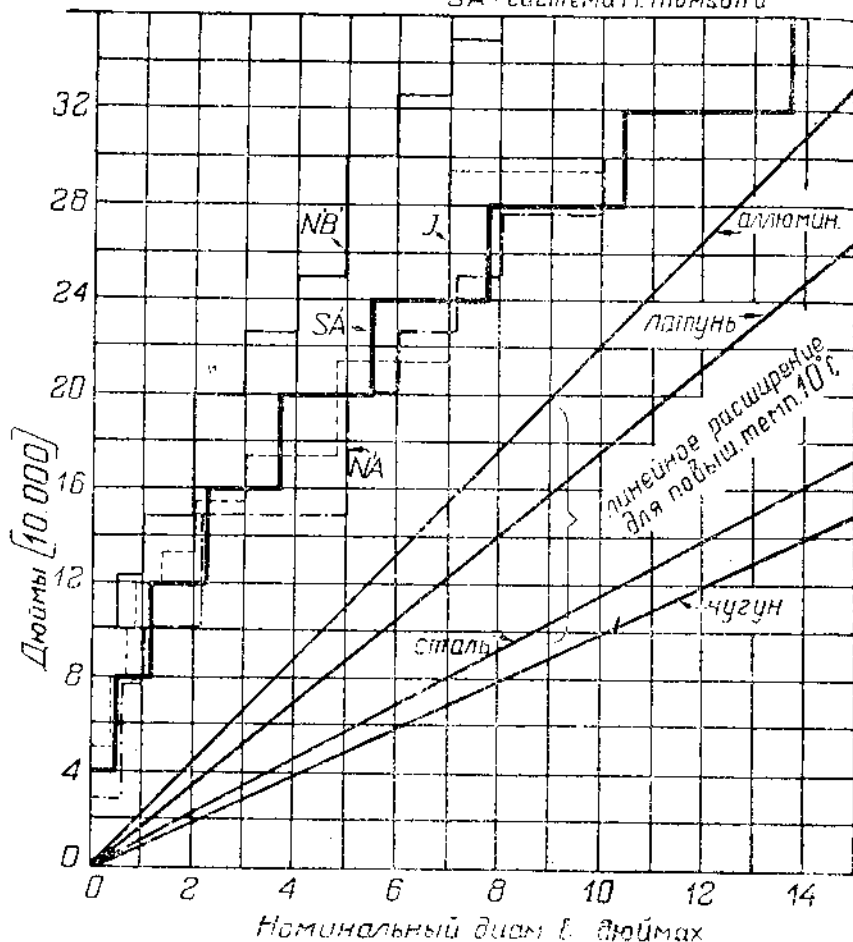


Рис. 91. Сравнение системы Томсона с системами Newall и Иогансона.

собран при других системах, где число комбинаций значительно меньше. Кроме того, как показывает опыт, заводы часто мирятся с некоторыми неудобствами систем или обходят их путем дачи разных вспомогательных инструкций рабочим, что уже есть отступление от стандарта. Статистика таких отступлений по сути дела крайне затруднительна.

### 13. Система САСШ.

В противоположность несколько сложной английской системе в Америке принят стандарт на допуски исключительный по своей простоте и стройности.

Система САСШ односторонняя и предусматривает только нормальное отверстие. Введена она в 1925 году и носит название системы ASME (American Society of Mechanical Engineers).

Здесь все точно регламентировано, и простор для комбинаций и выбора посадок оставлен очень небольшой. Число посадок 8, из них 4 подвижных и 4 неподвижных. Для первых характерной величиной признается наименьший зазор, который, будучи сложен с суммой допусков на валу и в отверстии, дает наибольший зазор.

Для неподвижных посадок за характерную величину принимается средний натяг, который получается при комбинации наименьшего отверстия с наименьшим валом, наибольшего с наибольшим или наконец среднего отверстия со средним валом. При таких совпадениях размеров посадка получается правильной, соответствующей заданию. При других комбинациях степень плотности посадки отклоняется от требуемой. Поэтому, строго говоря, взаимозаменяемыми являются лишь подвижные посадки, посадки же неподвижные таковыми не будут, если хотят иметь строго определенную степень плотности. Такое свойство неподвижных посадок является общим для всех систем (см. гл. IV, § 7 и гл. I, § 4), но в американском стандарте оно определено оговорено.

Даем обозначения 8 посадок <sup>1)</sup> вместе с формулами, определяющими зазор или натяг <sup>2)</sup>.

а) „Loose Fit“ подвижная посадка — применяется для вращающихся частей, когда не требуется точности.

Наименьший зазор  $= 0,0025 \sqrt[3]{d^2}$ .

б) „Free Fit“ подвижная посадка для быстходных валов (свыше 600 об./мин.) и удельных давлений в подшипниках 40 кг/см<sup>2</sup> и выше. Зазоры меньшие, чем в предыдущей.

Наименьший зазор  $= 0,0014 \sqrt[3]{d^2}$ .

в) „Medium Fit“ подвижная посадка для вращающихся частей при числе оборотов ниже 600 в минуту и давлениях ниже 40 кг/см<sup>2</sup>. Применяется также для скользящих деталей и соответствует наибольшей свободе, совместимой с точностью.

Наименьший зазор  $= 0,0009 \sqrt[3]{d^2}$ .

г) „Snug Fit“ подвижная посадка, соответствующая наименьшему зазору, равному нулю. Это наиболее плотная посадка, при которой еще возможна сборка от руки без приложения давления. Свободного вращения не получается, поэтому она не предназначается для обеспечения вращения под нагрузкой. При неподвижных соединениях при помощи этой посадки передача ударов исключается.

д) „Wringing Fit“ неподвижная посадка без натяга, т. е. со средним натягом равным нулю. Не допускает движения, и сборка происходит с приложением легкого нажима. Эта посадка не строго взаимозаменяема.

е) „Tight Fit“ неподвижная посадка с большим натягом. Предназначается для редко разбираемых соединений и передающих усилий.

<sup>1)</sup> См. American Machinist, т. 64, стр. 527, 1926 г.

<sup>2)</sup> Формулы даны в дюймах.

Средний натяг = 0,00025  $d$ .

ж) „Medium Force Fit“ неподвижная посадка (легкая прессовая) для редко разборных соединений, но все же позволяющих разъединение без приложения особенно больших давлений. Это самая тугая посадка, допустимая для чугуна и в тех случаях, где появление чрезмерных напряжений опасно.

Средний натяг = 0,0005  $d$ .

з) „Heavy Force Fit“ неподвижная посадка — применяется для посадки стальных втулок, где металл может находиться в сильно напряженном состоянии. Детали, соединенные таким образом, не нуждаются в каком-либо дополнительном креплении (шпонки, штифты и т. п.).

Средний натяг = 0,001  $d$ .

„Shrink Fit“ неподвижная посадка в горячем состоянии — применяется для посадки более крупных деталей <sup>1)</sup>, где посадка под прессом осуществляется с трудом. Натяг такой же, как у „Heavy Force Fit“, почему обе посадки рассматриваются совместно.

Допуски на неточность откладываются для отверстия всегда в плюс, а для вала в минус от расчетного диаметра <sup>2)</sup> при свободных посадках и в плюс при неподвижных. Благодаря этому при свободных посадках наименьший зазор равен расчетному, а наибольший расчетному, сложенному с суммой допусков для отверстий и вала. При неподвижных посадках средний натяг равен расчетному, наименьший — расчетному минус допуск отверстия, а наибольший равен расчетному плюс допуск вала; отрицательный натяг означает зазор.

Возрастание допусков принято пропорциональным  $\sqrt[3]{d}$ , их величины различны для разных посадок.

|                               | Отверстие                  | Вал                  |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------|
|                               | $\sqrt[3]{d}$              | $\sqrt[3]{d}$        |
| „Loose Fit“ . . . . .         | 0,0025 $\sqrt[3]{d}$ . . . | 0,0025 $\sqrt[3]{d}$ |
| „Free Fit“ . . . . .          | 0,0013 $\sqrt[3]{d}$ . . . | 0,0013 $\sqrt[3]{d}$ |
| „Medium Fit“ . . . . .        | 0,0008 $\sqrt[3]{d}$ . . . | 0,0008 $\sqrt[3]{d}$ |
| „Snug Fit“ . . . . .          | 0,0006 $\sqrt[3]{d}$ . . . | 0,0004 $\sqrt[3]{d}$ |
| „Wringing Fit“ . . . . .      | 0,0006 $\sqrt[3]{d}$ . . . | 0,0004 $\sqrt[3]{d}$ |
| „Tight Fit“ . . . . .         | 0,0006 $\sqrt[3]{d}$ . . . | 0,0006 $\sqrt[3]{d}$ |
| „Medium Force Fit“ . . . . .  | 0,0006 $\sqrt[3]{d}$ . . . | 0,0006 $\sqrt[3]{d}$ |
| „Heavy Force Fit“ } . . . . . | $\sqrt[3]{d}$              | $\sqrt[3]{d}$        |
| „Shrink Fit“ }                | 0,0006 $\sqrt[3]{d}$ . . . | 0,0006 $\sqrt[3]{d}$ |

Из таблички видно, что размер допуска тем меньше, чем меньше зазор или натяг, так как очевидно влияние какого-либо отклонения от их размера на характер посадки будет тем меньше, чем меньшую часть составляет это отклонение от величины самого зазора, а это будет иметь место при больших зазорах.

<sup>1)</sup> Подобных паровозным баядам.

<sup>2)</sup> Согласно приведенным выше формулам.

В наиболее свободных и тугих посадках допуски для отверстия и вала сделаны одинаковыми, но для двух средних наиболее чувствительных (с наименьшим зазором и натягом) общий допуск распределен между отверстием и валом так, что на первое приходится от него 60%, а на второй 40%<sup>1)</sup>.

Таким образом здесь мы имеем 4 класса точности для отверстия, но каждый из них относится к определенной посадке.

Допуски на вал не различаются по классам точности и для каждой посадки имеется для него лишь один вполне определенный размер.

Можно конечно комбинировать данный вал с отверстием низшего класса точности. Это целесообразно тогда, когда желательно удешевить обработку отверстий, жертвуя частично взаимозаменяемостью.

Таким образом в американской системе выгоды нескольких классов точности используются лишь при подвижных посадках. При неподвижных же посадки низших классов получаются не взаимозаменяемыми и потому системой не предусмотрены<sup>2)</sup>.

Американская стандартная система — наиболее простая и наглядная из всех существующих.

Температура принимается 68° F (20° C).

Рис. 92 дает графическое изображение системы. В этой системе кроме сказанного обращает на себя внимание большое число ступеней диаметров.

#### 14. Французская система.

Французская система принадлежит также к числу оригинально разработанных и является единственной общегосударственной двусторонней симметричной системой отверстия. В отличие от остальных государств нормальная температура во Франции принята 0° C.

Этим заканчивается обзор систем, имеющих принципиальные крупные отличия в построении от системы DIN. Ниже мы опишем ряд других — имеющих в основе германскую систему. К числу их принадлежит и наш стандарт (ОСТ).

Американская система допусков  
ASME  $\phi 2\frac{1}{2} \times 60$  мм

| Допуски<br>μ  | Посадки                            |                                     |                            |                       |                            |                            |                             |                              |
|---------------|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|               | Heavy Force Fit<br>Тяжелая посадка | Medium Force Fit<br>Средняя посадка | Tight Fit<br>Тугая посадка | Winging Fit<br>Плотно | Snug Fit<br>Для скрепления | Medium Fit<br>Для вращения | Free Fit<br>Для вращ. легк. | Loose Fit<br>Для вращ. своб. |
| 100           |                                    |                                     |                            |                       |                            |                            |                             |                              |
| 80            | 80                                 |                                     |                            |                       |                            |                            |                             | 85                           |
| 60            |                                    | 50                                  |                            |                       |                            |                            |                             |                              |
| 40            | 60                                 |                                     | 35                         |                       |                            |                            | 44                          |                              |
| 20            | 30                                 |                                     |                            | 14                    | 20                         | 27                         |                             |                              |
| Нулевая линия |                                    |                                     | 15                         |                       |                            |                            |                             |                              |
| -20           |                                    |                                     |                            | 0                     | 14                         | 35                         |                             |                              |
| -40           |                                    |                                     |                            |                       |                            |                            | 55                          |                              |
| -60           |                                    |                                     |                            |                       |                            | 62                         |                             |                              |
| -80           |                                    |                                     |                            |                       |                            |                            |                             | 98                           |
| -100          |                                    |                                     |                            |                       |                            |                            | 99                          |                              |
| -120          |                                    |                                     |                            |                       |                            |                            |                             |                              |
| -140          |                                    |                                     |                            |                       |                            |                            |                             |                              |
| -160          |                                    |                                     |                            |                       |                            |                            |                             |                              |
| -180          |                                    |                                     |                            |                       |                            |                            |                             | 183                          |

Рис. 92. Американская система допусков.

<sup>1)</sup> См. выше § 5 настоящей главы.

<sup>2)</sup> Мы видели, что эти посадки строго говоря не взаимозаменяемы и в высших классах.

## ГЛАВА ПЯТАЯ. СИСТЕМЫ DIN И ОСТ.

### 1. Возникновение системы DIN.

Германская система DIN (Deutsche Industrie Normen) является первой по времени появления общегосударственной системой допусков<sup>1)</sup>.

Учрежденная в 1917 году комиссия по нормализации германской промышленности поставила одной из первых своих задач установление стандарта на допуски, способного удовлетворить потребности всей индустрии. Задача оказалась очень сложной, так как комиссии пришлось проделать весьма большую работу по установлению основ учения о допусках и посадках, привести весь материал в стройную систему и наконец примирить ряд противоречивых требований, предъявляемых разными отраслями промышленности и даже отдельными предприятиями. Работа в основном была закончена в 1922 году, но отдельные вопросы не разрешены до настоящего времени, и система продолжает развиваться и совершенствоваться.

Для нас система DIN имеет особенное значение, так как в настоящее время она является наиболее распространенной на заводах СССР и кроме того она послужила основой для выработки нашего общесоюзного стандарта допусков и посадок (ОСТ). Система DIN без изменений принята в Австрии и Бельгии и с некоторыми сокращениями в Италии.

### 2. Общая конструкция системы DIN<sup>2)</sup>.

Основные характеристики системы DIN следующие:

а) DIN допускает параллельное существование систем отверстия и вала на равных основаниях.

б) Система эта односторонняя, причем для основного отверстия допуск откладывается всегда от нуля вверх, а для основного вала от нуля вниз.

в) Классов точности всего четыре: 1-й *очень точный* Edelpassung, 2-й *точный* Feinpassung, 3-й *обыкновенный* Schlichtpassung, и 4-й *грубый* Grobpassung. Основным является 2-й класс точности, который приближается к наиболее распространенным классам точности других систем как действующих в настоящее время, так и старых, вытесненных системой DIN<sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> Исключение составляет старая английская система 1904 г., которая практического применения не имела.

<sup>2)</sup> См. 4-я книга DIN, К. Грамени. «Пригонки и допуски» Орга-Металл, Москва 1926 г.

<sup>3)</sup> Feinpassung по численным значениям близко подходит к системе Л. Лёве. К. Грамени сравнил обе системы и пришел именно к такому выводу (см. Werkstattstechnik 1921, стр. 512).

г) При исчислении отклонений за единицу измерения принята так называемая единица допусков (Passeinheit)  $1 PE = 0,005 \sqrt[3]{d}$ , где  $d$  выражено в мм. Для каждого класса точности и каждого вида посадки отклонения от номинальных размеров выражаются определенным числом этих единиц<sup>1)</sup>, так что этим устанавливается зависимость как зазоров и натягов, так и допусков, в форме кубического корня от диаметра.

д) Число посадок 10 — из них 5 подвижных и 5 неподвижных.

Подвижные посадки: Weiter Laufsitz (W. L.), Leichter Laufsitz (L. L.), Laufsitz (L.), Enger Laufsitz (E. L.), Gleitsitz (G.).

Неподвижные посадки: Schiebesitz (S.), Haftsitz (H.), Treibsitz (T.), Festsitz (F.), Preszsitz (P.).

Перевода на русский язык этих терминов мы не даем, так как на разных заводах СССР терминология различна. Кроме того произвольное применение таких терминов, как *тугая*, *плотная* и т. д., для посадок DIN следует считать недопустимым, так как оно ведет к смещению их с ныне совершенно строго установленными понятиями системы ОСТ.

В дальнейшем мы будем обозначать германские посадки их сокращенными обозначениями L, S, F и т. д.

Нужно заметить, что Preszsitz (P) DIN не есть прессовая посадка в том смысле, как это понимается обычно, это скорее *легкая прессовая* или *очень тугая* посадка.

Сильно прессовая посадка DIN не имеет и рекомендуется пользоваться в таких случаях для определения натяга формулами д-ра Кюна

$$\Delta d = \frac{1}{150} \sqrt[3]{d},$$

а для горячей посадки формулой Кинцле<sup>2)</sup>

$$\Delta d = \frac{1}{1000} (d + 12,5).$$

е) Система DIN разработана в пределах диаметров 1—500 мм, которые разбиты на 12 ступеней с постоянными допусками в каждой.

ж) Температура измерений принята 20°C.

### 3. Количество посадок в различных классах точности.

Полностью все 10 посадок имеются только во 2-м классе. В 1-м их лишь 5, а именно eG, eS, eH, eT, eF. Отверстие обозначается eB. Здесь буква e, прибавленная к обозначению посадки, обозначает принадлежность к 1-у классу, тогда как во 2-м классе посадки обозначаются одной буквой без всяких добавлений. Посадки более свободные, чем Gleitsitz, имеют настолько значительные отклонения, что повышенная точность здесь не требуется, так как они получаются достаточно определенными и при работе по 2-у классу<sup>3)</sup>.

Увеличение точности 1-го класса по сравнению со 2-м достигается за счет уменьшения допуска как отверстия, так и вала. В системе отверстия

<sup>1)</sup> Исключение составляет Preszsitz, для которой установлена другая зависимость.

<sup>2)</sup> Или правильнее С. Моор, видоизмененной Кинцле.

<sup>3)</sup> Та же мысль, как мы видели, выражена еще более определенно в американской системе. См. гл. IV § 13.

допуск отверстия 1-го класса равен 1 РЕ, а 2-го 1,5 РЕ. Допуски вала в посадках eF, eT, eH, eS, eG равны  $\frac{3}{4}$  РЕ, в то время как в соответствующих посадках 2-го класса они составляют 1 РЕ. Нужно еще указать, что приемные стороны калибров 1-го и 2-го классов одинаковы, и сужение допусков достигается лишь путем изменения браковочной стороны. Такая конструкция находится в полном согласии с принципами построения односторонней системы, согласно которым всегда предполагается, что размер изделия в среднем приближается к размеру приемной стороны. Если рабочий будет руководствоваться главным образом приемной стороной, то очевидно работа по обоим классам приведет к одним и тем же результатам, лишь процент брака при приемке по 2-му классу будет ниже, чем при приемке по 1-у.

Первоначально в системе отверстия DIN 1-й класс отличался от 2-го лишь допуском в отверстии. Однако после ряда лет применения системы было признано необходимым повысить точность вала 1-го класса, что и было исполнено в 1927 г.<sup>1)</sup> В системе вала допуски также в 1-м классе везде ниже, чем во 2-м. Заметим, что основной вал eW равен валу e Gleitsitz системы отверстия, а основное отверстие eB равно отверстию e Gleitsitz в системе вала. Подобные же соотношения существуют и во всех других классах.

В 3-м классе точности имеется только три посадки: sG, sL, sWL, где знак s показывает, что посадка относится к 3-му классу. Допуск для основного отверстия здесь берется равным 3 РЕ, т. е. он в два раза шире, чем соответственный допуск 2-го класса, и втрое больше по сравнению с 1-м классом точности. Валы получают также более широкие допуски.

В 3-м классе не имеется ни одной неподвижной посадки, так как таковые получаются слишком неопределенными. Первоначально имелось в виду создать одну неподвижную посадку с отклонениями вала  $+\frac{1}{2}$  РЕ и  $-\frac{1}{2}$  РЕ. Полный допуск получался 2,5 РЕ, достаточно широкий для данного класса точности. Вычисляя наибольший зазор и наибольший натяг, мы получим соответственно 4,5 РЕ и 1 РЕ. Легко видеть, что неподвижная посадка получилась бы в меньшем числе случаев, в большей же части мы имели бы подвижную посадку. При еще большем увеличении вала мы, очевидно, не избавившись от возможности получения подвижной посадки, будем часто получать и очень сильно напряженную. Иными словами посадка не будет определенной. При необходимости получить взаимозаменяемую неподвижную посадку надо переходить на работу по 2-му классу точности<sup>2)</sup>.

Вообще принятая система допусков DIN явилась результатом продолжительных исследований. Первоначально предполагалось например, что, при системе отверстия, eB совершенно вытеснит B для случая пяти перечисленных посадок, оставив B лишь для подвижных соединений. Однако практика показала, что при современном состоянии машиностроения наиболее строгое отверстие, которое можно выполнить без особых затруднений, это *точное* отверстие B; *особо точное* eB применяется лишь в виде исключения. Заметим, что одноименные посадки 2-го и 3-го классов имеют одинаковые приемные калибры.

<sup>1)</sup> Одной из причин такого изменения было желание сделать систему DIN пригодной для посадок шарикоподшипников, требующих очень малых допусков.

<sup>2)</sup> В американской системе классов точности не имеется, возможность расширения допусков для подвижных посадок учтена применением для них других калибров отверстия.

*Сводная таблица колебаний зазоров и натягов  
по Din*

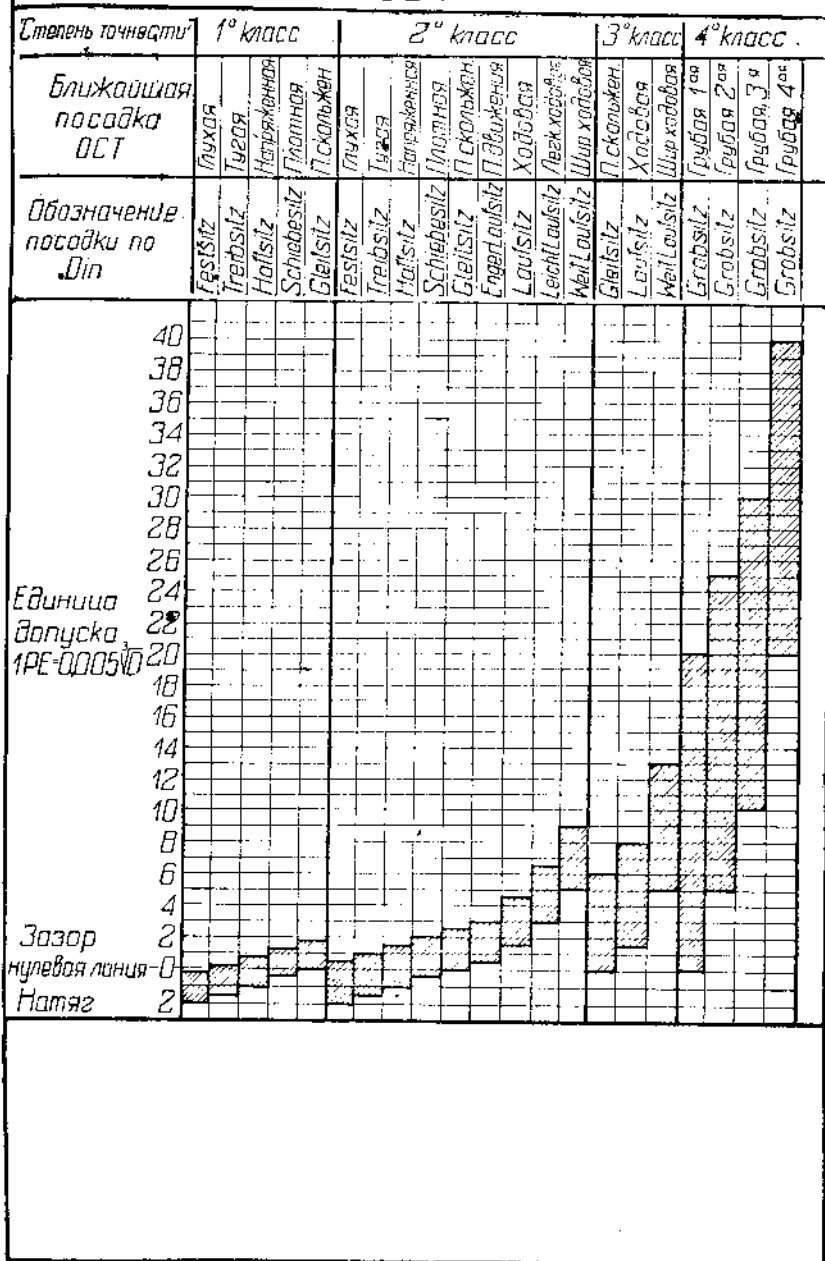


Рис. 93. Зазоры и натяги в системе DIN.

Переходя к 4-му классу точности, заметим, что он предназначен для нужд более грубого машиностроения, например некоторых деталей вагонов и паровозов (тормозные части, тяговые приборы и т. п.). Установлено 4 (подвижных) посадки. При системе отверстия оно имеет допуск  $\pm 10 \text{ PE}$ . Валы имеют допуски все в минус. Посадки обозначаются:  $g_1, g_2, g_3, g_4$ .

Рис. 93 показывает возможные колебания зазоров или натягов при различных посадках в различных классах точности. За единицу измерения и здесь принята единица допусков  $1 \text{ PE}$ . Из рисунка видно, что, строго говоря, вполне взаимозаменяемыми получаются лишь подвижные посадки, неподвижные же при совпадении предельных размеров отверстий и валов утрачивают свой характер, становясь либо слишком свободными, либо чрезмерно тугими. Например во 2-м классе посадка  $S$  должна носить характер *плотной*, т. е. вал должен входить от нажима руки или от легких ударов. Между тем здесь возможен в одном крайнем случае (наибольший вал и наименьшее отверстие) натяг  $0,5 \text{ PE}$ , а в другом зазор  $2 \text{ PE}$ . В первом случае мы очевидно получаем тугую посадку, а во втором свободную. При посадке  $G$  натяг получится никогда не может, но нам известно, что и при посадке ноль в ноль требуется значительное усилие для продвижения вала. Следовательно посадка теряет характер *скользящей*. При совпадении наибольшего отверстия с наименьшим валом здесь также получается свободная посадка, а не скользящая.

Однако совпадение крайних размеров бывает сравнительно редко, и практика показала, что при применении точной сборки (*Feinprassung*) посадки еще удовлетворительны в отношении их определенности. В 1-классе определенность еще большая и достаточная почти для всех случаев практики.

#### 4. Крупные зазоры<sup>1)</sup>.

DIN 110 предусматривает случаи точности еще более низкой чем 4-й класс. Инструкция в этом случае получается следующая:

а) Для *крупных зазоров* применяются величины  $0,5 \text{ мм}$ ,  $1 \text{ мм}$ ,  $2 \text{ мм}$ ,  $3 \text{ мм}$  и  $4 \text{ мм}$ .

б) Эти зазоры указываются на чертежах при помощи конструктивных размеров; например при зазоре, равном  $1 \text{ мм}$ , вал имеет диаметр  $35 \text{ мм}$ , а отверстие  $36 \text{ мм}$ . Указание какого-либо одного номинального размера для вала и отверстия здесь таким образом отпадает. Поэтому *при крупных зазорах посадки в тесном смысле этого слова мы больше не имеем*.

в) Отмеченные таким образом на чертеже размеры вала являются во всяком случае максимальными, а размеры отверстия минимальными, т. е. *вал имеет допуск в минус, а отверстие в плюс*. Отклонения (допуски) указываются на чертежах цифрами, например вал  $35-0,5$ , отверстие  $35+0,5$ .

г) Если одна деталь по отношению к другой не имеет передвижения во время работы, то вал и втулка могут иметь одинаковый номинальный размер и следовательно минимальный зазор, равный нулю.

д) Допуски отверстий берутся примерно по таблице<sup>2)</sup>:

<sup>1)</sup> См. Грамели „Пригонки и допуски“.

<sup>2)</sup> Согласно сказанному в гл. II § 5, такие допуски легко выдерживаются в отверстиях прямо из-под сверла, а на валах при грубой обточке.

|                   |      |             |          |
|-------------------|------|-------------|----------|
| Диаметр отверстия | 7—18 | Свыше 18—30 | Свыше 30 |
| Допуск . . . . .  | +0,3 | +0,4        | +0,5     |

е) Допуски валов берутся согласно таблице:

|                  |      |             |          |
|------------------|------|-------------|----------|
| Диаметр вала     | 7—18 | Свыше 18—30 | Свыше 30 |
| Допуск . . . . . | —0,3 | —0,4        | —0,5     |

## 5. Таблицы допусков и посадок DIN.

В виде приложения мы даем таблицы DIN для всех случаев посадок и четырех классов точности. Допуски даны в микронах (0,001 мм), а также в единицах допусков PE; благодаря этому при внимательном рассмотрении таблиц можно видеть все особенности построения системы.

Рис. 94 и 95 изображают те же таблицы графически, причем все отклонения выражены в *единицах допуска* (PE).

## 6. Швейцарская и шведская системы допусков и посадок.

Швейцария и Швеция ввели у себя системы близкие к DIN. Так как их стандарты появились после германского, то они представляют в некотором отношении результат критического рассмотрения германской системы. Промышленность этих стран (небольшая, но находящаяся на высоком уровне развития) создавала базу для экспериментальной работы, почему рассмотрение этих двух систем представляет для нас некоторый интерес.

Обе стандартизации предусматривают как систему отверстия, так и систему вала.

Обе системы односторонние с тремя типичными<sup>1)</sup> классами точности. Посадки, соответствующие 4-у классу DIN, не стандартизованы.

Ступени диаметров такие же, как германские, но зависимость отклонения от диаметра иная. Здесь наблюдается наибольшее принципиальное расхождение этих стандартов с германским.

Швейцарская система не имеет математического выражения зависимости допусков и зазоров от диаметра. Таковая установлена лишь в табличной форме на основании чисто опытного материала, причем возрастание зазоров с диаметром идет быстрее, чем в германской.

В шведской системе и зазоры и натяги растут пропорционально корню квадратному из диаметра. Допуски на неточность растут, как  $\sqrt[3]{d}$ , т. е. в последнем случае по тому же закону, как и в системе DIN.

Число посадок в швейцарской системе:

|                        |               |               |
|------------------------|---------------|---------------|
| В 1-м классе . . . . . | 5 неподвижных | и 2 подвижных |
| Во 2-м " . . . . .     | 3             | 7             |
| В 3-м " . . . . .      | 1 неподвижная | 3             |

<sup>1)</sup> Шведская система несколько раз видоизменялась, причем число классов доходило до 12.

ДОПУСКИ ДЛЯ ПОСАДОК  
сводная таблица  
система отверстий

[illegible]

Рис. 94. Система отверстия DIN.

# ДОПУСКИ ДЛЯ ПОСАДОК

сводная таблица  
система вала.

| Степень точности           |           | 1° класс |          |            |             |           | 2° класс |          |            |             |           | 3° класс      |               |              |           |          | 4° класс      |              |            |           |           |
|----------------------------|-----------|----------|----------|------------|-------------|-----------|----------|----------|------------|-------------|-----------|---------------|---------------|--------------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-----------|-----------|
| Ближайшая посадка ГОСТ     |           | Луксов   | Луксов   | Нормальная | Посадка     | Посадка   | Луксов   | Луксов   | Нормальная | Посадка     | Посадка   | Луксов        | Луксов        | Нормальная   | Посадка   | Посадка  | Луксов        | Луксов       | Нормальная | Посадка   | Посадка   |
| Обозначение посадки по DIN |           | freisitz | freisitz | Hofisitz   | Schiebesitz | Gleitsitz | freisitz | freisitz | Hofisitz   | Schiebesitz | Gleitsitz | Freigelaufsit | Leichtlaufsit | Wahl-Laufsit | Gleitsitz | Laufsitz | Weill-Laufsit | Wahl-Laufsit | Grobisitz  | Grobisitz | Grobisitz |
| Обозначен                  | Отверстия | eF       | eT       | eH         | eS          | eG        | F        | T        | H          | S           | G         | E             | L             | L            | W         | SL       | SL            | W            | g'         | g'        | g'        |
| начен                      | Калибр    | eF       | eT       | eH         | eS          | eG        | F        | T        | H          | S           | G         | E             | L             | L            | W         | SL       | SL            | W            | g'         | g'        | g'        |
| Din                        |           | 51       | 56       | 50         | 49          | 48        | 47       | 57       | 46         | 45          | 44        | 43            | 42            | 41           | 53        | 57       | 56            | 55           | 59         | 57        | 56        |
| Единица допуска<br>мкм     | 30        |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
|                            | 28        |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
|                            | 26        |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
|                            | 24        |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
|                            | 22        |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
|                            | 20        |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
|                            | 18        |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
|                            | 16        |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
|                            | 14        |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
|                            | 12        |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
| Нулевая линия              | 10        |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
|                            | 8         |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
|                            | 6         |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
|                            | 4         |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
|                            | 2         |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
|                            | -2        |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
|                            | -4        |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
|                            | -6        |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
|                            | -8        |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
|                            | -10       |          |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           |          |               |              |            |           |           |
| Обозначен                  | Вал       | eW       |          |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           | sw       |               |              | gw         |           |           |
| начен                      | Калибр    | eW       | eG       |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           | sw       | sg            |              | gw         | g'        |           |
| Din                        |           | 20       | 56       |            |             |           |          |          |            |             |           |               |               |              |           | 15       | 4             |              | 16         | 4         |           |

Область допусков { Для отверстий  
• валов

Рис. 95. Система вала DIN.

В шведской системе:

В 1-м классе . . . . . 4 неподвижных и 1 подвижная  
 В 2-м . . . . . 6 . . . . . 5 подвижных  
 В 3-м . . . . . 6 . . . . . 5 . . . . .

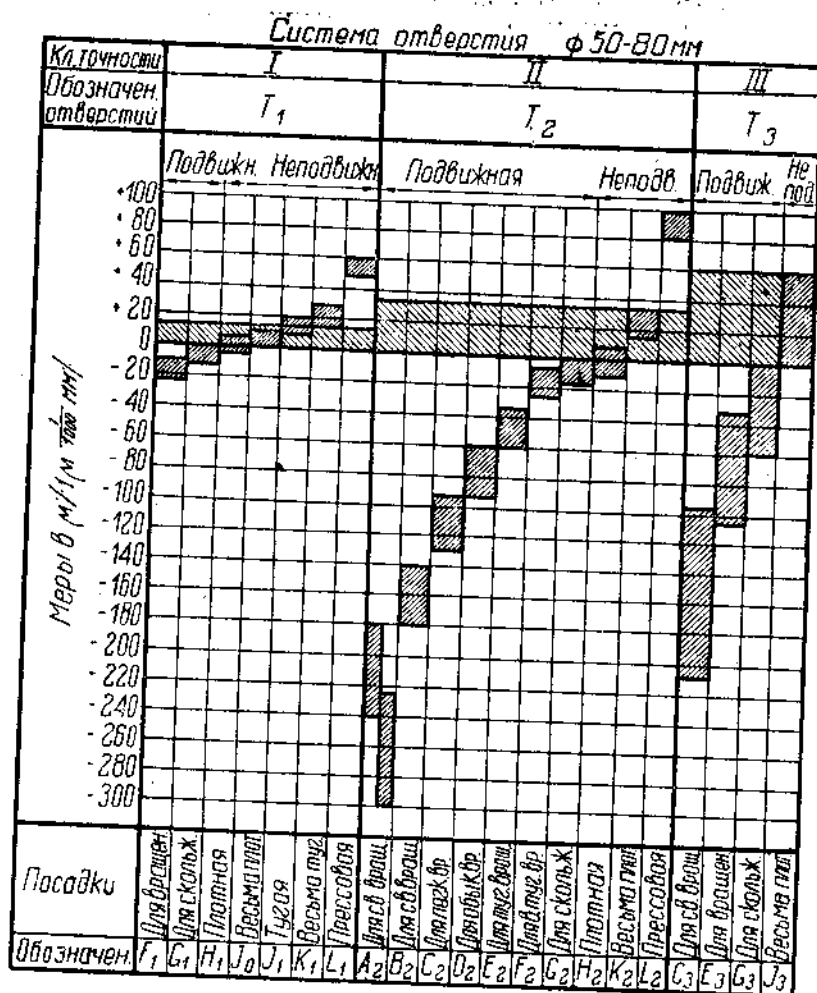


Рис. 96. Швейцарская система допусков.

Сравнивая эти системы с германской, мы видим, что в 3-м классе имеются не только подвижные, но и неподвижные посадки. В шведской системе 3-й класс точности также развит, как и 2-й. Для получения сколько-нибудь определенных посадок в этом случае допуски приняты значительно меньше, чем в 3-м классе DIN.

В отношении величины допусков заметим, что во 2-м классе они довольно близко подходят к DIN, а в 1-м допуски обеих систем несколько меньше, чем в системе DIN.

Для иллюстрации приводим графики расположения предельных отклонений как в швейцарской (рис. 96), так и в шведской системах (рис. 97)<sup>1)</sup>. Оба графика вычерчены для одной и той же ступени диаметров 50—80 мм. Температура измерений в обеих странах принята та же, что и в Германии — 20°C.

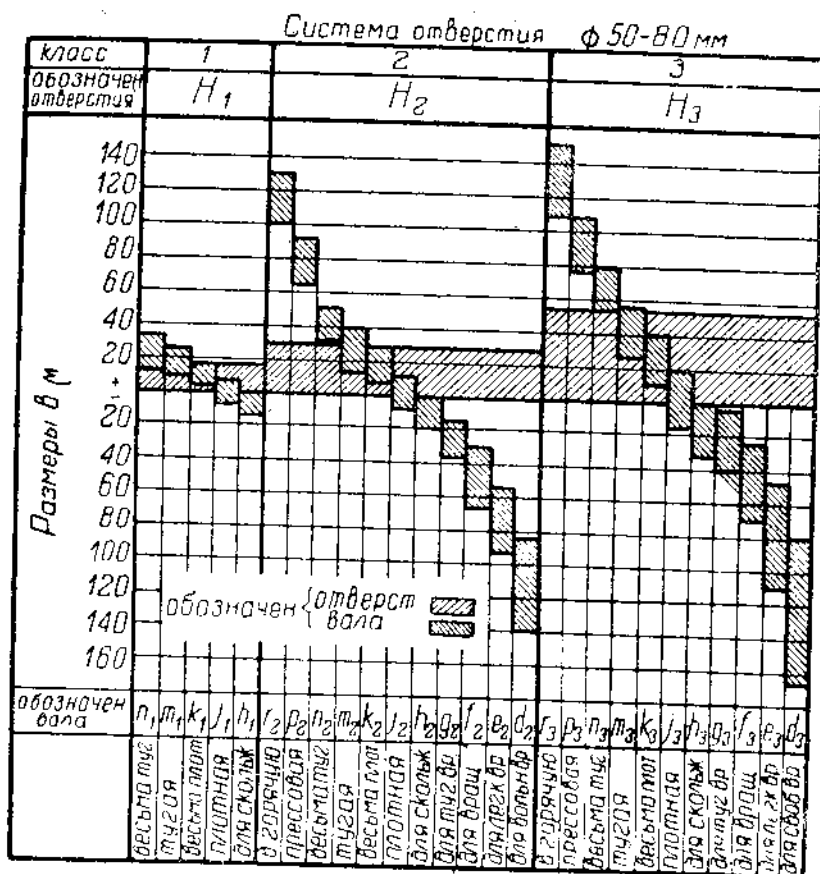


Рис. 97. Шведская система допусков.

## 7. Чехословацкая система.

Эта система иначе называется *системой Шкода — Саввина*, так как она была разработана проф. Н. Н. Саввиным для нужд завода Шкода. При проведении этой работы был использован опыт систем DIN, швейцарской и шведской, а также ряд материалов, собранных проф. Саввиным на заводе Шкода<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Заимствованы из книги проф. Н. Н. Саввина «Допуски в машиностроении».

<sup>2)</sup> Подробное описание системы и оснований, на которых она построена, см. там же.

В 1921 году этот завод перешел на работу по системе DIN и применял ее в течение пяти лет. Завод остался недоволен результатами применения этой системы, причем главнейшие недостатки усматривались следующие:

а) Недостаточная определенность неподвижных посадок 1-го и 2-го классов. Часто вместо требуемой посадки получалась другая, значительно от нее отличающаяся. Например вместо Haftsitz получалась Gleitsitz.

б) При недостаточной точности малых диаметров (до 180 мм) точность больших оказывалась чрезмерной.

в) Имелась потребность в стандартизации сильно-прессовых и горячих посадок, которые, как известно, не предусмотрены системой DIN.

После тщательной проработки вопроса, подбора материала и ряда опытов проф. Н. Н. Саввин выработал систему, значительно отличающуюся от DIN:

а) Число классов точности повышено с четырех до пяти; последний является еще значительно более грубым чем 4-й класс DIN.

б) Зависимость отклонений от диаметров установлена иная, чем корень кубический. Зазоры и натяги растут пропорционально корню квадратному диаметра, кроме прессовых посадок, где натяги растут пропорционально диаметру. Зависимость допусков не выражена математически, а изображена в виде кривых<sup>1)</sup>, полученных экспериментальным путем. Благодаря принятым зависимостям, допуски при малых диаметрах получаются уже, чем у DIN, а при больших свободнее.

в) Введена сильно-прессовая посадка. При разработке этой части системы было проделано много опытов, так что полученные результаты имеют общий интерес<sup>2)</sup>. Между прочим проф. Саввин пришел к выводу о практической невозможности достижения взаимозаменяемости при прессовых посадках малых диаметров (до 10 мм)<sup>3)</sup>.

В остальном система односторонняя, причем на заводе Шкода пользуются только основным отверстием. Проф. Саввин предлагает эту систему и как систему вала.

В системе Шкода — Саввина интересна подробная проработка вопроса о *широких допусках* (шире 5-го класса). Эти допуски не требуют для своего контроля предельных калибров, но внесение известного порядка здесь совершенно необходимо. Проф. Саввин ограничивает их рядом чисел: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,7; 1,0; 1,4; 2; 3; 4; 5; 7; 10 мм.

Допуски эти, в зависимости от конструктивных и технологических соображений, могут ставиться со знаком  $+$  или  $-$ , или со знаком  $\pm$  и раскладываются симметрично или несимметрично в отношении нулевой линии; они не связаны с определенными интервалами диаметров. Таким образом пользование ими носит совершенно универсальный характер,<sup>4)</sup> например:

$$\begin{array}{ccccccc} +0,0 & +0,4 & +1 & +0,2 & & & \\ 80 & 104 & 235 & 165 & & & \\ -0,2 & -0,0 & -2 & -0,1 & & & \end{array} \text{ и т. д.}$$

Применяются широкие допуски в самых разнообразных случаях: при необходимости иметь большой зазор между соединяемыми частями, при прочных соединениях двух частей, из которых одна должна быть пригнана

<sup>1)</sup> См. выше гл. IV § 9.

<sup>2)</sup> См. гл. I.

<sup>3)</sup> См. гл. I.

<sup>4)</sup> Здесь имеется существенное различие с трактовкой этого вопроса у DIN.

См. гл. IV § 7.

по месту, при назначении ограничений свободного размера, например толщины втулки или фланца, длины штанги и т. п., и наконец при установлении расстояний между отдельными точками в конструкции, например отверстиями во фланцах или сверлильных шаблонах и т. д.

В тех случаях, когда конструктор не указывает на чертеже допусков для какого-либо размера во избежание произвольных толкований при изготовлении изделий в мастерских и недоразумений при их приемке рекомендуется держаться следующей таблички двусторонних допусков для этих размеров, обязательных для мастерской.

Таблица 3.  
Широкие допуски по Саввину.

| Интервалы диаметров | Допуски в мм | Интервалы диаметров | Допуски в мм |
|---------------------|--------------|---------------------|--------------|
| 1—10                | $\pm 0,2$    | 360—500             | $\pm 0,8$    |
| 10—30               | $\pm 0,3$    | 500—1000            | $\pm 1,2$    |
| 30—80               | $\pm 0,4$    | 1000—3000           | $\pm 2$      |
| 80—180              | $\pm 0,5$    | 3000—5000           | $\pm 3$      |
| 180—360             | $\pm 0,6$    |                     |              |

Наибольшую известность получила система Шкода благодаря дискуссии, имевшей место между проф. Саввиным и проф. Шлезингером<sup>1)</sup>.

Проф. Шлезингер не соглашается с мнением проф. Саввина о затруднениях, возникающих при пользовании системой DIN в промышленности, и, ссылаясь на свыше чем десятилетний опыт заводов, работающих по этой системе, приходит к выводу, что система DIN вполне отвечает своему назначению. Сужение допусков при малых диаметрах, которые наиболее распространены, сильно повысит издержки производства, а расширение допусков при больших диаметрах приносит мало пользы, так как такие диаметры обычно отделяются с большой осторожностью опытными рабочими. В этой дискуссии интересно утверждение проф. Шлезингера, что *оценку системе допусков дает в конце концов повседневная практика заводов, работающих на ней*. При чрезмерно широких допусках резко возрастает процент брака и увеличиваются затруднения при сборке, а при слишком малых — стоимость механической обработки возрастет настолько, что применение столь строгих допусков становится явно невыгодным. *Таким образом система как бы сама себя контролирует*. Проф. Шлезингер считает в конечном счете наиболее убедительным доводом в пользу системы DIN многолетнее успешное применение ее в промышленности.

В этом мнении имеется несомненно много верного, так как вопросы, связанные с допусками и посадками, весьма сложны и не могут быть разрешены не только теоретически, но даже чисто экспериментальным путем. Весьма важен здесь *человеческий фактор*, причем нужно учитывать психологию рабочих различной квалификации и работающих в различной обстановке.

<sup>1)</sup> Проф. Шлезингер — главный деятель по установлению системы DIN. Дискуссия см. American Machinist, т. 67, стр. 721, 1927 г.; т. 69, стр. 725, 1928 г.; т. 70, стр. 397, т. 71, стр. 24, 887, также Орга-Информация №№ 7 и 8, 1928 г.

Многие вопросы решались бы исчислением вероятностей, если бы имелся достаточно систематизированный материал. Наконец потребности промышленности столь различны, что приемлемое на одном заводе является непригодным для другого. Найти некоторое равнодействующее решение можно только путем изучения условий работы всей промышленности. В этом отношении приходится признать правоту проф. Шлезингера, утверждавшего невозможность установления системы, основываясь на опыте одного хотя бы и большого завода (в данном случае Шкода). Тем не менее нужно считать, что по многим вопросам критика проф. Саввина была вполне основательна и его труды несомненно повлияли на работу Междупартийной комиссии по допускам.

#### 8. Общесоюзный стандарт на допуски и посадки (ОСТ). Исторический очерк.

Необходимость введения в СССР общесоюзного стандарта допусков и посадок сознавалась уже давно.

Первая комиссия по стандартизации допусков была учреждена при Металлообрабатывающей секции Петроградского отделения Центрального совета экспертов 2 декабря 1918 года и в результате своих работ сочла возможным рекомендовать систему, предложенную П. М. Шелоумовым<sup>1)</sup>. Система эта была двусторонняя и признавала как основное отверстие, так и основной вал.

Однако деятельность комиссии протекала в то время, когда СССР был отрезан от остального мира, и она не могла учесть той работы, которая была послана за границей в первые годы после войны (1917—20 г.). В своем докладе на конференции по допускам и посадкам, состоявшейся в 1929 году, проф. А. Д. Гатцук сообщает, что германский комитет по стандартизации, узнав о проекте П. М. Шелоумова, очень обеспокоился возможностью введения у нас симметричной системы и счел нужным сообщить Главной палате мер и весов свои аргументы против этой системы.

Когда сношения с заграничной возобновились, было решено вновь переработать вопрос силами Комитета эталонов и стандартов при Главной палате мер и весов (КЭС). Разработка системы началась в конце 1924 года в специальной комиссии при КЭС. Затем к работам были привлечены представители объединений и заводов Ленинграда<sup>2)</sup>. „Сведения, собранные о положении дел на заводах СССР, привели комиссию к выводу, что не имеется материала, достаточного для построения своей объединенной системы допусков для посадок, так как отдельные предприятия до войны работали по самым разнообразным системам в зависимости от тех или иных связей с заграничной промышленностью или даже просто от усмотрения своих руководителей. Военное ведомство, более всего имевшее опыт в работе по предельным калибрам, не стремилось к приведению допусков в стройную систему, кроме того калибровое хозяйство почти везде пришло в большой упадок. Между тем в ту пору за границей уже шла в целом ряде стран усиленная разработка систем допусков в государственном масштабе и некоторые результаты уже были опубликованы. Так как в это время Главная

<sup>1)</sup> Доклад П. М. Шелоумова — см. изд. Главной палаты мер и весов „Материалы по вопросу об установлении нормальной системы предельных калибров“ 1921 г.

<sup>2)</sup> См. упомянутый доклад проф. А. Д. Гатцука на конференции. Вестник стандартизации № 3 (15), май—июнь 1929 г.

палата мер и весов успела завязать сношения с иностранными комитетами по стандартизации и КЭС уже располагал чрезвычайно ценными материалами по работе, ведущейся в разных странах, то совершенно естественно, что было решено широко использовать у нас при стандартизации допусков иностранный опыт в этом направлении<sup>4</sup>.

Таким образом работа Комиссии направилась по пути приспособления и пересмотра системы DIN с тем, чтобы, приняв ее за основу, внести в нее необходимые коррективы и таким образом дать проект общесоюзного стандарта.

Нужно сказать, что в то же время система DIN стала стихийно проникать в промышленность СССР. Заводы, восстанавливающие свое производство, по общему правилу либо никогда раньше не работали по предельным калибрам, либо за время длительного бездействия утратили навыки в этом направлении. Поэтому большинство из них при введении или восстановлении работы по предельным калибрам брало систему наиболее известную и пользующуюся общим признанием—систему DIN. Этому способствовало конечно и то обстоятельство, что первая страна, с которой нами были восстановлены сношения, была Германия. В результате ко времени издания проекта общесоюзного стандарта (1927 г.) большинство крупных заводов уже перешло на систему DIN.

Между тем Комиссия КЭС продолжала свою работу и выработала к 1926 г. проект стандарта<sup>1</sup>). Этот проект был издан в сентябре 1927 г. (Промстандарт „Металл“, выпуск 14) и разослан для критики. В апреле 1929 г. состоялась конференция по допускам и пригонкам в машиностроении, на которой вопросы о введении системы КЭС были подвергнуты всестороннему обсуждению. В виду того, что и теперь те же вопросы продолжают интересовать широкие круги техников, мы позволим себе несколько более остановиться на дискуссии, связанной с установлением общесоюзного стандарта допусков.

Главнейшей темой, обсуждавшейся на конференции, был вопрос целесообразности введения какой-либо иной системы кроме DIN.

Большинство выступавших представителей заводов считало такой переход нецелесообразным, приводя следующие доводы:

а) Система DIN всесторонне испытана и вполне удовлетворяет работающие по ней заводы.

б) Связи с Германией у нас столь прочны, что общая система допусков очень облегчает сношения. Особенное значение придавалось возможности получения инструмента (особенно калибров), стандартного для германской промышленности, имеющегося у германских фирм всегда на складе, а следовательно и более дешевого.

в) Переход на какую-либо новую систему очень тяжело отзовется на работе заводов, только что переживших все трудности введения другой системы. Будут большие затруднения с снабжением инструментом.

Сторонники системы КЭС приводили также ряд доводов, которые сводились к следующему:

а) Система DIN имеет ряд недостатков, из которых самыми серьезными являются: неправильно принятая зависимость зазоров и натягов от диаметра и отсутствие в системе сильно-прессовых посадок.

б) Приняв систему DIN, мы в дальнейшем логически должны будем

<sup>1</sup>) Главная работа была выполнена покойным проф. А. Д. Гатцуком.

вводить у себя все изменения, которые будут вводиться в Германии. Отказ от введения какого-либо из них поведет к нарушению единства с германской системой.

в) Международная система допусков и посадок, которая рано или поздно будет установлена, окажется несоответствующей во всех подробностях с системой DIN и в некоторых пунктах повидимому окажется даже более близкой к КЭС, чем к DIN.

г) Вопросы, возникающие в связи с установлением калибрового хозяйства, не могут иметь решающего значения, так как с одной стороны, существующий запас калибров изнашивается и при пополнении безразлично, приобретать ли инструмент по системе КЭС или DIN, а с другой — германские заводы, как выяснилось, охотно изготавливают калибры КЭС почти по одной цене с калибрами DIN.

В конце концов Комитетом по стандартизации при СТО за стандартную была принята система КЭС, с некоторыми изменениями. Общесоюзные стандарты (ОСТ'ы) по допускам были выпущены в главной своей части в конце 1929 года и продолжают постепенно выпускаться и теперь.

## 9. Описание системы ОСТ.

**А. Определения основных понятий.** Опишем детально нашу стандартную систему допусков и посадок, причем воспользуемся этим для того, чтобы одновременно уточнить терминологию. Дело в том, что при рассмотрении различных систем наблюдается некоторая разница в определениях основных терминов. Выше мы не останавливались на определениях, полагая достаточным в дальнейшем дать их по ОСТ.

Приводим определения по Общесоюзному стандарту дословно (ОСТ 1001, 1002, 1003).

**Б. Допуски и отклонения** (рис. 98).

а) *Номинальный размер* есть основной расчетный размер.

**Примечание.** При установлении номинальных размеров для валов и отверстий необходимо рас-

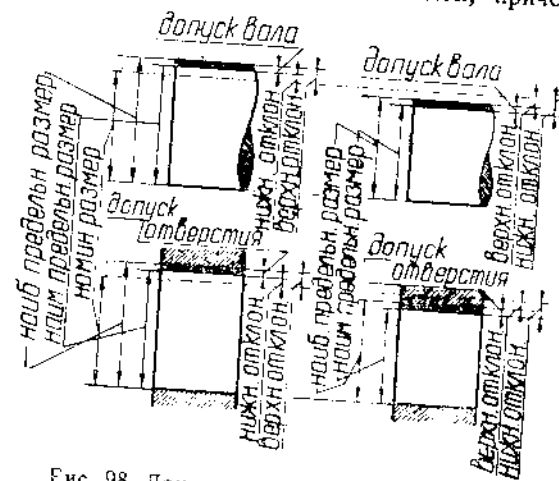


Рис. 98. Допуски и отклонения по ОСТ.

четные размеры округлять, подбирая ближайшие к ним размеры из ряда нормаль-

б) *Действительным размером* называется тот, который получается непосредственным измерением.

в) *Предельными размерами* называются размеры, между которыми может колебаться действительный размер.

Один из них называется *наибольшим предельным размером*, другой — *наименьшим*.

г) *Допуском* называется разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами.

д) 1. *Верхним отклонением* называется разность между наибольшим предельным размером и номинальным размером.

2. *Нижним отклонением* называется разность между наименьшим предельным размером и номинальным размером.

3. *Действительным отклонением* называется разность между действительным и номинальным размером.

**В. Зазор. Натяг. Посадка (рис. 99).**

а) При сборке двух деталей, входящих одна в другую, различают внешнюю *охватывающую поверхность* и внутреннюю *охватываемую* поверхность.

Один из размеров соприкасающихся поверхностей носит название *охватывающий размер*, а другой — *охватываемый*.

Для круглых тел охватывающая поверхность носит общее название *отверстие*, а охватываемая — *вал*, а соответствующие размеры — диаметр отверстия и диаметр вала.

Примечание. В дальнейшем все понятия и определения, устанавливаемые для круглых тел, соответственно распространяются и на некруглые тела.

б) *Зазором* называется положительная разность между диаметрами отверстия и вала, создающая свободу их относительного движения.

*Наибольшим зазором* называется разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим предельным размером вала.

*Наименьшим зазором* называется разность между наименьшим предельным размером отверстия и наибольшим предельным размером вала.

в) *Натягом* называется отрицательная разность между диаметром отверстия и диаметром вала до сборки, создающая после сборки неподвижные соединения.

*Наибольшим* (по абсолютному значению) *натягом* называется разность между наименьшим предельным размером отверстия и наибольшим предельным размером вала.

*Наименьшим* (по абсолютному значению) *натягом* называется разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим предельным размером вала.

г) *Допуском зазора или натяга* называется разность между наибольшим и наименьшим зазором или наибольшим и наименьшим натягом.

*Следствие.* Допуск зазора или натяга равен сумме допусков вала и отверстия.

д) У обеих деталей соединения номинальный размер вала и отверстия должен быть один и тот же. Он носит название *номинальный размер соединения*.

е) *Посадка* определяет характер соединения двух вставленных одна в другую деталей и обеспечивает в той или иной степени, за счет разности фактических размеров, свободу их относительного перемещения или проч-

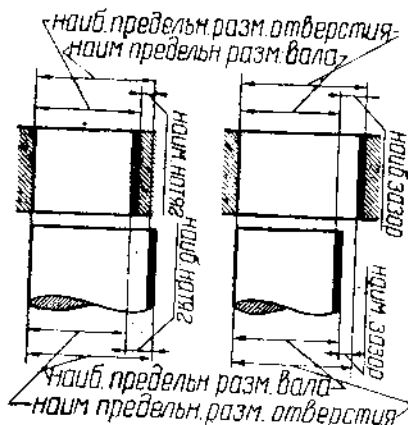


Рис. 99. Зазоры и натяги по ОСТ.

ность их неподвижного соединения. Посадки разделяются на две основных группы:

1) посадки для свободного движения, при которых обеспечивается возможность относительного перемещения соединенных деталей во время службы;

2) посадки неподвижные, при которых во время работы не должно происходить относительного перемещения соединенных деталей.

**Г. Система допусков. Классы точности. Типы посадок. Обозначения (рис. 100).**

а) *Системой допусков* называется планомерно построенная совокупность допусков и посадок.

б) Система допусков подразделяется:

1) по основанию системы — на систему отверстия и на систему вала,

2) по величине допусков — на несколько степеней (классов) точности,

3) по величине зазоров или натягов — на ряд посадок.

в) *Система отверстия* характеризуется тем, что в ней для всех посадок одной и той же степени точности (одного класса), отнесенных к одному и тому же номинальному диаметру, предельные размеры отверстия остаются постоянными. Осуществление различных посадок достигается за счет соответствующего изменения предельных размеров вала.

В системе отверстия номинальный размер является наименьшим предельным размером отверстия.

г) *Система вала* характеризуется тем, что в ней для всех посадок одной и той же степени точности (одного класса), отнесенных к одному и тому же номинальному диаметру, предельные размеры вала остаются постоянными.

Осуществление различных посадок достигается за счет соответствующего изменения предельных размеров отверстия.

В системе вала номинальный размер является наибольшим предельным размером вала.

*Следствие.* Обе системы являются несимметричными предельными, причем допуск отверстия в системе отверстия всегда будет направлен в сторону увеличения отверстия (в тело), а допуск вала в системе вала — в сторону уменьшения вала (в тело).

д) При графическом построении допусков пользуются понятием *нулевая линия*.

Нулевая линия служит началом отсчета отклонений от номинального размера, причем в системе отверстия она определяет размер наименьшего отверстия, а в системе вала — наибольшего вала.

е) В зависимости от величины допусков зазора и натяга, при одинаковых посадках и одних и тех же номинальных диаметрах различают посадки разной степени точности, группируемые по отдельным классам точности.

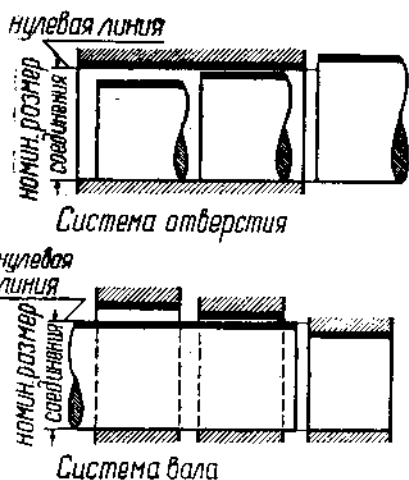


Рис. 100. Расположение отклонений в системах отверстия и вала (по ОСТ).

Установление нескольких классов точности имеет своей целью применение в производстве наипростейшего оборудования и наипростейших методов обработки применительно к отдельным объектам производства.

Все классы точности образуют 2 группы.

ж) Для соединений, требующих во всех случаях вполне отчетливого характера, применяются классы точности первой группы, обозначаемые 1, 2, 3, в порядке убывающих степеней точности.

Классы обозначаются арабскими цифрами в виде индексов к обозначениям посадок.

Примечания. 1. Для облегчения начертания, во 2-м классе точности, в виду большого его распространения, индекс 2 опускается.

2. Разрешается обозначать классы точности арабскими цифрами в строку с обозначениями посадок во всех случаях, когда это вызывается удобством начертания.

з) Для более грубых соединений применяется точность 2-й группы. Посадки этой группы носят название *грубых посадок* и обозначаются г1, г2, г3 и т. д., где г обозначает 2-ю группу точности (грубая посадка), а арабская цифра обозначает посадку.

и) Посадкам первой группы классов точности (классов 1, 2 и 3) присваиваются следующие наименования и обозначения (в порядке убывающих натягов и возрастающих зазоров):

Неподвижные посадки:

|             |    |
|-------------|----|
| Горячая     | Гр |
| Прессован   | Пр |
| Глухая      | Г  |
| Тугая       | Т  |
| Напряженная | Н  |
| Плотная     | П  |

Подвижные посадки:

|                |   |
|----------------|---|
| Скользкая      | С |
| Движения       | Д |
| Ходовая        | Х |
| Легко-ходовая  | Л |
| Широко-ходовая | Ш |

к) Основания систем обозначаются: отверстие буквой А, вал — В.

Отверстие в системе вала и вал в системе отверстия обозначаются буквами и цифрами соответствующих им посадок и классов точности.

л) В отдельных случаях, при невозможности по техническим и экономическим условиям уложиться в допуски, предписываемые системой, разрешается пользоваться комбинацией из отдельных элементов посадок системы отверстия и системы вала или комбинацией элементов посадок разных классов точности.

м) В отдельных, особо исключительных случаях, при наличии достаточного обоснования допускается пользоваться не входящими в систему *индивидуальными* допусками.

н) Допуски для размеров поверхностей, не входящих в какое-либо соединение, или же не влияющих непосредственно на характер соединения, носят название *допуски свободных размеров*.

В конце книги для справок приведены таблицы допусков и посадок ОСТ.

Кроме этих сводных таблиц, ОСТ выпустил отдельные таблицы по каждой посадке к каждому классу точности и притом отдельно для системы отверстия и вала.

Последние таблицы дают не только отклонения, но и непосредственно натяги и зазоры.

Д. Характеристики системы ОСТ. Как видно из приведенных определений и таблиц, система ОСТ имеет следующие характеристики:

- а) Система эта односторонняя.  
 б) Признается равноправие основного отверстия и вала.  
 в) Существует 4 класса точности, причем допускается в дальнейшем введение дополнительных классов. Правило равенства приемных калибров одноименных посадок всех классов в системе ОСТ не соблюдено.  
 г) Посадок во 2-м классе имеется: 6 неподвижных и 5 подвижных. В систему введены как прессовая, так и горячая посадки<sup>1)</sup>. В первом классе лишь 5 посадок, в третьем—3 и грубых посадок—4.  
 д) Градации диаметров приняты по DIN.  
 е) Нормальная температура измерений — 20°C.  
 ж) В системе четко проведено разделение понятий зазоров и натягов с одной стороны и допусков с другой.  
 з) Зависимость от диаметров различная в различных случаях: для допусков принята зависимость кубического корня, а для зазоров и натягов та же зависимость для всех посадок кроме прессовой и ходовых, для которых установлено значительно более быстрое нарастание натягов и зазоров при увеличении диаметра.

## 10. Сравнение систем ОСТ и DIN.

А. 2-й класс точности. В виду уже происходящего и предстоящего в ближайшее время перехода ряда наших заводов с системы DIN на ОСТ, весьма интересно сравнить непосредственно числовые значения отклонений,

Табл.  
Натяги и зазоры в с  
2-й класс

| Посадки             |        |                   |        | П р е д е |       |       |       |       |       |
|---------------------|--------|-------------------|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                     |        |                   |        | 1 — 3     |       |       |       |       |       |
| О С Т               |        | D I N             |        | О С Т     |       |       | D I N |       |       |
| Наименов.           | Обозн. | Наименов.         | Обозн. | Наиб.     | Наим. | Сред. | Наиб. | Наим. | Сред. |
| Прессовая           | Пр     | Pressitz          | P      | +18       | +2    | +10   | +15   | +1    | +8    |
| Глухая              | Г      | Festsitz          | F      | +13       | +4    | +4,5  | +12   | +3    | +4,5  |
| Тугая               | Т      | Treitsitz         | T      | +10       | +6    | +2    | +9    | +6    | +1,5  |
| Напряженная         | Н      | Haftsitz          | H      | +7        | +9    | +1    | +6    | +9    | +1,5  |
| Плотная             | П      | Schiebesitz       | S      | +3        | +13   | +5    | +3    | +12   | +4,5  |
| Скользкая           | С      | Gleitsitz         | G      | 16        | 0     | 8     | 15    | 0     | 7,5   |
| Движения            | Д      | Enger Laufsitz    | EL     | 19        | 3     | 11    | 18    | 3     | 10,5  |
| Ходовая             | Х      | Laufsitz          | L      | 28        | 8     | 18    | 27    | 9     | 18    |
| Легко-ходо-<br>вая  | Л      | Leichter Laufsitz | LL     | 35        | 12    | 23,5  | 39    | 18    | 28,5  |
| Широко-хо-<br>довая | Ш      | Weiter Laufsitz   | WL     | 45        | 18    | 31,5  | 59    | 30    | 44,5  |

<sup>1)</sup> Для орычей посадки стандарт еще не вынущен.

<sup>2)</sup> Зазоры и натяги выражены в микронах  $\mu = 0,001$  мм.

оставив в стороне теоретические обоснования обеих систем. Мы начнем с наиболее распространенного 2-го класса точности и сравним получающиеся натяги, зазоры и допуски (в системе отверстий) для трех характерных интервалов диаметров: низшего 1—3 мм, среднего 50—80 мм и высшего 360—500 мм.

Сравнивая значения отклонений во 2-м классе по ОСТ и по DIN, видим, что допуски в обеих системах практически одинаковы, что же касается натягов и зазоров, то следующие посадки также практически одинаковы:

Глухая (Г) по ОСТ и Festsitz (F) по DIN.

Тугая (Т) по ОСТ и Treibsize (T) по DIN.

Плотная (П) по ОСТ и Schiebesitz (S) по DIN.

Скользкая (С) по ОСТ и Gleitsitz (G) по DIN.

Прессовая посадка (Пр) ОСТ близка к Pressitz (P) DIN при малых диаметрах, но значительно туже последней при больших.

Напряженная посадка ОСТ (Н) при всех диаметрах немного туже, чем Haftsize DIN.

Более существенное различие наблюдается в ходовых посадках, в которых при малых диаметрах ОСТ дает зазоры приблизительно такие же, как DIN (в среднем немного меньшие), а при больших значительно больше. Разница доходит для диаметров 360—500 мм до 55  $\mu$ , т. е. 0,055 мм.

Большие натяги при больших диаметрах в случаях прессовой посадки и ходовых объясняются иным законом возрастания отклонений по сравнению с принятым у DIN. У ОСТ возрастание натягов и зазоров в этих посадках

4.

тах ОСТ и DIN <sup>2)</sup>.

ости.

| ы диаметров |      |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       | Примечание                  |
|-------------|------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------|
| 50 — 80     |      |       |       |       |       | 360 — 500 |       |       |       |       |       |                             |
| ОСТ         |      |       | DIN   |       |       | ОСТ       |       |       | DIN   |       |       |                             |
| б.          | Наим | Сред. | Наиб. | Наим. | Сред. | Наиб.     | Наим. | Сред. | Наиб. | Наим. | Сред. |                             |
| 5           | +15  | +40   | +75   | +25   | +50   | +275      | +175  | +225  | +180  | +80   | +130  | Неподвижные посадки. Натяги |
| 10          | -10  | +15   | +40   | -10   | +15   | +80       | -20   | +30   | +80   | -20   | +30   |                             |
| 20          | -20  | +5    | +30   | -20   | +5    | +60       | -40   | +10   | +60   | -40   | +10   |                             |
| 30          | -27  | -2    | +20   | -30   | -5    | +45       | -55   | -5    | +40   | -60   | -10   |                             |
| 40          | -40  | -15   | +10   | -40   | -15   | +20       | -80   | -30   | +20   | -80   | -30   |                             |
| 50          | 0    | 25    | 50    | 0     | 25    | 100       | 0     | 50    | 100   | 0     | 50    | Подвижные посадки. Зазоры   |
| 12          | 12   | 37    | 60    | 10    | 35    | 130       | 30    | 80    | 120   | 20    | 70    |                             |
| 16          | 30   | 60    | 90    | 30    | 60    | 200       | 80    | 140   | 180   | 60    | 120   |                             |
| 25          | 65   | 100   | 130   | 60    | 95    | 305       | 170   | 237,5 | 260   | 120   | 190   |                             |
| 36          | 95   | 135   | 180   | 100   | 140   | 400       | 250   | 325   | 340   | 200   | 270   |                             |

**Таблица 5.**  
**Допуски в системах ОСТ и DIN <sup>1)</sup>.**  
**2-й класс точности.**

| Посадки ОСТ    |             | Посадки DIN       |             | Пределы диаметров |     |       |     |         |     | Примечание           |
|----------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-----|-------|-----|---------|-----|----------------------|
|                |             |                   |             | 1—3               |     | 50—80 |     | 360—500 |     |                      |
| Наименование   | Обозначение | Наименование      | Обозначение | ОСТ               | DIN | ОСТ   | DIN | ОСТ     | DIN |                      |
| Прессовая      | Пр          | Pressitz          | P           | 6                 | 5   | 20    | 20  | 40      | 40  | Допуски на валу      |
| Глухая         | Г           | Festsitz          | F           | 7                 | 6   | 20    | 20  | 40      | 40  |                      |
| Тугая          | Т           | Treibsitz         | T           | 6                 | 6   | 20    | 20  | 40      | 40  |                      |
| Напряженная    | Н           | Haftsitz          | H           | 6                 | 6   | 20    | 20  | 40      | 40  |                      |
| Плотная        | П           | Schiebesitz       | S           | 6                 | 6   | 20    | 20  | 40      | 40  |                      |
| Скользкая      | С           | Gleitsitz         | G           | 6                 | 6   | 20    | 20  | 40      | 40  |                      |
| Движения       | Д           | Enger Lauf-sitz   | EL          | 6                 | 6   | 20    | 20  | 40      | 40  |                      |
| Ходовая        | Х           | Laufsitz          | L           | 10                | 9   | 30    | 30  | 60      | 60  | Допуски в отверстиях |
| Легко-ходовая  | Л           | Leichter Laufsitz | LL          | 13                | 12  | 40    | 40  | 75      | 80  |                      |
| Широко-ходовая | Ш           | Weiter Lauf-sitz  | WL          | 17                | 20  | 50    | 50  | 90      | 80  |                      |
| Отверстие      | А           | Bohrung           | B           | 10                | 9   | 30    | 30  | 60      | 60  |                      |

Таб  
**Натяги и зазоры в си**  
**1-й класс**

| Посадки     |                |             |        | Преде               |       |       |       |       |       |
|-------------|----------------|-------------|--------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|             |                |             |        | з — 6 <sup>2)</sup> |       |       |       |       |       |
| ОСТ         |                | DIN         |        | ОСТ                 |       |       | DIN   |       |       |
| Наименов.   | Обозн.         | Наименов.   | Обозн. | Наиб.               | Наим. | Сред. | Наиб. | Наим. | Сред. |
| Глухая      | Г <sub>1</sub> | Festsitz    | eF     | +13                 | 0     | +6,5  | +15   | +2    | +8,5  |
| Тугая       | T <sub>1</sub> | Treibsitz   | eT     | +10                 | -3    | +3,5  | +12   | -2    | +5    |
| Напряженная | H <sub>1</sub> | Haftsitz    | eH     | +6                  | -7    | -0,5  | +8    | -6    | +1    |
| Плотная     | П <sub>1</sub> | Schiebesitz | eS     | +3                  | -10   | -3,5  | +4    | -10   | -3    |
| Скользкая   | C <sub>1</sub> | Gleitsitz   | eG     | 0                   | 13    | 6,5   | 0     | 14    | 7     |

<sup>1)</sup> Все допуски выражены в микронах.

<sup>2)</sup> Зазоры и натяги выражены в микронах.

<sup>3)</sup> В таблицах DIN в 1-м классе строка для пределов диаметров 1—3 мм отсутствует.

Более быстрое. В остальных посадках рост натягов и зазоров и во всех случаях рост допусков протекает по тому же закону, как и у DIN (пропорциональность  $\sqrt[3]{d}$ ).

**Б. 1-й класс точности.** Переходим к 1-у классу. Сравнение натягов и зазоров произведено в таблице 6, а допусков — в таблице 7.

Сравнивая посадки и допуски 1-ых классов ОСТ и DIN, видим, что во всех случаях они близки в обеих системах, причем в системе ОСТ неподвижные посадки немного свободнее, а скользящая немного плотнее, чем у DIN. Допуски ОСТ немного строже чем у DIN. Сравнивая неподвижные посадки 1-го и 2-го классов, мы увидим, что построение ОСТ иное, чем DIN. В системе DIN наблюдается точное совпадение приемных скоб, а у ОСТ такого совпадения нет.

**В. 3-й класс точности.** В 3-м классе точности обе системы имеют только по три посадки. Сравнивая их и в этом случае, увидим, что скользящая посадка ОСТ ( $C_3$ ) и Gleitsitz (sG) DIN практически одинаковы, что же касается обеих ходовых посадок  $H_3$  и  $Ш_3$ , то они отличаются от sL и sWL DIN тем, что у ОСТ рост зазора значительно более быстрый, чем у DIN. Например  $Ш_3$  при диаметре 360 мм имеет средний зазор 345  $\mu$ , а sWL лишь 310  $\mu$ .

Допуски в обеих системах практически одинаковы.

**Г. Грубые посадки.** Грубые посадки ОСТ соответствуют 4-у классу точности DIN и в обеих системах имеются в количестве четырех. Средние зазоры у ОСТ несколько больше, чем у DIN. Допуски в отверстиях у ОСТ немного шире, на валах же в посадках г1, г2, г3 также немного шире, а в посадке г4 несколько уже, чем у DIN.

Сопоставляя все сказанное, видим, что обе системы безусловно взаимозаменяемы, и вполне можно собирать части, изготовленные по калибрам, от разных стандартов. Однако разница в некоторых случаях все же на-

та 6.  
тах ОСТ и DIN <sup>2)</sup>.

ности.

| Диаметров                        |                                       |                                   |                                  |                                            |                                   |                                   |                                   |                                   |                                    |                                   |                | Примечание |
|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------|------------|
| 50 — 80                          |                                       |                                   |                                  |                                            |                                   | 360 — 500                         |                                   |                                   |                                    |                                   |                |            |
| ОСТ                              |                                       |                                   | DIN                              |                                            |                                   | ОСТ                               |                                   |                                   | DIN                                |                                   |                |            |
| Наим.                            | Сред.                                 | Наиб.                             | Наим.                            | Сред.                                      | Наиб.                             | Наим.                             | Сред.                             | Наиб.                             | Наим.                              | Сред.                             | Наиб.          |            |
| + 1<br>- 8<br>- 15<br>- 23<br>31 | + 17<br>+ 8<br>+ 0,5<br>- 7,5<br>15,5 | + 40<br>+ 30<br>+ 20<br>+ 10<br>0 | + 5<br>- 5<br>- 15<br>- 25<br>35 | + 22,5<br>+ 12,5<br>+ 2,5<br>- 7,5<br>17,5 | + 65<br>+ 45<br>+ 32<br>+ 15<br>0 | + 5<br>- 15<br>- 30<br>- 45<br>60 | + 35<br>- 15<br>+ 1<br>- 15<br>30 | + 80<br>+ 60<br>+ 40<br>+ 20<br>0 | + 10<br>- 12<br>- 30<br>- 50<br>68 | + 45<br>+ 24<br>+ 5<br>- 15<br>34 | Натяг<br>Зазор |            |

Таблица 7.

## Допуски в системах ОСТ и DIN.

1-й класс точности.

| Посадки ОСТ  |             | Посадки DIN  |             | Пределы диаметров |     |       |     |         |     | Примечание         |
|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------------|-----|-------|-----|---------|-----|--------------------|
|              |             |              |             | 3—6               |     | 50—80 |     | 360—500 |     |                    |
| Наименование | Обозначение | Наименование | Обозначение | ОСТ               | DIN | ОСТ   | DIN | ОСТ     | DIN |                    |
| Глухая       | Г           | Festsitz     | eF          | 5                 | 5   | 14    | 15  | 25      | 30  | Допуски на валу    |
| Тугая        | Т           | Treibsitz    | eT          | 5                 | 6   | 14    | 15  | 25      | 32  |                    |
| Напряженная  | Н           | Haftsitz     | eH          | 5                 | 6   | 13    | 15  | 27      | 30  |                    |
| Плотная      | П           | Schlebesitz  | eS          | 5                 | 6   | 13    | 15  | 25      | 30  | Допуски на валу    |
| Скользкая    | С           | Gleitsitz    | eG          | 5                 | 6   | 13    | 15  | 25      | 28  |                    |
| Отверстие    | А           | Borhung      | eB          | 8                 | 8   | 18    | 20  | 35      | 40  | Допуск в отверстии |

столько чувствительна, что по крайней мере при хорошо поставленной приемке, пользование теми и другими калибрами далеко небезразлично. Например скобы Н ОСТ имеют браковочный размер при диаметрах 10—180 мм на 0,002—0,004 мм больший, чем у DIN. Работая скобой DIN и проверяя затем скобой ОСТ, в некоторых случаях мы забракуем изделие, которое было сделано правильно по скобе DIN. При холловых и прессовых посадках разница столь велика, что безразличное пользование скобами безусловно исключается.

11. Международная система допусков и посадок <sup>1)</sup>.

Создание международной системы допусков безусловно стоит на очереди. Во всех промышленных странах в настоящее время уже установлены общегосударственные стандарты, и задача сводится к объединению сравнительно немногих систем. Если мы вспомним все сказанное выше, то увидим, что на континенте Европы (кроме Франции) во всех государствах установлены системы, имеющие следующие общие характеристики:

- Системы односторонние.
- Температура измерений 20° С.
- Признается как система отверстия, так и система вала <sup>2)</sup>.
- Имеется несколько классов точности, причем классы 1-й и 2-й в основном сходны между собой.

Даже при современном положении вещей системы эти, вообще говоря, взаимозаменяемы и, если принять за основу одну из них или некоторую среднюю, осуществление перехода на нее всех государств не представляло бы таких трудностей, какие встречались во время объединения самых разнородных систем при государственной стандартизации. Запасные части, изго-

<sup>1)</sup> См. American Machinist, т. 71, стр. 153, 197, 285, статья Д. Гаар.

<sup>2)</sup> В Голландии первоначально была принята за стандартную лишь система вала, но впоследствии вопрос был пересмотрен. Система близка к DIN.

товленные по международной системе, вообще говоря, могли бы работать с деталями, ранее изготовленными по национальным стандартам.

Американская система признает ту же нормальную температуру 20°С (68° F) и в основном также близка к европейским.

Английская имеет особенную конструкцию, но и здесь, остановившись лишь на некоторых предпочтительных комбинациях калибров для вала и отверстия, можно составить из них систему, подходящую к европейским. Температуру измерений необходимо изменить<sup>1)</sup>.

Франции пришлось бы перейти от двусторонней системы к односторонней, что значительно труднее. Кроме того здесь необходимо переменить и нормальную температуру.

В настоящее время интернациональная система допусков уже имеет свою историю. На международной конференции по стандартизации, собравшейся в Нью-Йорке в апреле 1926 г., был поднят вопрос о возможности выработки такой системы. Принципиально он был разрешен в положительном смысле и Германскому комитету по стандартизации было поручено подготовить материал для сравнений стандартов отдельных государств.

Материал, подготовленный комитетом, был рассмотрен на ряде конференций, причем выяснились различия в требованиях к системе допусков со стороны представителей различных стран.

Для выработки системы допусков в 1928 г. была создана комиссия из представителей Германии, Франции, Швеции, Швейцарии и Чехословакии. Англия и САСШ, по крайней мере на время, отошли от участия в работе. Комиссия выработала систему, в которой был учтен опыт, полученный при работе по национальным системам, и найден путь для согласования возникших противоречий. Прежде всего были установлены следующие положения, на основе которых должна быть разработана интернациональная система<sup>2)</sup>.

а) Наименование системе присваивается ISA (International Federation of National Standardizing Associations).

б) Температура измерений 20°С.

в) Система должна быть односторонней.

г) Закон зависимости отклонений от диаметра устанавливается различный для разных посадок. Следовательно здесь мы видим отказ от применения однообразной *единицы допусков*.

д) Система должна предусматривать взаимозаменяемость с существующими системами.

е) Градация диаметров в системе ISA принимается по DIN.

ж) Классов точности установлено 4.

1-й класс соответствует Edelpassung DIN (или 1-у классу OCT).

2-й класс соответствует Feinpassung DIN (или 2-у классу OCT).

3-й класс соответствует 3-у классу чехословацкой и шведской систем.

4-й класс соответствует Schlichtpassung DIN (или 3-му классу OCT).

В дальнейшем предусматривался класс типа Grobpassung DIN или соответствующий грубым посадкам OCT. Возможно также установление еще промежуточного класса.

Как видно, система ISA содержит промежуточный класс (3-й) между

<sup>1)</sup> Здесь мы не говорим о различии системы мер в Англии и САСШ с одной стороны, и в Европе — с другой. Одновременное существование дюйма и метра, конечно не позволит объединить калибры во всех странах.

<sup>2)</sup> См. статью О. Kienzie, Werkstattstechnik 15 янв. 1930 г., стр. 33—44.

классами *точной* и *обыкновенной* сборки. DIN (а также OCT) не имеют такого класса и он был введен по требованию представителей Швеции и Чехословакии, указавших на хорошие результаты, достигнутые при применении данного класса в этих странах.

з) Вопрос о допусках на изготовление и износ калибров было особенно трудно урегулировать, так как по нему имелись принципиальные разногласия (см. ниже гл. VI).

и) Система устанавливается пока для диаметров 3 — 180 мм.

Сравнивая систему ISA с DIN, приходим к следующим выводам (см. рис. 101).

В системе отверстия отклонения в самом отверстии, а также в скобах, в посадках 2-го класса, соответствующих T, S и EL (или T, П и Д — OCT), практически совпадают с DIN.

Посадки, должныствующие заменить Haftsitz (H) и Festsitz (F), несколько хуже последних.

Скользкая посадка ISA строже, чем G DIN, и ближе подходит по смыслу к посадке, соответствующей пригонке цилиндрического калибра к его кольцу.

Интересной особенностью является введение новой *легко-прессовой* посадки, которая исключает возможность получения нулевых и отрицательных натягов при каких бы то ни было совпадениях размеров.

Ходовая посадка (Laufsitz — L) имеет меньшие зазоры при малых диаметрах, чем у DIN.

Легко-ходовая (LL DIN) и широко-ходовая (WL DIN) при малых диаметрах имеют меньшие зазоры чем DIN.

1-й класс точности более сильно отличается от Edelpassung DIN, чем 2-й класс от Feinpassung. Допуски ISA значительно строже, что вызывается потребностями заводов, изготавливающих и применяющих шарикоподшипники. Эта отрасль индустрии всегда работала с повышенной точностью, и такое изменение 1-го класса дало возможность допуски на шарикоподшипники включить в общую схему.

Дальнейшая интересная особенность интернациональной системы та, что стандартизованы главным образом отдельно калибры для отверстия и вала, а не их комбинации, определяющие посадки<sup>1)</sup>. В Германии припользовании системой DIN часто спаривали калибры различных посадок и классов: например комбинируют вал 2-го класса точности с отверстием 3-го и т. д. В Швеции такая практика по сообщению О. Kienzle<sup>2)</sup> была распространена еще больше. Сообразно такому взгляду, обозначения калибров устанавливаются при помощи букв без всякой мнемонической связи с характером посадок. Отверстия обозначаются большими буквами, а валы малыми. Цифра справа от букв означает класс точности.

Располагая отверстия и валы так, как их обычно применяют для образования посадок, получаем табличку для 2-го класса.

Описанный проект подвергался дальнейшему обсуждению и в окончательном виде, как он издан подкомиссией по допускам, значительно отличается от первоначального. Главное отличие заключается в введении целого ряда новых классов точности, охватывающих не только производственную, но и инструментальную работу (всего получилось 11 классов). Соответственно

<sup>1)</sup> Сравнить с английской системой.

<sup>2)</sup> Werkstattstechnik 13 янв. 1930 г., стр. 41.

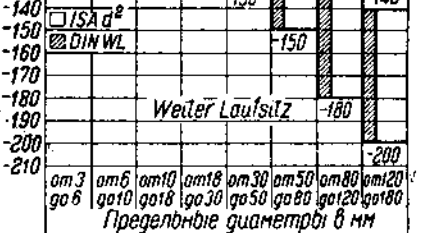
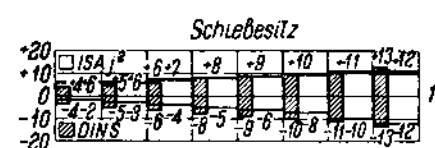
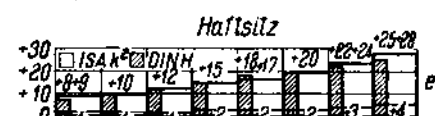
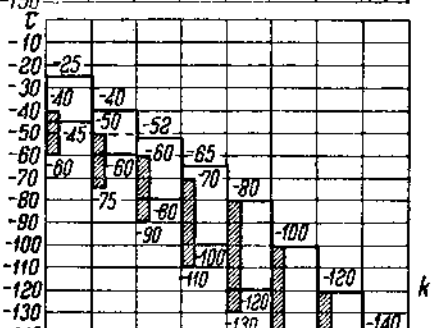
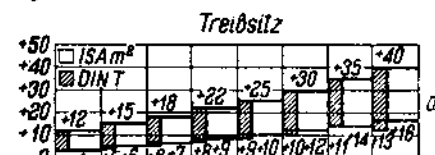
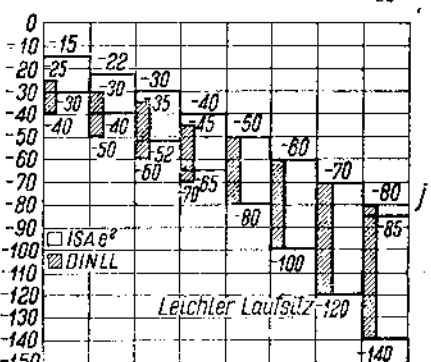
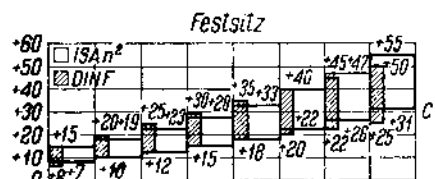
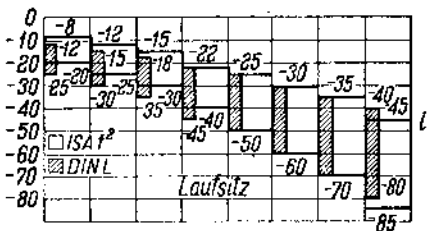
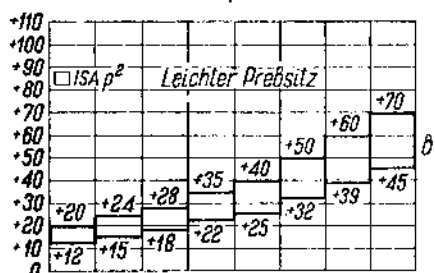
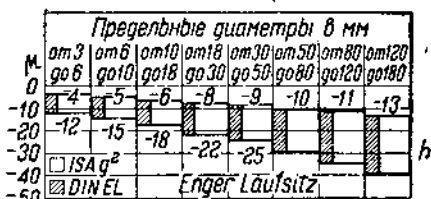
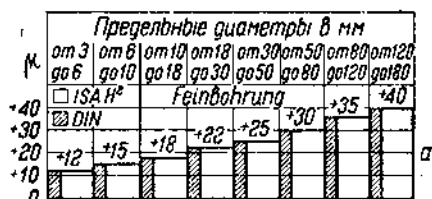


Рис. 101. Сравнение систем ISA и DIN.

Таблица 8.

## Обозначения ISA.

2-й класс точности.

| Система отверстия |                | Посадки <sup>1)</sup><br>применительно | Система вала   |                |
|-------------------|----------------|----------------------------------------|----------------|----------------|
| Отверст.          | Вал            | к ОСТ (DIN)                            | Отверст.       | Вал            |
| H <sub>2</sub>    | R <sub>2</sub> | Легкая прессовая                       | P <sub>2</sub> | h <sub>2</sub> |
|                   | p <sub>2</sub> | Глухая (F)                             | N <sub>2</sub> |                |
|                   | m <sub>2</sub> | Тугая (T)                              | M <sub>2</sub> |                |
|                   | k <sub>2</sub> | Напряженная (H)                        | K <sub>2</sub> |                |
|                   | j <sub>2</sub> | Плотная (S)                            | J <sub>2</sub> |                |
|                   | h <sub>2</sub> | Скользкая (G)                          | H <sub>2</sub> |                |
|                   | g <sub>2</sub> | Движения (EL)                          | G <sub>2</sub> |                |
|                   | f <sub>2</sub> | Ходовая (L)                            | F <sub>2</sub> |                |
|                   | e <sub>2</sub> | Легко-ходовая (LL)                     | E <sub>2</sub> |                |
|                   | d <sub>2</sub> | Широко-ходовая (WL)                    | D <sub>2</sub> |                |

изменилась и нумерация этих классов, так что прежний 1-й класс стал 6-м и т. д.

Переход европейских стран <sup>2)</sup> на систему ISA может быть произведен в сравнительно короткое время, так как для всякой системы, происходящей от DIN, в системе ISA можно подобрать посадку, способную заменить любую из посадок данной национальной системы. Принятие системы Англией и САСШ осложняется главным образом тем, что в этих странах принята дюймовая система мер, а не метрическая.

<sup>1)</sup> Обозначения применительно к ОСТ (в скобках даны обозначения DIN).

<sup>2)</sup> Кроме Франции.

## ГЛАВА ШЕСТАЯ.

### ДОПУСКИ ДЛЯ КАЛИБРОВ.

#### 1. Влияние неточностей в размерах калибра на размер изделий.

Выше мы говорили об отклонениях в размерах изделий, не касаясь вопроса о неточностях самих калибров. Очевидно, что, желая измерить отверстие, имеющее размеры  $60^{+0,03}$  мы должны иметь две пробки, одну с диаметром ровно 60 мм <sup>1)</sup>, а другую 60,03 мм. Первая является приемной, а вторая браковочной. В действительности изготовить пробки точно 60 и 60,03 мм невозможно, а если бы новые калибры и имели эти размеры, то после непродолжительного употребления они подверглись бы изменению. Поэтому, говоря о допусках для калибров, мы должны различать:

- а) допуски на изготовление,
- б) допуски на износ.

Включая в себя эти два допуска, размер калибра, вообще говоря, будет отличаться от табличного предела. В приведенном примере калибры не будут равны 60 и соответственно 60,03 мм, а окажутся несколько меньших или больших размеров.

Направление и размер допуска в калибрах очень существенны, так как сильно влияют на размер изделия. Действительно, измеряя отверстие пробкой, на которой выбито „60 мм“, но которая в действительности отличается от этой величины, мы получим его также отличным от заданного размера.

Рассмотрим отдельно оба упомянутых выше источника погрешностей в размерах рабочих калибров.

#### 2 Допуски на износ рабочих калибров.

Браковочная сторона калибра почти не изнашивается, так как она соприкасается со стенками изделия лишь в исключительных случаях, когда последнее подлежит забракованию. Срабатывается только самый конец калибра, остальная же часть служит при хорошем обращении неопределенно долго. Поэтому обыкновенно никаких допусков на износ браковочной стороны рабочего калибра не дается и ее стараются сделать возможно более близкой к номинальному размеру калибра. Заметим, что если износ браковочной стороны и произойдет, то это отразится только на сужении допуска, но отнюдь не повлечет за собой приемы неправильного изделия.

Приемная сторона приходит в соприкосновение с изделием при каждом

<sup>1)</sup> Ошибкой от соприкосновения пренебрегаем. См. гл. III, § 8.

измерении и поэтому сравнительно быстро изнашивается. С этим износом совершенно необходимо считаться. Очевидно, что по мере износа пробки наименьший диаметр отверстия уменьшается, а при износе скобы наибольший размер вала увеличивается. Иными словами *износ приемного калибра расширяет размер допуска в изделии и притом так, что посадка становится все более и более тугой.*

Очевидно необходимо установить некоторые нормы для износа калибров, и действительно они являются составной частью каждой системы посадок и допусков.

Размер допуска на износ значительно меньше допуска изделия. Согласно проекту общесоюзного стандарта <sup>1)</sup>, для классов 1-го и 2-го допускается на износ приблизительно  $\frac{1}{4}$ , для 3-го —  $\frac{1}{5}$  и для 4-го —  $\frac{1}{7}$  часть допуска в изделии. В других нормах приняты несколько иные значения.

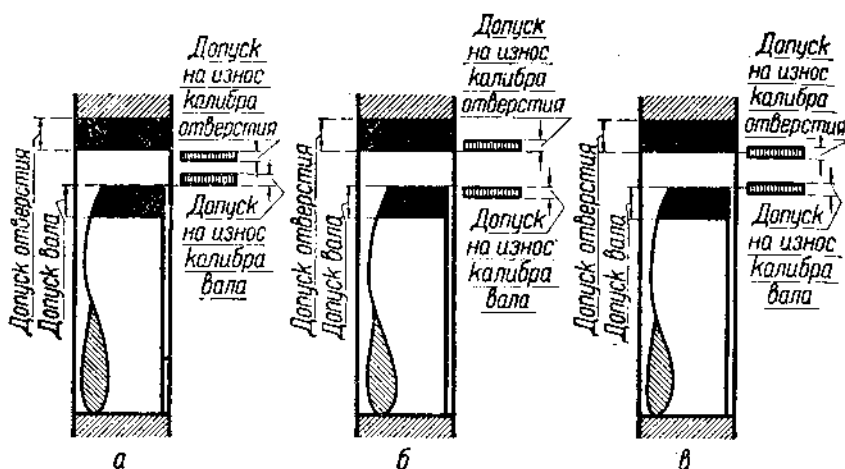


Рис. 102. Расположение допусков на износ калибров.

Относительно расположения допуска на износ не существует общепризнанного мнения.

В германской системе DIN допуски на износ расположены от номинальных размеров в сторону износа <sup>2)</sup>. Иными словами только новый калибр дает гарантию, что изделия имеют размеры внутри положенного допуска, при малейшем же износе становится возможно, что часть изделий окажется за пределами табличных отклонений и посадка будет туже, чем ожидается. Рис. 102а иллюстрирует этот случай. Отмечая особенности рассматриваемого расположения, мы легко заметим, что *по мере износа калибра допуск на изготовление изделия увеличивается и обработка становится проще.* Допуски на износ по DIN см. таблицу 17 (в конце книги).

Американский стандарт <sup>3)</sup> в противоположность германскому указывает, что никакой износ не должен повлечь за собой возможности приема изделий, размеры которых выходят из предписанных пределов. Такой взгляд иллюстрируется рис. 102б. Легко видеть, что в данном случае *новые ка-*

<sup>1)</sup> См. Промстандарт „Металл“. Выпуск 44 от февраля 1930 г.

<sup>2)</sup> Следовательно новый калибр имеет номинальный размер для калибра.

<sup>3)</sup> Британский стандарт стоит на аналогичной точке зрения.

либры имеют размеры отличные от номинальных и приближаются к последним по мере износа.

При одинаковых номинальных допусках в изделии, в американской системе фактические допуски будут меньше, чем в германской, и работать по таким калибрам труднее.

Недостатки обеих систем пытаются сгладить принятием компромиссного решения рис. 102<sup>a</sup> показывает такое расположение.

Допуск на износ размещается по обе стороны номинального размера калибра. Такая система принята в системе Шкода-Саввина и у нас <sup>1)</sup>. При пользовании этой системой можно в случае предъявления повышенных требований точности получить то же, чего требуют американский и английский стандарты, если изымать калибры из употребления после их износа на часть допуска.

### 3. Допуски на неточность изготовления калибров.

Для браковочной стороны почти во всех стандартизациях допуск откладывается симметрично по обе стороны номинального диаметра. Такое положение оправдывается желанием иметь размер калибра возможно более близкий к номинальному.

Допуск на приемной стороне откладывается различным образом. В германской системе принято одностороннее расположение в сторону сужения допуска. Такое же расположение принимается и у нас. В этом случае допуск на неточность изготовления присоединяется к допуску на износ, увеличивая срок службы калибра. Одновременно такое расположение допуска затрудняет изготовление изделия.

В некоторых других системах (в том числе и в системе ISA) принимается на приемной стороне симметричное расположение допусков, как и на браковочной.

Оба допуски на износ и на неточность изготовления складываются, давая комбинированный допуск.

Рис. 103 показывает расположение допусков по Промстандарту вып. 44. Согласно тому же Промстандарту имеем следующие допуски на изготовление калибров.

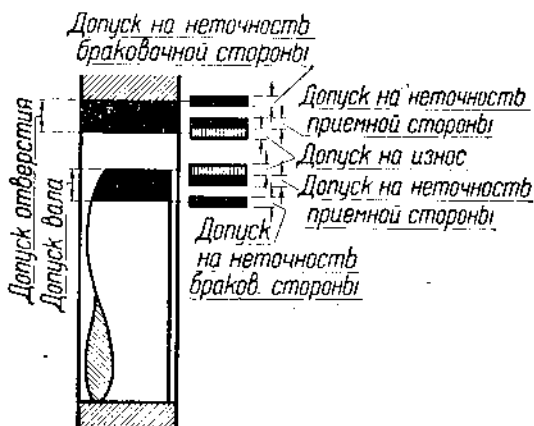


Рис. 103. Расположение допусков на калибры согласно Промстандарту 44.

В 1-м и 2-м классах точности:

для скоб  $\frac{1}{3}$  допуска вала,

для пробок и плоских калибров  $\frac{1}{4}$  допуска отверстия.

<sup>1)</sup> В международной системе ISA принято то же расположение.

*В 3-м классе:*

для скоб и пробок  $\frac{1}{5}$  соответственного допуска изделия.

*В 4-м классе:*

для скоб и пробок  $\frac{1}{8}$  того же допуска.

Действительные размеры калибра (с учетом допусков на изготовление и износ) существенно отличаются от номинальных.

Для того чтобы показать, как влияет расположение допусков на размеры калибров, приводим таблицу 9, в которой одновременно произведено сравнение размеров для систем DIN и ISA.

Обратите внимание на то значительное влияние, которое оказывают допуски на неточность — и износ калибров на размер изделия. Например при отсутствии этих допусков размер отверстия  $\varnothing 40$  мм может колебаться в пределах от  $+25 \mu$  до 0, а с учетом допусков калибров по системе DIN он может иметь значения от  $+27,5 \mu$  до  $-6 \mu$  т. е. допуск расширяется на  $8,5 \mu$  (34%).

#### 4. Калибры браковщиков и приемщиков.

До сих пор мы говорили о допусках для рабочих калибров, о тех, которые служат рабочему для измерения изделия. В руках контролера очевидно также должны находиться калибры. Весьма распространенная практика, когда контролер измеряет изделие калибром, который он берет у рабочего<sup>1)</sup>, имеет то преимущество, что между ними не может возникнуть никаких недоразумений из-за неполной тождественности калибров, которыми они пользуются, но с другой стороны такой способ имеет ряд крупных недостатков.

Во-первых, контролер должен брать у рабочего инструмент, который последнему может быть в данный момент как-раз нужен.

Во-вторых, здесь не исключена возможность злоупотреблений со стороны рабочего, так как при той точности, которая требуется в настоящее время от измерений, достаточно сильно ударить скобу о металлический предмет, чтобы она изменила меру. Иногда калибры могут потерять размер просто от нерышлого обращения.

Все это заставляет стремиться к тому, чтобы контролер имел свои калибры, которые никогда не выдавались бы на руки рабочему. Но в таком случае мы имеем измерение изделия двумя разными калибрами, которые, благодаря неточностям изготовления и износу, могут быть не вполне тождественными.

Очевидно, строго говоря, необходимо, чтобы всякое изделие, правильно изготовленное по рабочему калибру, было принято контролером. Для этого допуски калибров, которыми пользуется последний, должны быть шире, чем допуски калибра рабочего, на величину, заключающую ошибки изготовления и наибольший допустимый износ. На практике обычно мирятся с возможностями некоторых недоразумений, и разницу между калибрами берут несколько меньшей. Часто контролеры пользуются рабочими калибрами, но несколько изношенными, благодаря чему изделие

<sup>1)</sup> Такая практика обычно вызывается недостаточным количеством измерительного инструмента на заводе.

Таблица 9<sup>1)</sup>.

Сравнение действительных размеров калибров DIN и ISA (в микронах).

| Диаметры<br>мм                                  | Система и<br>обозначение | Номинальные от-<br>клонения |       | Наиболее широ-<br>кие отклонения |        | Наиболее узкие<br>отклонения |        | Наименьшие теоретич.<br>допуски изделия | Наименьшие теоретич.<br>зазоры или натяги |
|-------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------|----------------------------------|--------|------------------------------|--------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                 |                          | верхн.                      | нижн. | верхн.                           | нижн.  | верхн.                       | нижн.  |                                         |                                           |
| Feinbohrung DIN — B и ISA — H <sub>2</sub>      |                          |                             |       |                                  |        |                              |        |                                         |                                           |
| 6 — 10                                          | DIN — B                  | +15                         | 0     | +17                              | — 3,5  | +13                          | + 4    | 9                                       |                                           |
|                                                 | ISA — H <sub>2</sub>     | +15                         | 0     | +16,5                            | — 2,5  | +13,5                        | + 3,5  | 10                                      |                                           |
| 30 — 50                                         | DIN — B                  | +25                         | 0     | +27,5                            | — 6    | +22,5                        | + 5    | 17,5                                    |                                           |
|                                                 | ISA — H <sub>2</sub>     | +25                         | 0     | +27,5                            | — 4    | +22,5                        | + 6    | 16,5                                    |                                           |
| 120 — 180                                       | DIN — B                  | +40                         | 0     | +45                              | — 9    | +35                          | + 10   | 25                                      |                                           |
|                                                 | ISA — H <sub>2</sub>     | +40                         | 0     | +44                              | — 5,5  | +36                          | + 10   | 26                                      |                                           |
| Finger Laufsitz DIN — EL и ISA — g <sub>2</sub> |                          |                             |       |                                  |        |                              |        |                                         |                                           |
| 6 — 10                                          | DIN — EL                 | — 5                         | — 15  | — 2,5                            | — 17   | — 9                          | — 13   | 4                                       | — 1                                       |
|                                                 | ISA — g <sub>2</sub>     | — 5                         | — 15  | — 3,5                            | — 16,5 | — 8                          | — 13,5 | 5,5                                     | + 1                                       |
| 30 — 50                                         | DIN — EL                 | — 9                         | — 25  | — 4,5                            | — 27,5 | — 14                         | — 22,5 | 8,5                                     | + 1,5                                     |
|                                                 | ISA — g <sub>2</sub>     | — 9                         | — 25  | — 5,5                            | — 27,5 | — 14,5                       | — 22,5 | 8                                       | + 1,5                                     |
| 120 — 180                                       | DIN — EL                 | — 13                        | — 40  | — 6                              | — 45   | — 23                         | — 35   | 12                                      | — 3                                       |
|                                                 | ISA — g <sub>2</sub>     | — 13                        | — 40  | — 8                              | — 44   | — 22                         | — 36   | 14                                      | + 2,5                                     |
| Schiebesitz DIN — S и ISA — j <sub>2</sub>      |                          |                             |       |                                  |        |                              |        |                                         |                                           |
| 6 — 10                                          | DIN — S                  | + 5                         | — 5   | + 7,5                            | — 7    | + 1                          | — 3    | 4                                       | — 11                                      |
|                                                 | ISA — j <sub>2</sub>     | + 6                         | — 3   | + 7,5                            | — 4,5  | + 3                          | — 1,5  | 4,5                                     | — 10                                      |
| 30 — 50                                         | DIN — S                  | + 9                         | — 9   | + 13,5                           | — 11,5 | + 4                          | — 6,5  | 10,5                                    | — 19,5                                    |
|                                                 | ISA — j <sub>2</sub>     | + 9                         | — 6   | + 12,5                           | — 8,5  | + 3,5                        | — 3,5  | 7                                       | — 16,5                                    |
| 120 — 180                                       | DIN — S                  | + 13                        | — 13  | + 20                             | — 18   | + 3                          | — 8    | 11                                      | — 29                                      |
|                                                 | ISA — j <sub>2</sub>     | + 12                        | — 12  | + 17                             | — 16   | + 3                          | — 8    | 11                                      | — 22,5                                    |
| Treibsitz DIN — T и ISA — m <sub>2</sub>        |                          |                             |       |                                  |        |                              |        |                                         |                                           |
| 6 — 10                                          | DIN — T                  | +15                         | + 5   | +17,5                            | + 3    | +11                          | + 7    | 4                                       | — 21                                      |
|                                                 | ISA — m <sub>2</sub>     | +15                         | + 6   | +16,5                            | + 4,5  | +12                          | + 7,5  | 4,5                                     | — 19                                      |
| 30 — 50                                         | DIN — T                  | +25                         | + 9   | +29,5                            | + 6,5  | +20                          | +11,5  | 8,5                                     | — 35,5                                    |
|                                                 | ISA — m <sub>2</sub>     | +25                         | +10   | +28,5                            | + 7,5  | +19,5                        | +12,5  | 7                                       | — 32,5                                    |
| 120 — 180                                       | DIN — T                  | +40                         | +13   | +47                              | + 8    | +30                          | +18    | 12                                      | — 56                                      |
|                                                 | ISA — m <sub>2</sub>     | +40                         | +16   | +45                              | +12    | +31                          | +20    | 11                                      | — 50,5                                    |

<sup>1)</sup> Таблица иллюстрирует влияние допусков в калибрах на размеры изделия. Номинальные отклонения соответствуют цифрам из основных таблиц допусков.

обмеренное более новым калибром, находящимся в руках рабочего, и оказавшееся удовлетворительным, почти всегда будет принято и контролером (за исключением самых крайних случаев совпадения в одну сторону ошибок от износа и от неточности изготовления).

Иногда, кроме обычного контроля в мастерской, изделие проверяется еще специальными приемщиками заказчика, которые имеют свои собственные калибры. Очевидно, что всякое изделие, прошедшее заводский контроль, должно быть принято и заказчиком. Поэтому его калибры должны быть изготовлены с еще более широким допуском, чем калибры заводского контролера.

Промстандарт (вып. 44) устанавливает следующие определения и классификацию калибров:

а) *Рабочие калибры* — калибры, которые даются рабочему для применения их в процессе производства изделий.

б) *Калибры браковщика* — те, по которым производится проверка изделия при приемке его от рабочего браковщиком в цеху или контролерами своего же завода из его контрольного отдела.

в) *Калибры приемщика* — те, которые применяются для проверки размеров изделия при окончательной официальной приемке его представителями заказчика или контрольного отдела.

О допусках для рабочих калибров выше было сказано с достаточной полнотой. Для калибров браковщиков Промстандарт специальных норм не устанавливает, предлагая использовать для этой цели изношенные рабочие калибры.

*Калибры приемщиков* получают специальные размеры, отличные от рабочих калибров. Их приемная сторона имеет размер наименьший при пробках и наибольший для скоб из допускаемых для вполне изношенного калибра. Допуски на неточность изготовления самих калибров учитываются сверх того, причем однако они откладываются симметрично по отношению к теоретическим пределам. При таких условиях при совпадении крайних случаев возможно неправильное забракование, но такие случаи надо считать редким исключением. Рис. 104 иллюстрирует эти положения. Размеры допусков в калибрах приемщиков те же, что и в рабочих калибрах.

В системе DIN даются непосредственно таблицы для размеров калибров приемщиков<sup>1)</sup>.

## 5. Экономическое значение вопроса о допусках для калибров.

Весь этот довольно запутанный вопрос с допусками для калибров различного назначения становится яснее, если мы несколько его схематизируем и приведем к следующему графику<sup>2)</sup> (рис. 105).

<sup>1)</sup> См. таблицы 18 и 19 в конце книги.

<sup>2)</sup> Такой схемы придерживаются в основном, как мы видели выше, английская и американская стандартизация.

Пусть  $D_1$  и  $D_2$  наибольший и наименьший допускаемые размеры изделия. Всякий размер, удовлетворяющий условию  $D_2 \leq D \leq D_1$ , будет считаться пригодным. Браковщик мастерской должен гарантировать, что ни при каких условиях диаметр не выйдет из этих пределов. Для этого он пользуется предельными калибрами, допуски которых  $D_1 - D_1'$  и  $D_2 - D_2'$  должны быть направлены обязательно в сторону сужения общего допуска изделия и точки  $D_1'$  и  $D_2'$  лежат внутри между точками  $D_1$  и  $D_2$ .

Рабочий должен изготавливать изделия так, чтобы ни одно из них не вышло за пределы  $D_1' - D_2'$ , иначе возможны случаи забракования. Но если руки рабочего даны предельные калибры, то его надо гарантировать в том, что всякое изделие, правильно им сделанное по этим калибрам, будет годно. Поэтому допуски в рабочих калибрах, включая и допуски на износ, должны лежать внутри промежутка  $D_1' - D_2'$  и могут сузиться до  $D_1'' - D_2''$ . Таким образом, в неблагоприятном случае рабочему придется работать в пределах  $D_1'' - D_2'' < D_1' - D_2'$ .

Приемщик заказчика также пользуется предельными калибрами, но он очевидно не вправе требовать от поставщика степени точности большей, чем предусмотрено, т. е. допуска более строгого, чем  $D_1 - D_2$ . Отсюда следует: допуски его калибров всегда лежат в сторону расширения пределов и точки  $D_1''' - D_2'''$  попадают вне точек  $D_1 - D_2$ .

Резюмируя сказанное, мы приходим к выводу, что для того, чтобы заказчик имел полную уверенность в том, что изделие сделано в пределах допусков  $D_1''' - D_2'''$ , рабочий должен удерживать размер изделия в пределах  $D_1'' - D_2''$ . Очевидно  $D_1'' - D_2''$  меньше чем  $D_1''' - D_2'''$  на сумму допусков во всех калибрах.

Если этому правилу не следовать со всей строгостью, то всегда возможны конфликты и столкновения между рабочим и браковщиком или заводом и заказчиком.

Если заказчиком устанавливается допуск  $D_1''' - D_2'''$ , то остальные допуски будут зависеть от того, с какой точностью изготовлены все калибры и какие допуски на износ в них допущены. Чем меньше эти допуски, тем шире окажутся пределы рабочих калибров, а следовательно тем дешевле будет обходиться работа. Но с другой стороны, стоимость самих калибров и срок их службы уменьшатся, а следовательно содержание калибрового хозяйства будет падать большей суммой на единицу продукции.

В результате мы имеем положение, при котором в каждом данном случае существует определенная наивыгоднейшая степень точности изготовления калибров.

На самом деле, как мы видели, приведенной схемы во всей строгости строго не придерживаются, мирясь в крайних случаях с известной неопределенностью, ведущей иногда к шероховатостям в отношениях между раз-

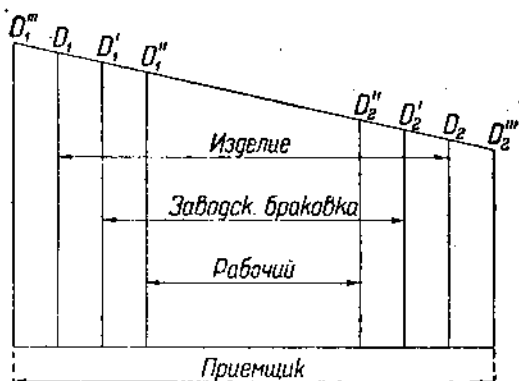


Рис. 105. Схема расположения допусков в калибрах.

личными инстанциями. Считаясь с тем, что эти случаи крайне редки и в настоящее время возможность их появления достаточно выяснена, такое положение не влечет особенно неприятных последствий, позволяя в то же время значительно сблизить пределы  $D_1''' - D_2'''$  и  $D_1'' - D_2''$  при той же степени точности калибров.

Однако чем строже и формальнее протекает приемка, тем более целесообразным является введение строгих допусков на калибры. Границы достижимой точности при изготовлении калибров см. выше — гл. III §§ 13—15.

Если механическая мастерская обслуживает лишь свой завод и детали идут прямо на сборку, то очевидно все недоразумения могут улаживаться путем внутренних соглашений. Если же завод изготавливает детали для другого завода, то формальная приемка становится необходимостью. При все расширяющемся кооперировании между заводами, когда около одного большого предприятия концентрируется группа мелких, работающих по заданиям главного завода, постановка правильной приемки получает первостепенное значение<sup>1)</sup>.

Мы видели, что применение жестких калибров ведет к образованию неустранимой разницы между размерами калибров приемщика и рабочего. Радикальным решением вопроса о правильной приемке является поэтому отказ от жестких калибров. Приборы, подобные пассаметрам и пассиметрам Цейса, миниметрам Хирта и т. п., дают возможность приемщику получить точный размер вместо предельных. Зная допуск на изделие, он непосредственно определяет его пригодность. Только дороговизна и недостаточная прочность этих приборов ограничивают их всеобщее распространение. Во всяком случае упомянутые приборы, а также точные микрометры в связи с наборами плиток Иогансона, всегда могут оказать услугу в случае возникновения каких-либо конфликтов на почве обмеров различными предельными калибрами.

## 6. Контрольные калибры.

Периодическую проверку калибров можно производить различными методами. Однако каждый из этих методов заключает в себе источник погрешностей. Эти погрешности также нужно учесть при назначении допусков на калибры, так как, строго говоря, они ведут в конечном счете к некоторому сужению пределов рабочих калибров.

Довольно часто при массовом производстве для проверки предельных калибров пользуются так называемыми *контрольными калибрами*. Согласно Промстандарту (вып. 44), *контрольными называются калибры, назначение которых сводится к тому, что ими проверяется пригодность для службы иных типов калибров*. Чаще всего они представляют собою шайбы точного диаметра для поверки скоб и точные скобы для поверки пробок<sup>2)</sup>.

Как мы видели, для контроля размеров предельного рабочего калибра<sup>3)</sup> нужно иметь три калибра:

<sup>1)</sup> То же влияние имеет развитие специальных предприятий, изготавливающих стандартные детали: шестерни, поршневые кольца и т. п.

<sup>2)</sup> См. гл. III § 15 Б.

<sup>3)</sup> Обычно такой комплект имеют только для скоб. Для проверки пробок ограничиваются одной контрольной скобой, соответствующей вполне изношенной пробке.

- а) Калибр для проверки браковочной стороны рабочего калибра.
- б) Калибр для проверки приемной стороны нового калибра.
- в) Калибр для проверки приемной стороны вполне изношенного калибра.

Согласно Промстандарту, допуск контрольного калибра для браковочной стороны рабочего располагается симметрично относительно теоретического размера, указываемого для этой стороны в основных таблицах допусков и посадок. У контрольных калибров для приемной стороны изношенного калибра также принимается симметричное расположение. Для проверки нового калибра контрольный делается с допуском целиком в одну сторону в направлении хода изнашивания рабочего калибра. При таком расположении получается гарантия того, что при приемке новых калибров они не окажутся имеющими допуски, выходящие за пределы намеченных.

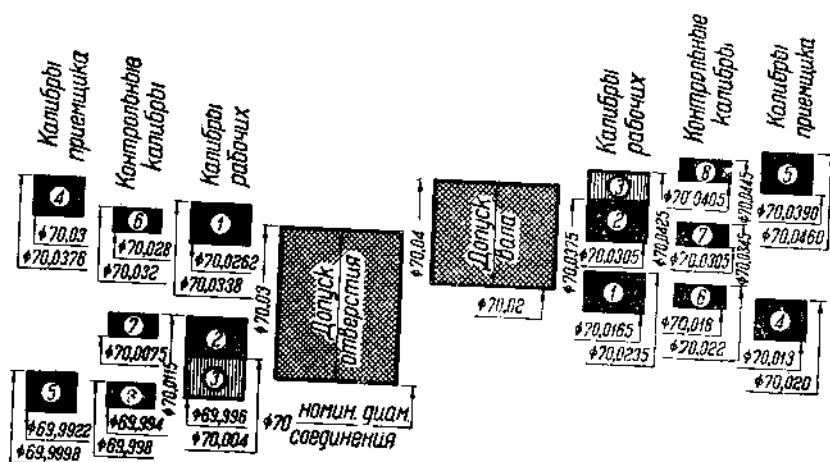


Рис. 106. Полная схема расположения допусков по Промстандарту 41.

Самые допуски на контрольные калибры значительно ниже допусков на рабочие.

Рис. 106 дает полную картину распределения допусков для одного случая посадки.

Приведенные на рис. 102, 103, 104 и 106 графики составлены по Промстандарту. При утверждении этих проектов в расположение допусков были внесены некоторые изменения, в особенности коснувшиеся допусков на контрольные калибры. Мы не останавливаемся здесь на этом специальном вопросе, отсылая интересующихся непосредственно к таблицам ОСТ 1201—1218.

Таблицы 1202—1206, касающиеся допусков на износ и на неточность изготовления, приведены в конце книги (таблицы 30—34). На этих же таблицах даны примеры подсчетов размеров калибров. Заметим, что в графах „Наим. гарант. износ“ везде помещена норма износа, соответствующая наиболее невыгодному значению размера нового калибра (колебания этого размера возможны в пределах допуска на изготовление). В графе „Средневероятн. износ“ приводится норма такового при среднем размере нового калибра. „Предельное отклонение“ соответствует вполне изношенному калибру. Схема расположения допусков та же, которая приведена на рис. 103.

Нужно заметить, что хотя ОСТ на калибры и выпущен, но дальнейшая проработка вопроса продолжается. Имеется специальная комиссия, которая выработала несколько измененную схему. Изменения касаются допусков на контрольные калибры и калибры приемников. Интересно, что при выработке значений отклонений для этих калибров учтена ошибка от соприкосновения <sup>1)</sup> (зазор на вхождение), который принят:

| Диаметр в мм                         | 1—18 | 18—30 | 30—50 | 50—80 | 80—180 | 180—360 | 360—500 |
|--------------------------------------|------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|
| Величина зазора на вхождение в $\mu$ | 0,5  | 1,0   | 2,0   | 2,5   | 3,0    | 3,5     | 4,0     |

Краткое изложение вопроса см. в статье П. И. Студитова в журнале Станки и инструмент, январь 1932 г.

В заключение укажем, что в вопросе назначения допусков для калибров имеется коренное противоречие. Желая работать точно и дешево, мы должны иметь весьма точные и следовательно дорогие калибры, всякие послабления в этом отношении неминуемо повлекут за собой нарушение отчетности посадок и неизбежные конфликты между контрольными инстанциями.

*Как и во всем построении систем допусков и посадок, в данном случае в особо-подчеркнутом виде, мы стоим перед задачей нахождения разумного компромисса между требованиями безусловной определенности и взаимозаменяемости и необходимостью считаться с экономической стороной вопроса.*

<sup>1)</sup> См. гл. III § 8 В.

## ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

### ФАСОННЫЕ И РЕЗЬБОВЫЕ КАЛИБРЫ.

#### 1. Общие замечания об измерении фасонных изделий.

Выше мы говорили о калибрах для измерения деталей, имеющих цилиндрическую форму. Все сказанное относится в общем и к измерению расстояний между плоскостями (например ползун в параллелях), но числовые значения здесь могут быть иные.

При измерении изделий, имеющих сложные очертания, мы встречаемся с рядом новых обстоятельств, которые, как сейчас увидим, сильно осложняют вопрос.

Рассмотрим такой пример. Требуется пригнать прямоугольную пластинку (карточку) в такое же отверстие. Какие предельные калибры нужно сделать для контроля размеров этой карты? Изготовим два калибра также в форме пластинок, имеющие прямоугольные вырезы, из которых один точно соответствует теоретическому размеру карточки, а другой сделан меньшим в обоих направлениях на величину допуска (рис. 107). Первый калибр является приемным, а второй — браковочным.

Ни одна карточка, не входящая в отверстие первого калибра, не может быть принята, так как очевидно, что в этом случае она выходит за теоретический контур, хотя бы в одном месте. Следовательно приемный калибр вполне удовлетворяет своему назначению.

Но следует ли принять всякую карточку, вошедшую в приемный калибр и не входящую в браковочный? Очевидно — нет. Обращаясь к рис. 107, видим на нем карточку *a* правильной формы, имеющую заданную длину  $l$ . Такая карточка не войдет в браковочный калибр, но в него не войдут также и карточки, имеющие совершенно неправильную форму *b* и *c*, так как длина их равна длине правильной карточки и следовательно больше длины отверстия в браковочном калибре. Достаточно лишь от этих карточек отрезать выступающие углы, и они уже провалятся сквозь этот калибр.

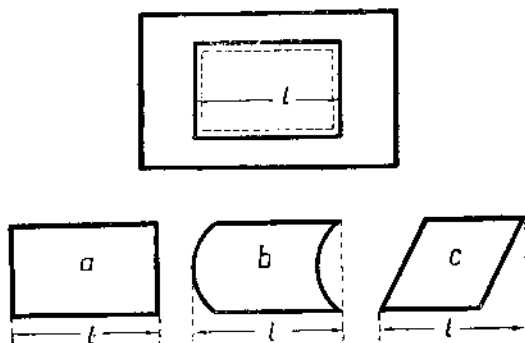


Рис. 107. Пример калибров для фасонных деталей.

Если ограничиться приемкой по двум калибрам, то пришлось бы считать принятыми заведомо негодные изделия *b* и *c*.

Очевидно задача в данном случае значительно сложнее. Для правильной приемки необходимо иметь еще другие браковочные калибры, кроме изображенного на рисунке 107. Выводы из этого примера легко обобщить.

Для измерения всякого фасонного изделия требуется иметь только один приемный калибр и целый ряд браковочных.

Другим примером, иллюстрирующим это положение, может служить измерение валов кольцевым калибром. Очевидно два предельных кольцевых калибра могут дать точные указания приемщику лишь в том случае, если имеется безусловная уверенность в том, что вал идеально круглый. Вообще же говоря, только приемное кольцо позволяет производить верные измерения. Браковочное очевидно не дает никаких указаний относительно пригодности вала. Если он имеет эллиптическую форму, причем больший размер эллипса равен диаметру правильного вала, то такой овальный вал будет принят, так как пройдет в приемное кольцо и не пройдет в браковочное. Для правильной браковки необходимо иметь скобы, которыми можно мерить каждый диаметр отдельно. Как приемный калибр, кольцо служить может.

Очевидно, что все сказанное относится к обычно применяемому измерению отверстий *цилиндрическими пробками*. Овальное отверстие, меньшая ось которого имеет правильный размер, будет принято. Широкое распространение пробок основывается на том, что самые методы получения отверстий гарантируют до известной степени отсутствие овалов. Например развертка обычно шлифуется на центрах, и правильность ее формы в смысле отсутствия овала легко может быть проверена при помощи микрометра.

## 2. Предельные калибры для резьбы.

Самый важный класс фасонных калибров — это *резьбовые калибры*. Из предыдущего ясно, что для проверки резьбы болта нельзя ограничиться двумя калибрами, имеющими форму гаек. В то время, как приемная гайка будет вполне отвечать своему назначению, не давая возможности пропустить слишком полномерные болты, вторая — браковочная — не дает еще указаний на пригодность болта. При резьбе совершенно маломерной, но имеющей ряд неправильностей (например неверный шаг), браковочная гайка может не навинтиться, и болт как будто бы должен будет считаться годным. В действительности здесь имеется целых две ошибки (малый диаметр и неверный шаг) и болт негоден к употреблению.

При таком положении вещей для измерения резьбы нужно либо совершенно отказаться от применения предельных калибров, либо разработать такую их систему, которая хотя бы приблизительно давала возможность проконтролировать все главнейшие элементы резьбы.

Система предельных калибров для резьбы получается, как и надо ожидать, довольно сложной, и полный контроль всех элементов ее производится редко. При проверке резьбы обычно ограничиваются измерением главнейших элементов, а в остальном полагаются на точность винторезного инструмента.

Раньше чем перейти к изучению допусков на резьбу и методов ее измерения, дадим несколько определений ее основных элементов.

### 3. Элементы резьбы.

Во всякой нарезке нужно различать следующие элементы:

- а) Наружный диаметр резьбы.
- б) Внутренний диаметр резьбы.
- в) Средний диаметр резьбы.

Средний диаметр правильнее было бы назвать диаметром на сторонах резьбы или угловым диаметром (angle diameter). Он равен расстоянию между двумя противоположными точками на поверхности резьбы в любом поперечном сечении болта или гайки, сделанном через наклонные части профиля (рис. 108).

Легко видеть, что при симметричном профиле (одинаковых закруглениях или притуплениях вершин и впадин) диаметр на сторонах резьбы в точности равен среднему диаметру. При неодинаковых округлениях, что иногда имеет место например в резьбовых калибрах, эти диаметры не будут равны. Однако согласно ОСТ установлен термин *средний диаметр* и мы им будем везде в дальнейшем пользоваться, подразумевая под ним всегда диаметр на сторонах.

При правильном исполнении резьбового соединения болт и гайка соприкасаются только на наклонных сторонах нарезки, а отнюдь не своими вершинами и впадинами. Только при этом условии соединение способно передавать значительные усилия, так как в противоположном случае поверхность, передающая давление, получается слишком малой и легко сминается. Средний диаметр является поэтому первым важнейшим элементом резьбы. Точное соблюдение этого элемента важнее, чем правильность наружного и внутреннего диаметров.

г) Шаг резьбы есть второй основной элемент. Правильность шага важна для того, чтобы усилие распределялось на все нарезки гайки. При неверном шаге все усилие примут лишь несколько ниток.

д) Угол профиля. При резьбе Витворта этот угол равен  $55^\circ$ , а при метрической  $60^\circ$  — это третий основной элемент. Если он неверен, то усилие не распределяется по всей поверхности нарезок, а только вблизи наружного или внутреннего диаметра.

е) Скругления и притупления по вершинам и впадинам. По ОСТ для СССР признаются стандартами:

Профиль Витворта без зазоров по вершинам и впадинам (ОСТ 33а), соответствующий оригинальному профилю Витворта.

Профиль Витворта с усеченными вершинами (ОСТ 33б), называемый иногда *германским* профилем. Цель усечения вершин заключается в получении полной уверенности в том, что соприкосновение происходит лишь на сторонах резьбы.

Метрический профиль (ОСТ 32). Здесь зазор по вершинам и впадинам существует всегда. Соблюдение точных значений всех скруглений и при-

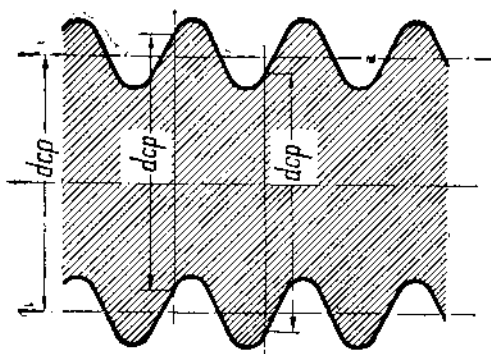


Рис. 108. Средний диаметр болта.

тулений менее важно, чем соблюдение перечисленных главнейших элементов резьбы. Но и здесь необходимо придерживаться известных допусков, так как в противном случае внутренние и наружные диаметры болта и гайки могут получиться совершенно неправильными, вследствие чего либо будет иметь место прилегание на вершинах резьбы, либо сечение болта окажется слабее, чем это предполагается нормами <sup>1)</sup>).

#### 4. Связь между главнейшими элементами резьбы.

Как мы указали, главнейшими элементами из перечисленных являются средний диаметр, шаг и угол профиля. Легко видеть, что все они находятся между собою в тесной связи.

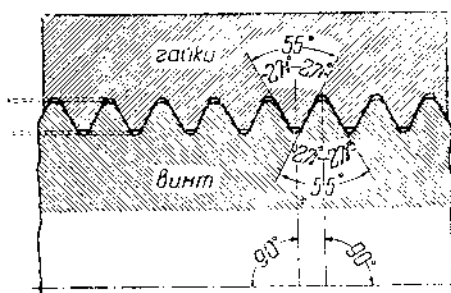


Рис. 109. Правильная резьба.

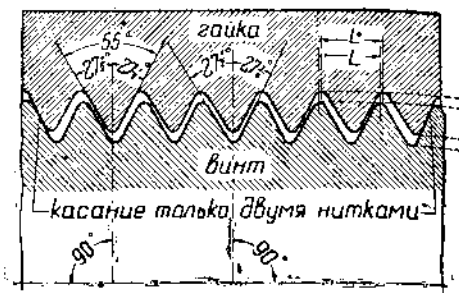


Рис. 110. Влияние неправильного шага.

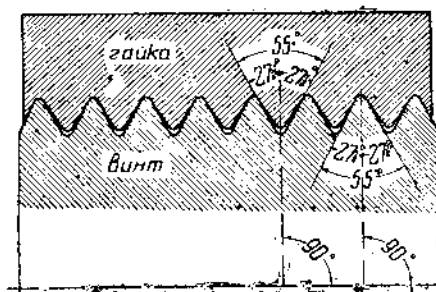


Рис. 111. Неверный профиль резьбы.

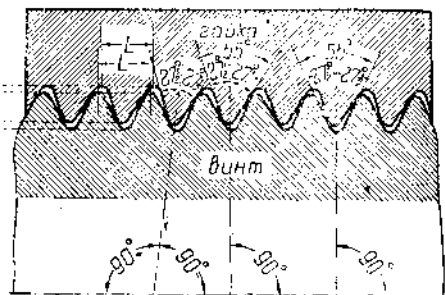


Рис. 112. Пьяная резьба.

Если болт и гайка оба имеют вполне точную резьбу, то при их свинчивании поверхности нарезки будут плотно прилегать друг к другу во всех точках и по всей длине гайки (рис. 109).

Если шаг болта или гайки неверен, а остальные элементы верны, то очевидно гайка не навернется на болт. Для того чтобы свинчивание стало возможным, необходимо либо увеличить средний диаметр резьбы гайки, либо уменьшить средний диаметр болта. Сделав такое изменение в резьбе, мы сможем навинтить гайку на болт — и наощупь свинчиваемые детали будут даже хорошо подходить друг к другу. Однако соединение получится неудовлетворительное (рис. 110), так как прилегание будет происходить лишь на части нарезок, между остальными же окажется зазор.

<sup>1)</sup> В остальном см. таблицы ОСТ 32, 33а и 33б.

Точно так же при навинчивании на правильный болт гайки, имеющей верный шаг, но слишком большой угол профиля, свинчивание станет возможно лишь при увеличенном среднем диаметре гайки (рис. 111). Резьба в таком случае держит только вершинами.

Рис. 112 показывает так называемую пьяную резьбу. Здесь угол профиля верен, но ось его симметрии неперпендикулярна оси винта.

Ошибки в шаге и угле могут существовать одновременно. Во всех случаях единственный способ их компенсировать — это сделать средний диаметр резьбы болта меньше среднего диаметра резьбы гайки. Однако такая компенсация всегда сопровождается уменьшением поверхности соприкосновения между резьбами гайки и болта.

Если шаг и угол верны, но средний диаметр резьбы гайки больше чем болта, то получится равномерный зазор между резьбой болта и гайки. При отсутствии зазора при вершине (одинаковых наружных и соответственно внутренних диаметрах), навинчивание может производиться даже туго, но после непродолжительной работы резьба при вершине обомнется и зазор обнаружится.

Подсчитаем, насколько нужно увеличить средний диаметр для того, чтобы компенсировать ошибку в шаге. Рис. 113 показывает, что при наибольшей ошибке в шаге равной  $\Delta p$  на длине гайки необходимо увеличить диаметр на величину  $y = 2 \Delta p \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$ , где  $\alpha$  угол профиля.

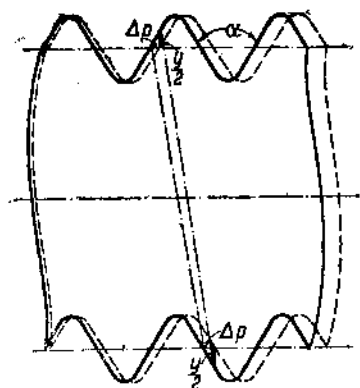


Рис. 113. Компенсация ошибки в шаге путем увеличения среднего диаметра.

Для резьбы Витворта  $\alpha = 55^\circ$ ,  $y = 1,921 \Delta p$ .

Для метрической резьбы  $\alpha = 60^\circ$ ,  $y = 1,732 \Delta p$ .

Если болт и гайка нарезаны с несколько разным шагом (числом витков на 1") то общая погрешность в шаге  $\Delta p$  будет очевидно тем больше, чем длиннее гайка. При одной и той же ошибке в шаге навинчивание короткой гайки происходит легко, а навинчивание очень длинной может оказаться совершенно невозможным. Этим объясняется, что часто вначале гайка находит легко, а после того как она нашла на болт несколькими нитками, дальнейшее ее навинчивание становится невозможным.

Точно так же можно дать формулы для увеличения среднего диаметра необходимого для компенсации неправильностей в угле профиля<sup>1)</sup>.

До сих пор мы говорили только о трех главных элементах резьбы. Внешний диаметр  $D$  и внутренний  $d$  связаны со средним диаметром, так что при увеличении последнего увеличиваются и два других диаметра. Если изменение наружного или внутреннего диаметров достигается за счет профиля, то очевидно, что изменение среднего диаметра на величину  $x$  ведет к изменению наружного или внутреннего на величину  $2x$  (см. рис. 114)<sup>2)</sup>.

Из всего вышесказанного становится совершенно очевидно, что нет

<sup>1</sup> См. статью проф. Н. И. Саввина „Допуски для резьбы“. Вестник Стандартизации № 6 (18) 1929 г.

<sup>2</sup> Это рассуждение вполне справедливо только при треугольном профиле резьбы. При наличии закруглений связь сложнее и не выражается в столь явной форме.

никакой возможности судить о качестве исполнения резьбового соединения наощупь по плотности, с которой гайка навинчивается на болт. Достаточно сделать соотношение между диаметрами неправильным, изменив величину скругления или притупления у вершины, чтобы при верном среднем диаметре получить неправильный наружный. Гайка, находящаяся с зазором на среднем диаметре, производит впечатление вполне плотно пригнанной, если наружный диаметр болта находится с соприкосновением с ее поверхностью и обычно существующий в этом месте зазор отсутствует.

## 5. Измерение резьб.

Система допусков действительна лишь тогда, когда имеются средства для измерения этих допусков.

В то время, как измерение цилиндрических деталей в настоящее время производится с большой точностью, измерение резьб, особенно внутренних, и по сей час представляет большие затруднения. Ниже мы приводим главнейшие методы, служащие для измерения винтовых парезок.

**А. Резьбовые пробки и кольца** (рис. 115). Резьбовой калибр, наиболее часто применяемый в мастерских, представляет собою закаленный болт для измерения гаек и закаленную гайку для измерения болтов. Эти калибры стремятся выполнить возможно более близкими к номинальным размерам резьбы. Таким образом эти инструменты являются

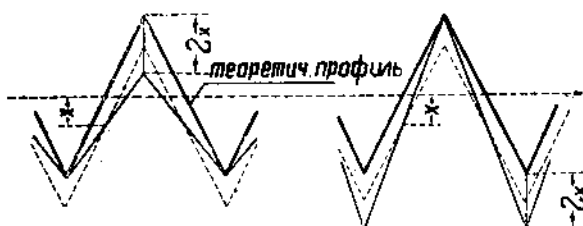
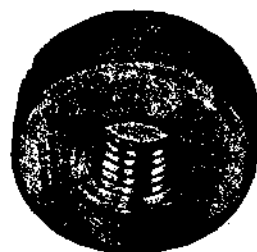


Рис. 114. Связь между тремя диаметрами резьбы.

нормальными резьбовыми калибрами. Ими пользуются путем ввинчивания калибра в испытуемую гайку или путем навинчивания калибровой гайки на измеряемый винт. О правильности исполнения судят по степени плотности, с которой происходит навинчивание.

Из предыдущего ясно, насколько негочен этот метод, но он чаще всего применяется в виду его крайней простоты.

Если имеется уверенность в правильности шага и угла профиля резьбы, а также наружного и внутреннего диаметров, то обычный резьбовой калибр дает достаточно верное представление о величине среднего диаметра резьбы. С таким случаем мы встречаемся очень часто в болторезных и автоматных мастерских, где пользуются регулирующимися плашками. Если плашки



Д



Д

Рис. 115. Резьбовая пробка и кольцо.

верны, то их установку с достаточной степенью точности можно производить при помощи нормальных резьбовых колец.

Резьбовой калибр иногда снабжается на противоположном конце цилиндрической пробкой. Ее диаметр равняется внутреннему диаметру резьбы и служит для проверки последнего в гайках.

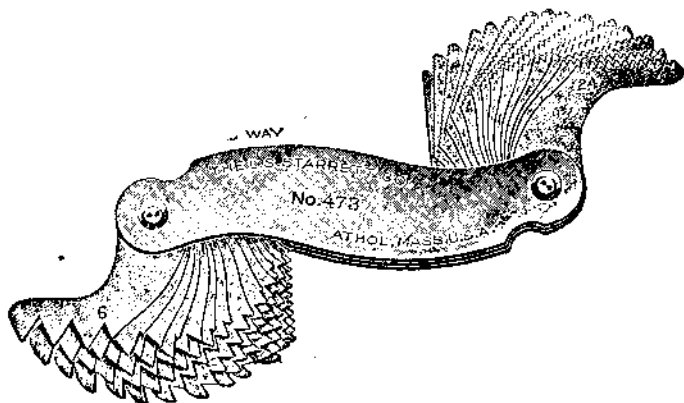


Рис. 116. Резьбомер.

**Б. Резьбомеры.** Столь же часто, как только что рассмотренные калибры, применяется *резьбомер* (рис. 116). Инструмент состоит из нескольких стальных пластинок, из которых каждая соответствует одному определенному шагу резьбы. Прикладывая пластинку к резьбе и смотря на свет, по величине зазоров между шаблоном и резьбой судят о правильности ее элементов. При пользовании лупой точность промера несколько повышается. Конечно резьбомер позволяет уловить только грубые ошибки в шаге и форме профиля нарезки.

Оба описанных метода сразу обмеряют несколько элементов резьбы и не дают возможности установить правильность каждого элемента в отдельности. Целый ряд других более сложных методов, к описанию которых мы сейчас переходим, позволяют обмерить отдельные элементы резьбы.

**В. Измерение наружного диаметра резьбы болта.** Наружный диаметр — наиболее удобно измеряемый элемент на болтах. Измерение производится при помощи обыкновенного микрометра.

Легко изготовить и предельные калибры для этого элемента — они будут иметь вид обычных предельных скоб, ширина губок которых достаточна для того, чтобы они могли захватить две соседние нарезки.

**Г. Измерение внутреннего диаметра резьбы болта.** Для этой цели пользуются микрометрами, снабженными остроконечными губками. Рис. 117

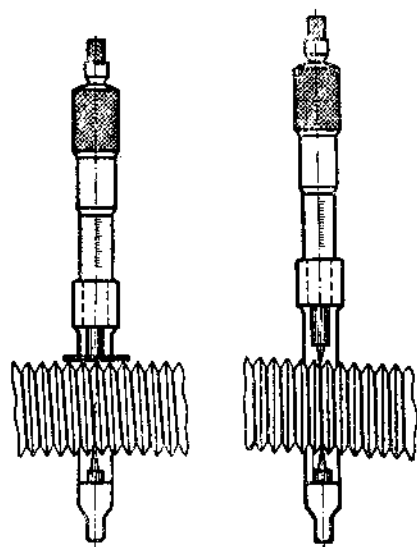


Рис. 117. Измерение внутреннего диаметра резьбы.

показывает два способа измерения внутреннего диаметра. Губка микрометра имеет острый конец (радиус закругления острия губки меньше радиуса закругления дна канавки) и поэтому опирается обязательно на дно канавки.

Слева показан способ измерения при помощи пластинки, толщина которой точно известна. Измерив наружный диаметр и произведя промер, показанный на чертеже, можно легко вычислить внутренний диаметр резьбы.

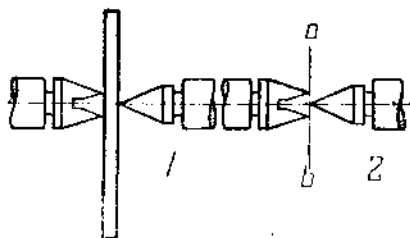


Рис. 118. Губки микрометра для измерений внутреннего диаметра резьбы.

Справа показан другой метод измерения. Здесь обмер внутреннего диаметра производится непосредственно, но размер не получается точным, так как микрометр становится несколько косо, подобно наклону резьбы. Точное значение диаметра и здесь можно получить вычислением, внося поправку на указанный наклон микрометра.

Фирма Цейс изготавливает специальные резьбовые микрометры, снабженные различными губками. Для измерения внутреннего диаметра служат губки по рис. 118. Острие имеет угол  $45^\circ$ . Для различных шагов приходится иметь различные губки. Очевидно, что такой микрометр, становясь перпендикулярно к оси винта, даст точную меру внутреннего диаметра. Для проверки его применяется мерная пластинка (см. на рис. 118 слева).

**Д. Измерение среднего диаметра резьбы болта.** Для этого измерения существует несколько методов.

Точный, но несколько кропотливый способ заключается в измерении резьбы при помощи трех проволок <sup>1)</sup>. Рис. 119 иллюстрирует этот метод. Три точно профилированные стальные проволоки (допуск в диаметре  $\pm 0,5 \mu$ ) вкладываются в канавки резьбы и обыкновенным микрометром измеряется расстояние между ними.

Зная диаметр проволок и угол профиля резьбы, мы можем вычислить средний диаметр винта. Или наоборот: имея таблицу, показывающую, какой размер должен быть указан микрометром при правильном диаметре, можно видеть ошибку в диаметре из сравнения действительного замера с табличным.

Диаметры проволок можно брать различные, необходимо только, чтобы губки микрометра опирались на проволоки, а не на вершины резьбы.

Вычисление должно давать одинаковый результат, будут ли проволоки лежать ближе к внутреннему или к наружному диаметру нарезки. Если ре-

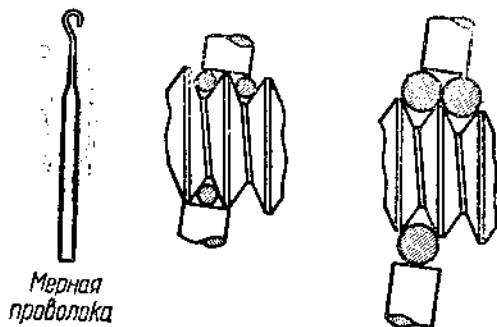


Рис. 119. Измерение среднего диаметра резьбы по способу трех проволок.

<sup>1)</sup> Этот метод проник в Европу из Америки, где он известен уже давно. Однако в практике мастеровских он применяется сравнительно редко.

зультаты получаются различные, то это указывает на неправильность угла профиля (сравнить рис. 119 посередине и справа).

Для удобства измерения существуют специальные подставки для микрометра и для подвеса проволок.

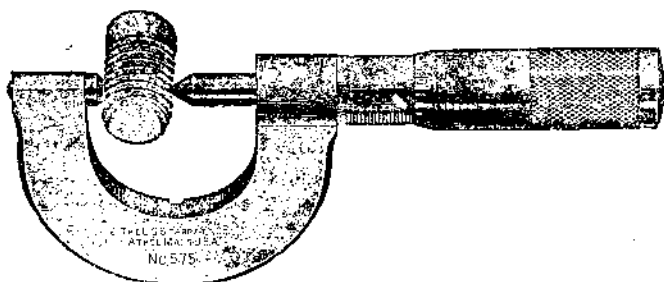


Рис. 120. Резьбовой микрометр.

Диаметры проволок по Цейсу рекомендуются для разных нарезок следующие:

|                         |                   |                   |                   |           |           |            |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|-----------|------------|
| Резьба Витворта . . .   | $\frac{1}{8}''$ , | $\frac{1}{4}''$ , | $\frac{3}{8}''$ , | 1'',      | 2'',      | 6''        |
| " метрическая . . .     | 3,5 мм,           | 8—9 мм,           | 10—12 мм,         | 24—27 мм, | 48—56 мм, | 140—150 мм |
| Диаметры проволок . . . | 0,37 мм,          | 0,79 мм,          | 1,19 мм,          | 1,78 мм,  | 3,17 мм,  | 5,7 мм.    |

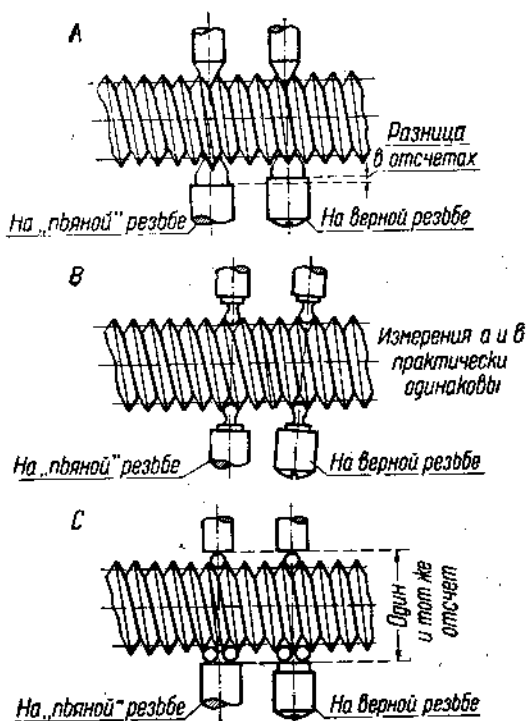


Рис. 121. Обнаружение пьяной резьбы микрометром.

Для промежуточных размеров берутся промежуточные значения.

Фирмами, изготавливающими эти проволоки, даются также таблицы для размера, измеряемого микрометром (рис. 119).

Некоторая кропотливость измерения резьб по способу трех проволок заставляет прибегать к другим, более удобным методам.

Большой известностью пользуются *резьбовые микрометры* (рис. 120). Слева показана вильчатая губка. Губки имеют уклон  $55^\circ$  для резьбы Витворта и  $60^\circ$  для метрической. Для каждого размера шага требуются специальные губки.

Применяя такой микрометр, можно получать отсчеты среднего диаметра непосредственно или сравнивая измеряемый винт с калибром.

Для установки микрометра на нуль пользуются резьбовым калибром, или специальными

вставками, прилагаемыми к микрометрам (при больших размерах) и имеющими с одной стороны острие, а с другой впадину, соответствующие форме нарезки.

На рис. 121 В показан микрометр с шаровыми губками. Им пользуются лишь для сравнения измеряемого винта с калибром и потому здесь можно обойтись меньшим числом губок, чем при предыдущем типе. Укажем, что из трех рассмотренных методов измерений способ трех проволок и микрометры с шаровыми губками не дают возможности обнаружить пьяную резьбу. Только тип с вильчатыми наконечниками дает указание на наклон нарезок. Рисунок 121 иллюстрирует сказанное.

С другой стороны, этот тип микрометров не дает возможности проверить правильность угла профиля резьбы.

Кроме описанных простейших приборов для измерения диаметров винтов, имеется много более усовершенствованных. Часть из них является развитием резьбовых микрометров: прибавлены приспособления для установки изделий, а сами микрометры сделаны более точными и укреплены на надежном основании. Другая часть — приборы с индикатором.

Рис. 122 показывает прибор, изготовленный Fortuna-Werke (Германия) и имеющий в основе индикатор<sup>1)</sup>. Он служит для измерения наружного, внутреннего и среднего диаметров резьбы, для чего в него вставляются различные губки. Столик устанавливается при помощи калибра, зажимаемого между губками прибора. При измерении среднего диаметра ставится резьбовой калибр, и положение столика сначала регулируется в поперечном направлении так, чтобы губки опирались на резьбу обоими боками. О правильности положения столика судят по показанию индикатора, которое должно быть

Рис. 122. Индикаторный прибор для измерения резьбы.

наименьшим. Затем показания стрелки приводятся к нулю путем подъема столика. Первоначальная грубая установка по высоте производится путем опускания верхней части прибора. После установки прибора по калибру измеряемый винт ставят на его место и судят о погрешности в диаметре прямо на основании отклонений стрелки прибора от нуля. При измерении наружного и внутреннего диаметров установка производится по гладкому калибру или по плиткам Иогансона.

**Е. Измерение шага.** Как мы упоминали выше, простейшим инструментом для проверки шага является обыкновенный *резьбомер* (рис. 116). При более точных измерениях приходится прибегать к более совершенным приспособлениям.

Рис. 123 показывает применение шаблона для измерения шага. Оче-

<sup>1)</sup> Так называемый Хирт-миниметр. См. гл. III, § 3.

видно действие его то же, что и резьбомера, но вследствие большей длины результаты получаются более точные. При проверке о верности шага судят по просвету.

Еще более точные приборы основаны на применении индикатора. Схема такого инструмента дана на рис. 124. Планка *A* неподвижна, а ползун *B* передвигается в продольном направлении, отклоняя стрелку *C*. Очевидно, что для установки прибора нужно иметь точный винт или шаблон.

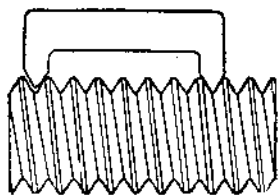


Рис. 123. Проверка шага резьбы при помощи шаблона.

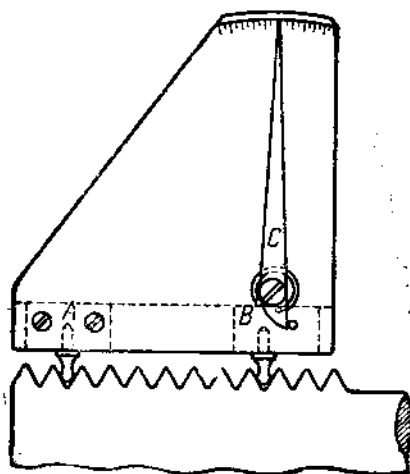


Рис. 124. Индикаторный прибор для проверки шага резьбы.

Индикатор указывает не только на существование ошибки, но и на ее величину. Рис. 125 показывает прибор Bicknell-Thomas для измерения шага резьбы. Он основан на схеме, похожей на только что рассмотренную. Губки прижимаются к двум нарезкам, а стрелка индикатора показывает отклонение шага от правильного. Установка производится по калибру, прилагаемому к прибору. Рис. 126 показывает применение того же прибора для измерения шага внутренней резьбы.

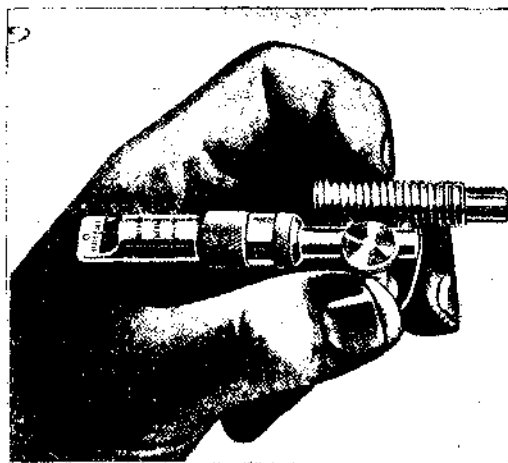


Рис. 125. Прибор Bicknell-Thomas для измерения шага резьбы.

Рис. 127 показывает индикаторный прибор Цейса. Деления шкалы даны в сотых миллиметра. Очень точный и удобный способ проверки всех элементов резьбы дает „Микроскоп для мастерских“ Цейса.

Ж. Микроскоп для мастерских<sup>1)</sup> и измерение профиля

резьбы. Рис. 128 показывает этот прибор с установленным на нем винтом. Стол имеет движение вдоль оси винта и поперек (по 25 мм). В окуляре уста-

Рис. 128 показывает этот прибор с установленным на нем винтом. Стол имеет движение вдоль оси винта и поперек (по 25 мм). В окуляре уста-

<sup>1)</sup> Werkstatt-Messmikroskope фирмы Цейс, Иена.

новлена *револьверная* стеклянная пластинка, вращающаяся вокруг вертикальной оси. На этой пластинке нанесены профили резьб, соответствующие различным шагам (рис. 129). Картина, видимая в окуляр, показана на рис. 130. По совпадению контура, начерченного на стекле, с контуром измеряемой резьбы, можно судить об ее правильности.

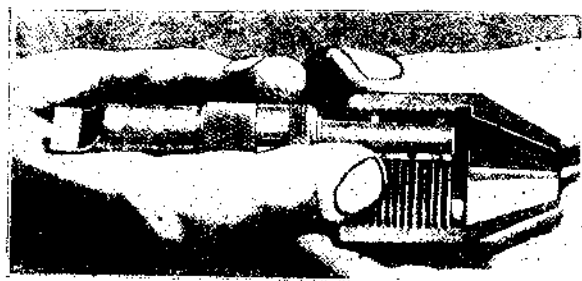


Рис. 126. Применение прибора Bicknell-Thomas для измерения шага внутренней резьбы.

Пользуясь движением столика, можно перенести контур на стекле в такое положение, что он совпадет с одной из соседних нарезок. Зная, на сколько передвинут стол, легко определить шаг винта.

Поперечное движение стола позволяет таким же образом производить измерения диаметров. Точность отсчета перемещений столика 0,01 мм. Отсчет поворота *револьверной пластинки* 10'.

Из описания прибора видно, что при пользовании им никаких вспомогательных калибров не требуется.

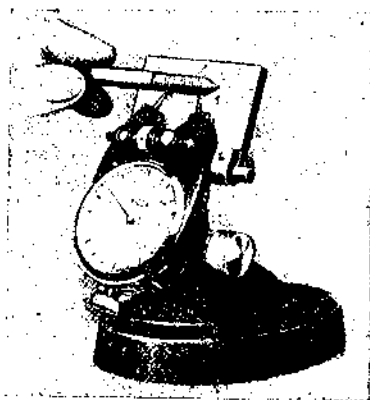


Рис. 127. Прибор Цейса для измерения шага резьбы.

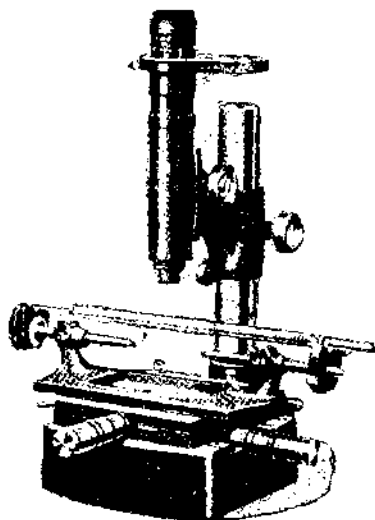


Рис. 128. Микроскоп для мастерских Цейса.

Той же фирмой изготавливаются подобные приборы, но более сложные и совершенные, с передвижениями стола до 200 мм в продольном и до 100 мм в поперечном направлении.

Как мы уже упомянули, микроскоп позволяет с большим удобством находить ошибки в форме профиля резьбы, т. е. в величине угла, радиусах закруглений, в степени прямизны и гладкости стенок нарезок и т. п.

Все эти измерения непосредственно производить почти невозможно и, если не пользоваться микроскопом или проекционным методом (описанным

ниже), то в распоряжении мастерской остаются лишь обыкновенный резбомер и лупа — приборы совершенно неудовлетворительные в смысле точности. Кроме измерения резьб, микроскоп приносит большую пользу также при обмере всяких фасонных профилей и т. п. работах.

**И. Проекционный метод изучения резьбовых и прочих профилей.** Наблюдение в микроскоп несколько утомительно и кроме того требует известного навыка. Поэтому наравне с только что описанными приборами получили распространение другие, также оптические, но дающие изображение резьбы на экране, хорошо видимое невооруженным глазом.

Большой известностью пользуется так называемый Hardness Comparator<sup>1)</sup>. Рис. 131 показывает схему этого прибора, а рис. 132 — его внешний вид

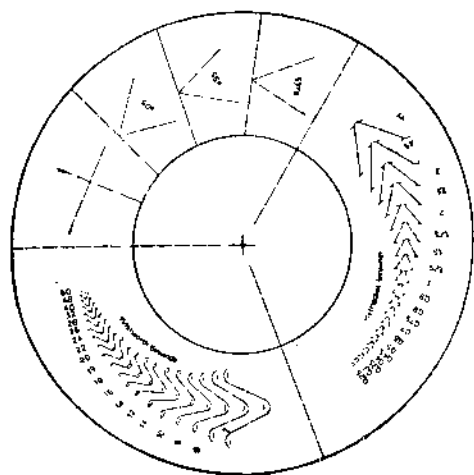


Рис. 129. Революционная пластинка микроскопа Цейса.

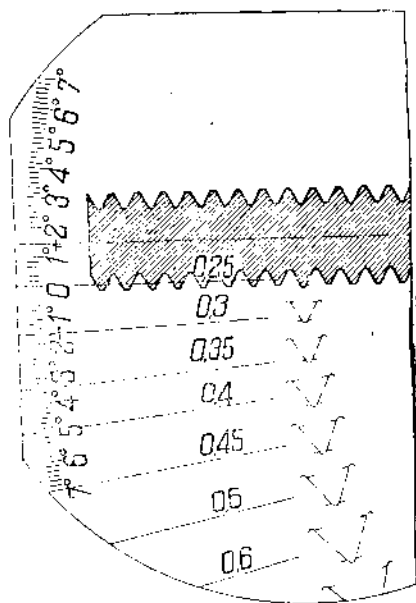


Рис. 130. Картина, видимая в окуляр микроскопа Цейса.

с винтом, зажатом в центре. Свет от лампы отбрасывает тень на экран, на котором изображены наибольший и наименьший допустимые профили нарезки (с увеличением в 50 раз). Если профиль падает между предельными контурами, то он может быть принят, если же вне их, то винт должен быть забракован. Сам экран устанавливается по изображению нормального резьбового калибра, который зажимается для этого вместо изделия. Рис. 133 дает четыре типичных изображения резьбы.

Рис. 133а показывает правильный профиль нормального калибра, совпадающий с наибольшим предельным профилем, начерченным на экране. По этому калибру машина устанавливается и время от времени эта установка проверяется. Следует обратить внимание на гладкую поверхность калибра. Рис. 133б показывает винт, изготовленный по нижнему пределу, а рис. 133с дает пример винта маломерного, но имеющего большой внутренний диаметр. Такой винт при навинчивании на него калиберной гайки может казаться правильным. Рис. 133д изображает явно негодную

<sup>1)</sup> Изготавливается фирмой Jones & Lamson (CACH).

резьбу, так как она имеет неверный шаг и очень негладкую поверхность.

При нарезке точных винтов описанный прибор может быть исключительно полезен. При его помощи можно последовательно устранить

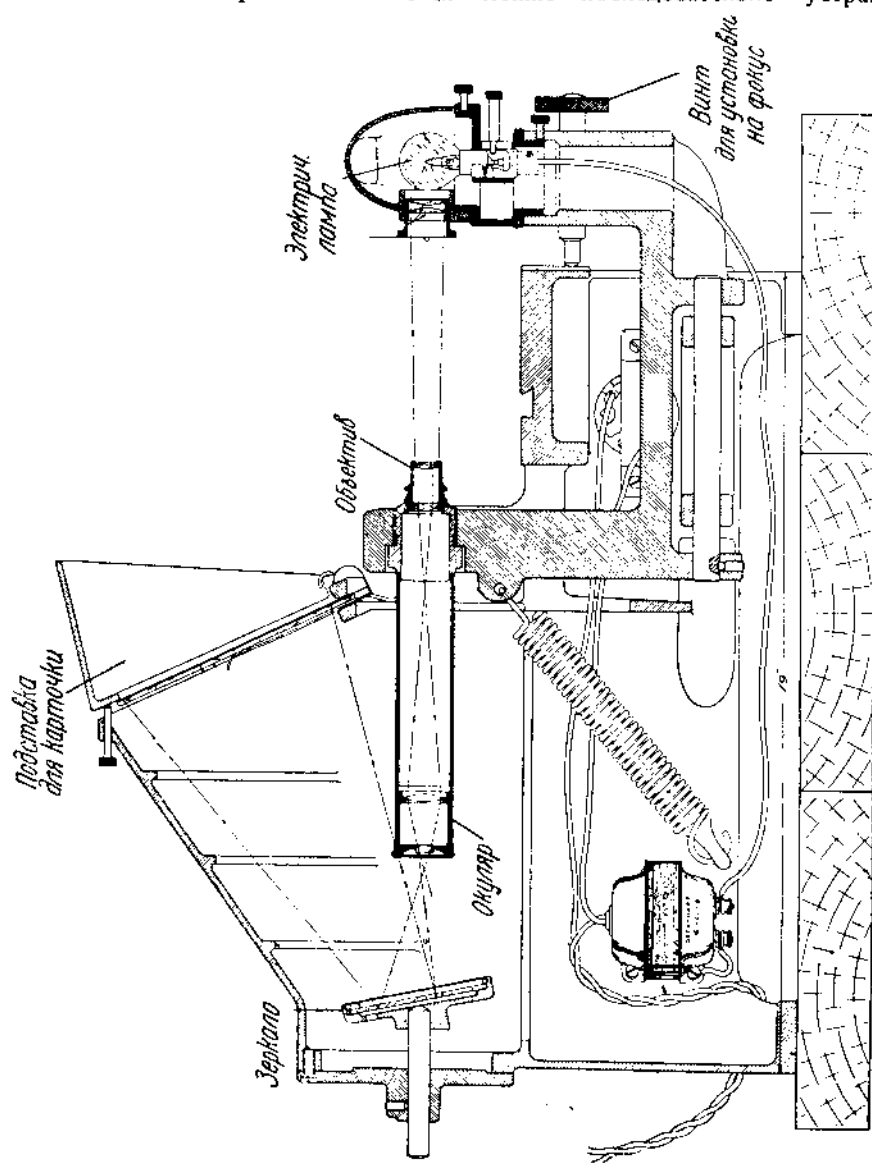


Рис. 131. Схема компаратора Хартнесса.

ошибки в шаге (например заменяя неправильные плашки правильными), во внутреннем диаметре, в неправильном положении профиля<sup>1)</sup> и т. д. В результате допуск на средний диаметр потребуется лишь для учета непра-

<sup>1)</sup> Пьяная резьба.

вильности этого диаметра, а не для компенсации ряда других ошибок. Поэтому допуск этот может быть принят малым.

Применение компаратора Хартнесс не ограничивается измерением резьб. Он пригоден для исследования всевозможных профилей, в частности профилей зубцов шестерен. Помещая две шестерни на валики и вращая их, можно на экране видеть полную картину зацепления.

**К. Измерение внутренних резьб.** Измерение внутренних резьб значительно сложнее чем наружных. Легко видеть, что пользование микро-скопами и проекционными приборами ограничивается изучением специально сделанных разрезов изделий, так как увидеть профиль внутренней нарезки без порчи изделия невозможно.

Относительно измерения гаек при помощи нормального резьбового калибра, имеющего форму болта, можно сказать то же, что было выше сказано относительно измерения наружных резьб калиберной гайкой. Такой болт может с успехом применяться только как приемный калибр, как браковочный он не дает никаких указаний. В основном нужно заметить, что измерение внутренних нарезок основано главным образом на измерении винторезного инструмента (метчиков). Обмер внутреннего диаметра гайки возможен при помощи внутренних микрометров. Что касается измерения диаметров наружного и среднего, то очевидно здесь при больших диаметрах можно воспользоваться методами, подобными применяемым при наружных резьбах. Что касается измерения шага, то пример индикаторного прибора для этой цели был приведен выше (рис. 126). При малых диаметрах остается только либо ограничиваться контролем резьб при помощи нормальной пробки, либо переходить к измерению их при посредстве предельных резьбовых калибров.

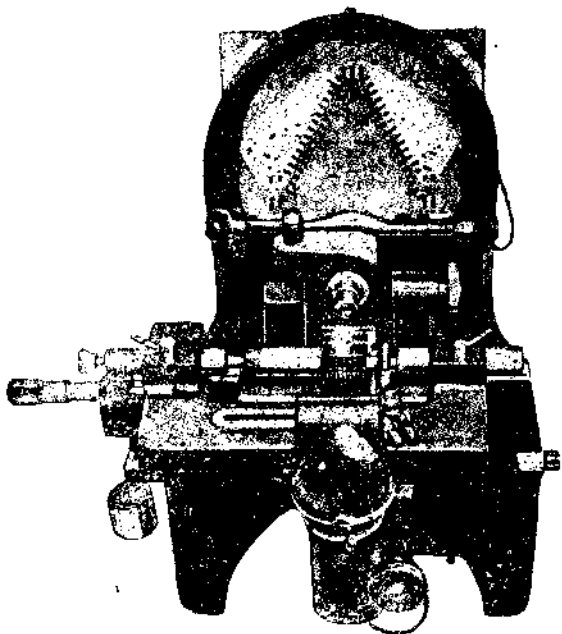


Рис. 132. Внешний вид компаратора Хартнесс.

## 6. Допуски на размеры резьбы.

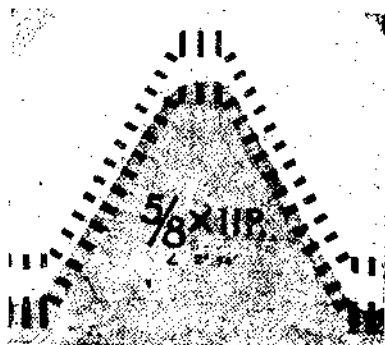
Мы видели выше, что ошибки в шаге и профиле резьбы могут быть компенсированы за счет увеличения среднего диаметра гайки или наоборот за счет уменьшения среднего диаметра болта. Так как идеально правильный шаг и профиль получить невозможно, то гайка свободно навернется на болт лишь в том случае, если ее средний диаметр сделан больше среднего диаметра болта. Наружный и внутренний диаметры болта и гайки

должны иметь такие размеры, чтобы усилие передавалось лишь боковой поверхностью резьбы, а отнюдь не на внешнем и внутреннем диаметрах.

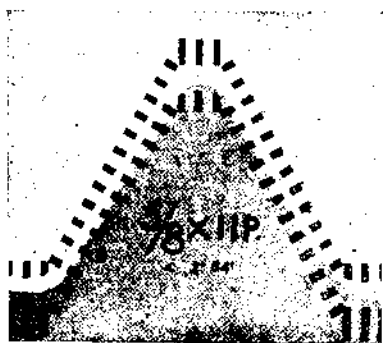
Задавая зазор на среднем диаметре резьбы болта и гайки, мы тем самым задаем и допуски на величину шага и на правильность профиля<sup>1)</sup>. Величина этого зазора таким образом зависит от тщательности исполнения



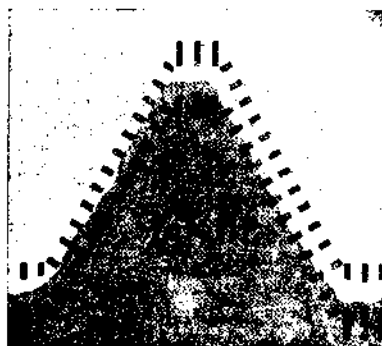
а) Изображение нормальной резьбовой пробки, по которой прибор устанавливается и время от времени проверяется. Обратить внимание на гладкость профиля.



б) Изображение наименьшего винта, который еще может быть принят. Шаг винта верный.



в) Изображение винта маломерного по среднему диаметру и полномерного по внутреннему. При испытании резьбовым кольцом производит впечатление правильного винта.



г) Изображение винта неправильного из-за ошибки в шаге и неровной поверхности. Не может быть принят.

Рис. 133. Типичные проекции резьбы.

резьбы. Чем больше погрешности в шаге и профиле (грубая резьба), тем больше должен быть и зазор. Допуски на среднем диаметре болта и гайки очевидно меняют фактическую величину зазора, а следовательно и общий допуск в шаге и профиле. Таким образом установление допусков на средний диаметр является в скрытом виде одновременно установлением допусков на величину шага и на правильность профиля. Если шаг и профиль будут иметь большие ошибки, чем это было предусмотрено при составле-

<sup>1)</sup> Это так называемые *связанные допуски*. См. гл. VIII, § 6.

нии таблиц допусков, то очевидно, даже при правильном выполнении резьб по предельным калибрам для всех диаметров, гайка не навернется на болт. Мы говорили, что между болтом и гайкой должен существовать зазор. Отсутствие такого зазора допустимо лишь в тех случаях, когда требуется, чтобы болт туго ввинчивался в гайку, т. е. чтобы между ними существовал известный натяг <sup>1)</sup>.

Подобно системам допусков для посадки цилиндрических изделий, здесь также может существовать система вала и отверстия и системы могут быть также односторонними и двусторонними. В системах допусков на резьбу обычно предусматривается существование нескольких классов точности, так как разнообразие требований к качеству резьбовых соединений столь велико, что промышленность не может удовлетвориться лишь одним классом.

В системе САСШ предусматривается 4 класса точности (резьба Селлерса). В Германии установлено три класса для резьбы Витворта и три класса для резьбы метрической. Обе системы — односторонние системы отверстия. У нас вводится система подобная германской, но пока только 2-й 3-й классы. Стандартизация 1-го класса признается преждевременной.

В системах допусков даются допуски как на болты, так и на гайки <sup>2)</sup>.

Нужно сказать, что ни одна из существующих систем допусков для резьбовых соединений по сей час не может считаться окончательно установившейся, все они видоизменяются и уточняются. Не останавливаясь более подробно на очень специальном и сложном вопросе о допусках на резьбу, переходим к самим предельным калибрам, служащим для измерения резьб <sup>3)</sup>.

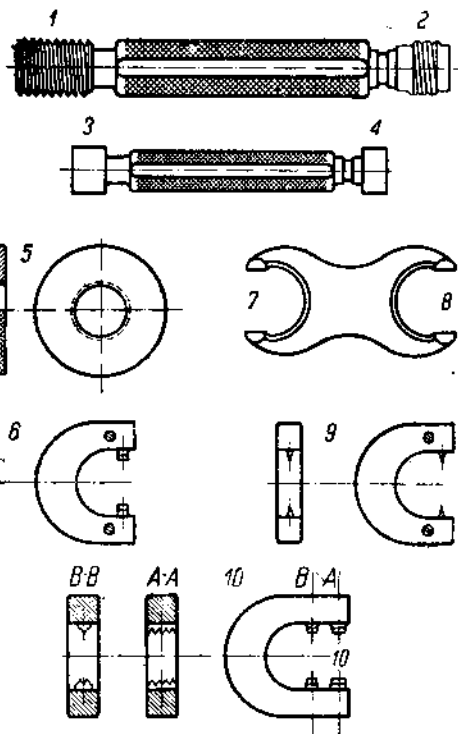


Рис. 134. Резьбовые калибры по DIN.

## 7. Резьбовые предельные калибры.

**А. Калибры для проверки гаек.** Для проверки гаек, исполненных по допускам DIN, рекомендуются следующие калибры (рис. 134).

<sup>1)</sup> Соединение, соответствующее неподвижным соединениям в системах цилиндрических посадок.

<sup>2)</sup> Размеры резьб гайки немного больше размеров резьб болта. Поэтому метки обычно исполняются полнее болтов.

<sup>3)</sup> О резьбовых допусках в разных странах см. Вестник Стандартизации № 3 (21) май — июнь 1930 г., статья проф. Н. Саввина. Подробнее о стандартах на резьбу см. книгу инж. О. В. Петрусевиц „Стандарты резьбы и резьбовых допусков“, Техника Управления, Ленинград — Москва, 1931.

а) Для контроля *среднего и наружного* диаметров приемным калибром служит резьбовая пробка 1 с полным теоретическим профилем. Наружный диаметр калибра равен диаметру наибольшего предельного болта, а средний — наименьшему среднему диаметру гайки. По внутреннему диаметру пробка обработана свободно. Этот калибр должен ввинчиваться в измеряемую гайку.

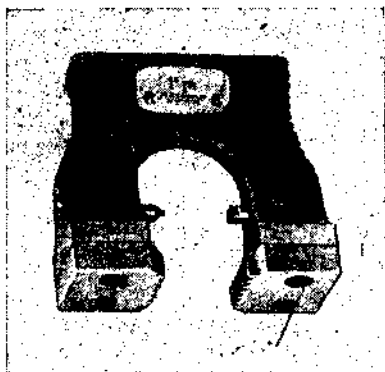


Рис. 135. Резьбовая скоба с губками.

Браковочный калибр 2 имеет вид болта с одним-двумя витками. Большой и меньший диаметры его сделаны так, что калибр никогда не будет касаться гайки на этих диаметрах. Средний диаметр имеет размер наибольшего среднего диаметра гайки. Калибр не должен ввинчиваться в гайку. Наличие только одной-двух ниток исключает влияние неправильностей в шаге.

б) Для контроля *внутреннего диаметра* служит обыкновенная гладкая предельная пробка, одна сторона 3 которой сделана по наименьшему, а другая 4 по наибольшему предельному размеру.

Рассмотренный комплект калибров дает уверенность в том, что средний диаметр не выходит из определенных пределов, а наружный не меньше требуемого размера <sup>1)</sup>.

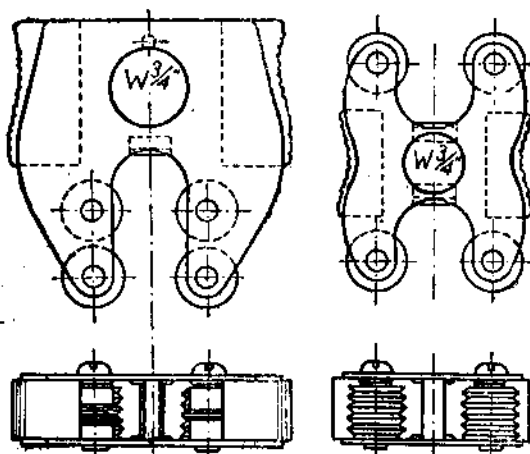


Рис. 136. Резьбовая скоба с роликами.

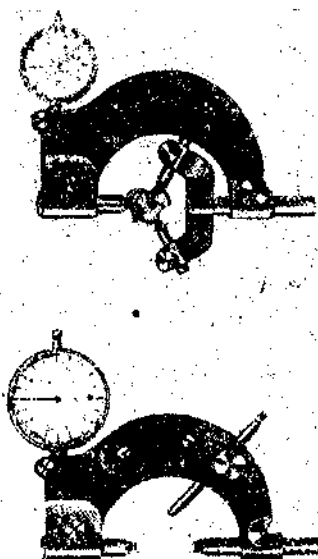


Рис. 137. Индикаторный прибор для проверки метчиков.

<sup>1)</sup> Для полной проверки наружного диаметра нужен еще браковочный калибр, который может очевидно иметь вид резьбовой пробки, но с более острым профилем — так, чтобы соприкосновение было лишь по вершинам. Однако в германской системе такое измерение не предусматривается.

**Б. Калибры для проверки болтов.** а) Для контроля *среднего и внутреннего* диаметров приемным калибром является резьбовое кольцо 5 с полным теоретическим профилем, но с наружным диаметром, превышающим нормальный. Толщина калибра равна высоте гайки. Браковочный калибр выполнен в форме скобы 6, губки которой касаются болта в двух противоположных точках лишь по среднему диаметру, соответственно наибольшему пределу этого диаметра. б) Для контроля *наружного* диаметра применяются обычные предельные скобы 7, 8. в) Для контроля *внутреннего* диаметра служит браковочная скоба с узкими губками, касающимися болта лишь по этому внутреннему диаметру 9.

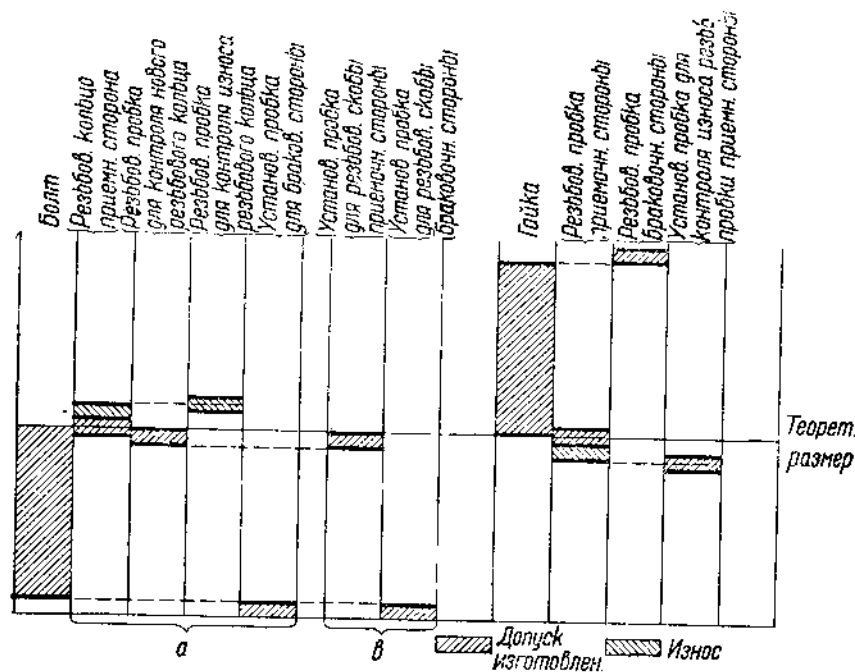


Рис. 138. Схема расположения допусков на резьбовые калибры в системе DIN.

Вместо резьбовых колец 5 часто применяют *резьбовые скобы 10*, основной частью которых являются губки *А—А*, имеющие длину гайки и средний диаметр, выполненный по наибольшему предельному размеру. В показанной конструкции браковочные губки *В—В* помещены на том же калибре (соответствуют калибру 6-му).

Измерение скобой часто предпочитают измерению калибровой гайкой 5, так как оно быстрее и кроме того может при нарезании резьбы на токарном станке производиться без снятия изделия с центров.

Конструктивное исполнение резьбовых скоб бывает различно.

Рис. 135 изображает скобу, соответствующую схеме рис. 134 10.

Рис. 136 показывает более распространенные выполнения с калеными роликами как в виде односторонней, так и двусторонней скобы <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> На этом рисунке следует обратить внимание на то, что скоба сделана из стальных пластин вместо штамповки. Такая конструкция облегчает инструмент и получила сейчас распространение.

Существует громадное разнообразие конструкций резьбовых калибров. Кроме жестких пробок и скоб в последнее время получают распространение и индикаторные приборы. Рис. 137 показывает один из таких приборов в исполнении фирмы Карл Мар (Германия). Прибор специально назначен для обмера метчиков с тремя канавками<sup>1)</sup>.

**В. Допуски на изготовление и износ резьбовых калибров.** В системе DIN разработаны как допуски на изготовление, так и на износ. Общая схема расположения этих допусков дана на рис. 138<sup>2)</sup>. Для проверки износа призматических резьбовых колец служат калибры по типу рис. 134 2. Кольцо признается годным до тех пор, пока этот калибр не станет ввинчиваться. Новые кольца проверяются резьбовыми контрольными пробками по типу рис. 134 1, которые должны ввинчиваться в кольцо.

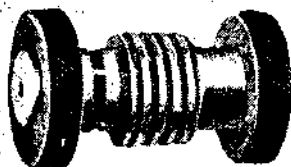


Рис. 139. Калибры, служащие для установки резьбовых скоб.

Для установки браковочных скоб по рис. 134 6 служат специальные калибры типа, показанного на рис. 139. Накатанные шайбы на концах этого калибра делают пользование им более удобным и кроме того препятствуют попыткам ввинчивания его в гайки.

Для контроля резьбовых пробок могут применяться приборы, служащие для точных наружных измерений<sup>3)</sup>, а также специальные контрольные скобы.

Полная проверка резьбового калибра дело очень сложное. Общее понятие о методах таких проверок можно получить на основании всего сказанного в этой главе относительно измерений точных резьб<sup>4)</sup>.

<sup>1)</sup> Описание конструкций разных резьбовых калибров см. Werkzeugmaschine 30 августа 1930 г., статья E. Preeger.

<sup>2)</sup> Столбики, обозначенные *a* соответствуют измерению резьбовым кольцом, а обозначенные *b* — резьбовой скобой.

<sup>3)</sup> Например прибор Fortune-Werke, рис. 122.

<sup>4)</sup> Более подробно о системе резьбовых допусков DIN см. стандарты DIN 2244—2250. Изменения в этих нормах см. Werkzeugmaschine 30 января 1929 г., стр. 31. Кроме того см. упомянутую выше книгу О. В. Петрусевича.

## ГЛАВА ВОСЬМАЯ.

### ОБОЗНАЧЕНИЕ РАЗМЕРОВ НА ЧЕРТЕЖАХ.

#### 1. Классификация чертежей.

Значение хорошо выполненных чертежей для производства сознается далеко не всеми. Не только у нас, но и на многих в других отношениях передовых зарубежных заводах, чертежам уделяется недопустимо мало внимания. Бывают нарушены элементарные требования к чертежу: они исполняются неясно, с недостаточным количеством видов и разрезов, в неподходящих масштабах и часто с ошибками.

Между тем современное производство и в особенности взаимозаменяемое производство предъявляет к чертежу требования, далеко выходящие за пределы простой технической грамотности и ответственности исполнения. Вычерчивание детали отнюдь не сводится в настоящее время к соблюдению правил начертательной геометрии и применению некоторых общепринятых условных методов изображения.

Современный рабочий чертеж содержит так много данных чисто технологического характера и его исполнение настолько зависит от требований производства, что можно без преувеличения сказать, что начертить изделие правильно можно лишь в том случае, если исполняющий чертеж ясно представляет себе, как это изделие будет изготавливаться в мастерской.

Прежде всего мы разделим чертежи на две основные группы: *чертежи проектные* и *чертежи рабочие* <sup>1)</sup>. Первые изображают данную деталь так, чтобы можно было судить о пригодности ее для выполнения той работы, для которой она предназначена. Должны быть проставлены габаритные размеры, толщины, диаметры и плечи изгиба, определяющие прочность детали, а также размеры необходимые для подсчета веса и т. д. Размеры, несущественные для работы детали и ненужные для расчетов, здесь уместно просто опустить, для того чтобы не загромождать чертежа. О правильных методах изготовления таких чертежей мы здесь говорить не будем, так как это не составляет предмета данной книги. Под словом „чертеж“ мы подразумевали выше и будем подразумевать в дальнейшем, лишь рабочий чертеж.

<sup>1)</sup> При составлении этой главы мы пользовались книгой Earle Buckingham „Principles of interchangeable manufacturing,“ New-York 1921. Книга составлена главным образом на основании опыта фирмы Пратт и Витней, родоначальницы современного взаимозаменяемого производства. Из этой же книги взяты и приводимые ниже примеры. E. Buckingham делит чертежи на две группы: „Functional drawings“ — чертежи, изображающие деталь с точки зрения ее действия и „manufacturing drawings“ — чертежи, изображающие деталь с точки зрения ее изготовления.

Рабочий чертеж, вообще говоря, получает совершенно различный вид в зависимости от того—предназначается ли он для модельной, для механической мастерской или для сборочной. На сборочных чертежах достаточно проставить лишь те размеры, которые необходимо соблюдать при сборке. Наличие других лишь путает сборщика, отвлекая его внимание от сущности дела.

Наиболее сложной работой является изготовление чертежей для механических мастерских. Строго говоря, каждый такой чертеж должен быть приноровлен к тем условиям производства, которые имеются в данной мастерской.

## 2. Обозначение допусков на чертежах.

Нанесение допусков на рабочие чертежи для механических мастерских обязательно, так как только с их помощью вполне определяются размеры изделия. Способов обозначения допусков имеется несколько, но в основном они разделяются на два класса: обозначения цифровые и обозначения символические.

В первом случае оба предельных размера проставляются прямо в миллиметрах, а во втором, рядом с цифрой, обозначающей номинальный размер, проставляется буквенное обозначение допуска, которое дает точное понятие об обоих пределах и таким образом заменяет не один, а два размера.

Рабочему, пользующемуся чертежом, в большинстве случаев совершенно не нужно знать величины допусков, так как он пользуется готовым калибром,

который выбирает согласно условному обозначению посадки. Благодаря тому, что обозначения буквами яснее и проще, второй метод проставления допусков имеет наибольшее распространение.

Числовые обозначения обычно выписываются на большие зазоры, на допуски в длинах и вообще во всех тех случаях, для которых не имеется готовых данных в таблицах посадок. Согласно Промстандарту, вып. 44:

*Допуски на чертежах определяются путем указания допустимых предельных отклонений от номинальных размеров. Отклонения указываются всегда после размера числовыми их величинами или же условными обозначениями, если отклонения назначаются по общесоюзным стандартам системы допусков и посадок.*

**А. Обозначение допусков числовыми величинами отклонений.**

а) Отклонения верхнее и нижнее указываются одно под другим, верхнее — выше, нижнее — ниже. Рекомендуется верхнее отклонение писать над размерной линией, а нижнее под ней (рис. 140).

б) Отклонение равное нулю на чертеже не проставляется.

в) При одинаковых абсолютных величинах верхнего и нижнего отклонений проставляется общая абсолютная величина со знаком  $\pm$ .

г) Отклонения размеров деталей, изображенных на чертеже в собранном виде (рис. 141), обозначаются в виде дроби: в числителе (рекомендуется над размерной линией) даются отклонения отверстия, а в знаменателе (рекомендуется под размерной линией)—отклонения вала. При этом впереди

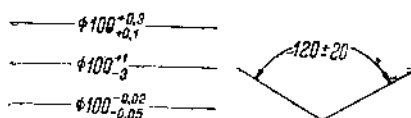


Рис. 140. Обозначение допусков на чертежах.

цифр отклонений рекомендуется делать надписи, поясняющие, к какой детали относятся отклонения <sup>1)</sup>).

**Б. Условные обозначения отклонений по общесоюзным стандартам допусков и посадок.** 1. Отклонения отверстия в системе отверстия (основное отверстие) обозначаются буквой А с индексом соответствующего класса, а отклонения вала в системе вала (основной вал) — буквой В с индексом соответствующего класса, согласно ОСТ 1003

Примеры:

а)  $\varnothing 100 \text{ Аз}$  — обозначает основное отверстие 3-го класса точности с ном. диам. 100 мм.

б)  $\varnothing 80 \text{ В}$  — обозначает основной вал 2-го класса точности с ном. диам. 80 мм.

в)  $\varnothing 120 \text{ В}_2$  — обозначает основной вал грубой точности с ном. диам. 120 мм.

2. В системе отверстия — отклонения вала, а в системе вала — отклонения отверстия указываются на чертеже соответствующими посадке и классу точности условными обозначениями по ОСТ 1003.

Примеры:

а)  $\varnothing 100 \text{ Т}$  — обозначает вал или отверстие с ном. диам. 100 мм по 2-му классу точности для тугой посадки (в системе отверстия, если размер относится к валу, и в системе вала, если размер относится к отверстию).

б)  $\varnothing 150 \text{ Нз}$  — обозначает вал или отверстие с ном. диам. 150 мм по 3-му классу точности для широко-ходовой посадки.

в)  $\varnothing 200 \text{ г}_2$  — обозначает вал или отверстие с ном. диам. 200 мм для 2-ой грубой посадки.

3. Для обозначения отклонений размеров деталей, изображенных на чертеже в собранном виде, перед обозначением посадки ставится буква А при системе отверстия и буква В при системе вала.

Примеры:

а)  $\varnothing 50 \text{ АН}$  — обозначает напряженную посадку в системе отверстия при точности 2-го класса и ном. диам. соединения 50 мм.

б)  $\varnothing 100 \text{ Вз}_3$  — обозначает третью грубую посадку в системе вала при ном. диам. соединения 100 мм.

4. В случаях, когда условное обозначение отклонений относится только к одной из деталей соединения, изображенного в собранном виде, впереди обозначения пишутся слова „вал“ или „отверстие“.

Пример:

Размер  $\varnothing 50 \text{ вал Н}_1$  — соединения, представляющего насаженный на

<sup>1)</sup> В случаях, когда для деталей, показанных в собранном виде, должны быть указаны 3 или 4 величины отклонений (т. е. не более, чем одно отклонение равно нулю), допускается проводить две размерные линии и отдельно указывать отклонения охватываемой и охватываемой деталей с надписями, к какой из деталей относятся отклонения.

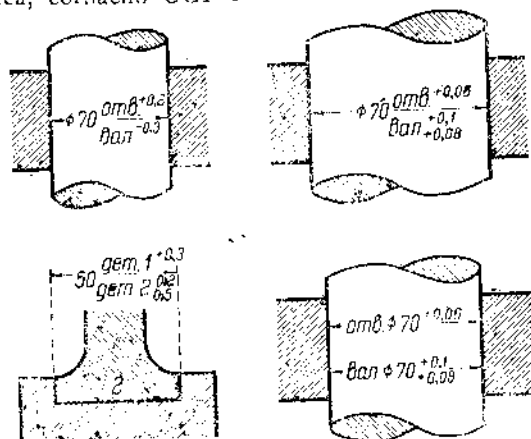


Рис. 141. Обозначение размеров деталей, изображенных в собранном виде.

вал шарикоподшипник, обозначает, что вал изготавливается с отклонениями по системе отверстия, по 1-му классу точности, для напряженной посадки, при ном. диам. 50 мм.

5. В случаях пользования комбинацией из отдельных элементов посадок разных классов точности, отклонения деталей, показанных на чертеже в собранном виде, обозначаются в виде дроби: в числителе дается обозначение отклонений отверстия, а в знаменателе вала. Допускается надписывать в числителе „отв.“ и в знаменателе „вал“.

Пример.

$\varnothing 100 \frac{X}{B_8}$  или  $\varnothing 100 \frac{\text{отв. } X}{\text{вал } B_8}$  обозначают соединение отверстия по системе вала 2-го класса точности для ходовой посадки с валом по системе вала (вал — основание) 3-го класса точности при ном. диам. соединения 100 мм.

### 3. Основные правила нанесения размеров на чертеже.

Earle Buckingham формулирует следующие основные законы проставления размеров.

а) Во взаимозаменяемом производстве лишь один размер или группа размеров, расположенных по одной прямой линии, могут иметь наперед назначенные допуски. Эти размеры представляют собой расстояния между режущей кромкой инструмента и основной поверхностью (базой) изделия. Следовательно неправильно ставить размеры с допусками более чем от одной точки на данной прямой линии.

б) Размеры следует проставлять между теми точками, которые необходимо удерживать в определенном положении друг относительно друга. Большинство размеров однако не существенны в этом смысле, и хорош обычай — иметь определенные основные базы в каждой плоскости и все такие размеры проставлять от этих баз.

в) На парных деталях, т. е. на таких, которые должны работать совместно (вал и подшипник и т. п.) размеры, по возможности, должны проставляться от одних и тех же основных поверхностей (баз). При соблюдении этого условия легче избежать ошибок в назначении допусков.

Далее Earle Buckingham рекомендует применять лишь одностороннюю систему допусков <sup>1)</sup> и соблюдать при нанесении размеров правило, чтобы каждый размер на чертеже проставлялся лишь в одном месте. При изменении этого размера устраняется опасность того, что он будет исправлен в одном месте, а в другом останется неизменным.

### 4. Примеры проставления допусков на длины.

Рис. 142а — 142б иллюстрируют последствия нарушения приведенных правил проставления размеров.

Рис. 142а показывает обычный, но совершенно неверный метод обозначения допусков на чертеже ступенчатого валика. Здесь нарушены как первое, так и второе правило. Так как диаметры обозначены правильно, то о них говорить не будем. Размеры для длин проставлены неправильно, во-первых, потому что чертеж не дает никаких указаний о том, соблюдение каких размеров является наиболее существенным и, во-вторых, так как при различных принятых планах операций результаты будут получаться

<sup>1)</sup> См. гл. IV § 4.

различные. В некоторых случаях, несмотря на точное следование указаниям чертежа, валик может получиться несогласным с другими размерами того же чертежа.

Рис. 142b показывает один из возможных планов следования операций (порядок обозначен буквами  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ). Сначала обрабатываем длину  $a$  и затем  $b$ . Размер  $c$  получается сам собой. В этом случае допуск размера  $c$  излишний: он получается автоматически, если соблюдены допуски в размерах  $a$  и  $b$ .

Рис. 142c дает другую последовательность обработки: сначала обрабатываем всю длину  $a$ , потом длину  $b$ . Размер  $c$  очевидно получится сам

собой, но допуск будет не  $-0,1$  как предполагалось на основном рис. 142a, а  $-0,2 + 0,1$  или в общем  $0,3$  мм. При такой последовательности, работая по рис. 142a и соблюдая допуски, мы получим валик, который не будет пропущен контролем. Очевидно здесь вина не рабочего и не контролера, которые правильно произвели свою работу, а конструктора, поставившего размеры.

Рис. 142d показывает третий план операций. Здесь опять размер  $c$  получится неверным, т. е. в чертеже имеется такое же противоречие, как и при работе по плану 142c.

Если в трех мастерских будут работать по трем различным методам, то очевидно получатся изделия различной точности.

Приведенный пример очень прост. При более сложных соотношениях обнаружить все последствия нарушения приведенных правил бывает довольно трудно, они могут оказаться довольно неожиданными и очень неприятными.

Рис. 142e показывает правильный способ проставления размеров в том случае, если длины 30 мм и 20 мм имеют наиболее существенное значение. Общая длина 50 мм, если ее желают проставить на чертеже, не должна иметь при себе обозначения допуска.

Рис. 142g иллюстрирует правильную простановку допусков в том случае, если важными размерами являются общая длина и участок 30 мм, а рис. 142h дает третий случай, когда важно соблюсти размеры 50 и 20 мм. Размеры других участков могут проставляться лишь без допусков.

При способах обозначения допусков по рис. 142e — 142h во всех мастерских валики получатся одинаковые, необходимо только выяснить, какой план операций обеспечит соблюдение этих допусков. В данном при-

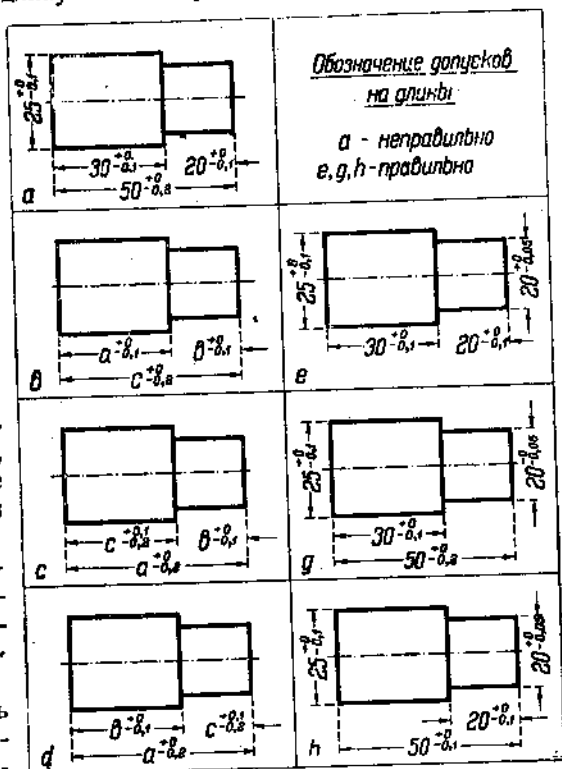


рис. 142. Обозначение допусков на длины.

мере план операций в каждом случае очевиден, но в более сложных случаях наметить его иногда бывает довольно трудно. В этом случае строгое соблюдение второго правила приносит существенную пользу и очень облегчает настройку операции. Заметим, что при ступенчатых валиках, имеющих не две, а несколько ступеней, длина одной из них должна быть всегда поставлена без допуска, если дан допуск на всю длину.

## 5. Последствия нарушения второго правила.

Обращаемся к случаю, изображенному на рис. 143. Это сборочный чертеж, на котором показаны наименьшие и наибольшие допустимые зазоры.

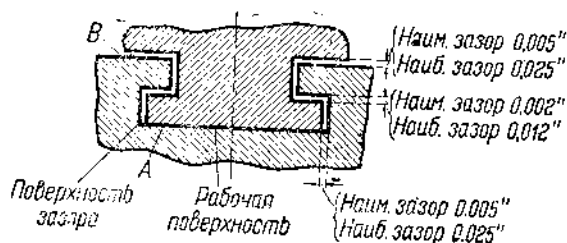


Рис. 143. Сборочный чертеж ползунка.

А — рабочая поверхность<sup>1)</sup> остальные поверхности — поверхности зазора. Составление таких чертежей придает наглядность выбору допусков, так как сразу виден характер получающихся посадок.

Рис. 144а показывает обычный способ проставления размеров на рабочих чертежах подобных деталей, но он неправилен, так как нарушает второе приведенное выше правило проставления размеров.

Рис. 144б дает верное расположение размеров. Все размеры по высоте должны проставляться от рабочей поверхности А, которая является в данном случае важнейшей. Если бы рабочей поверхностью являлась В вместо А, то важнейшей была бы первая и размеры должны были бы проставляться от нее.

Наименьшие и наибольшие зазоры в обоих случаях (рис. 144а и 144б) одинаковые и работа ползуна будет происходить в одинаковых условиях, но вследствие неправильного проставления

<sup>1)</sup> Вводим следующие определения: *Поверхностями посадки* (Operating surfaces) называем те поверхности, которые определяют собою относительное положение двух парных деталей. *Рабочей поверхностью* (Functional surface) назовем поверхность по которой эти детали фактически соприкасаются. *Поверхностями зазора* (Clearance surfaces) назовем все остальные поверхности посадок. *Свободными поверхностями* (Atmospheric fits) назовем все поверхности, не определяющие собою посадок, как например наружная поверхность рамы. Большинство поверхностей деталей относится к этой категории.

размеров будет излишнее повышение точности работы, а следовательно и ее удорожание, так как по рис. 144а размер 0,500" дан с допуском  $\pm 0,005''$ , а по рис. 144б размер 1,118" имеет допуск  $\pm 0,010''$  — в два раза больший.

Кроме того, как легко убедиться, для вычисления наименьших и наибольших зазоров в первом случае требуется произвести значительно большее количество действий, что увеличивает вероятность ошибок.

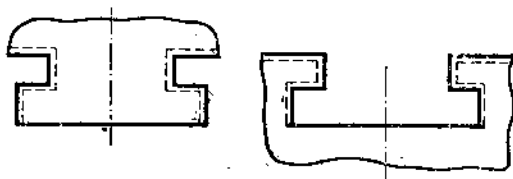


Рис. 145. Допуски по ширине ползунка.

Мы не говорили еще о размерах ползуна и направляющих по ширине. Эти размеры надо понимать расположенными симметрично по обеим сторонам центральной линии. Допуски также распределяются симметрично относительно этой линии. Это не значит, что поверхность должна быть абсолютно симметрична. С одной стороны она может быть сделана по наибольшему, а с другой по наименьшему пределу. При таком понимании чертежа допустимое отклонение от симметрии определяется допусками на ширину.

Рис. 145 показывает зону, в которой могут меняться размеры изделия при допусках, нанесенных так, как это показано на рис. 144б.

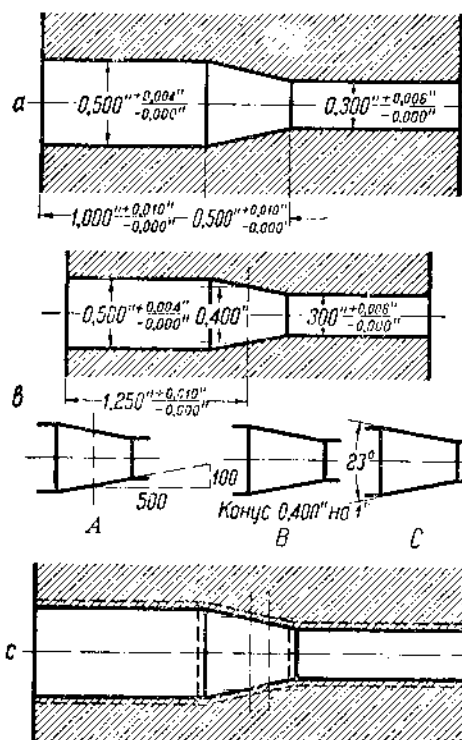


Рис. 146. Связанные допуски.

мерами, поставленных так, как это показано на этом чертеже, возникает целый ряд недоразумений.

а) Конусность получает очевидно допуск, но он не поставлен на чер-

1) Compound tolerances.

## 6. Связанные допуски <sup>1)</sup>.

Этим термином мы обозначим допуски, находящиеся друг от друга в известной зависимости так, что изменение одного из них неминуемо влечет изменение другого. Присутствие таких допусков на чертежах крайне нежелательно, так как только в самых простых случаях зависимость между допусками является очевидной, вообще же говоря выявление ее требует каждый раз затраты известного труда и при этом не исключено появление ошибок.

Где только возможно, надо представлять допуски так, чтобы они были независимы друг от друга.

Рис. 146а показывает случай, когда избавиться от связанных допусков довольно трудно. При раз-

теже. Размер конуса также неясен, его надо вычислять, причем при наличии допусков эти вычисления получаются довольно сложными. Все это затрудняет изготовление разверток.

б) Поставленный допуск на длину конуса — полная бессмыслица, так, очевидно, эта длина не может быть удовлетворительно измерена только в мастерской, но и в лаборатории даже самыми точными приборами. Если взять определенный конус, то длина этой части вполне определяет большим и малым диаметрами и меняется в зависимости от допусков этих диаметрах.

Предположим, что конструктор, давая чертеж 146а, желал обозначить постоянный конус с допуском  $0,010''$  в его положении по длине. Рис. 146а показывает правильно поставленные допуски для такого предположения. Взята произвольная точка на длине конуса и дан определенный размер диаметра в этой точке. Положение этого диаметра дано с допуском.

Для обозначения самого конуса могут применяться различные методы. Первые два (А и В) предпочтительнее чем метод С, так как все размеры получаются при этом без помощи каких-либо вычислений или справочников. Никаких допусков не дано ни на диаметр ни на конусность. Допустимые неточности в этих размерах могут быть подсчитаны, если это требуется, но проставляться на чертеже не должны во избежание введения неопределенности.

Для подсчета этих допусков (что необходимо например для заказа разверток) удобно пользоваться графическим изображением по рис. 146а. Из него сразу видно, какие колебания в конусности и диаметре может иметь развертка, для того чтобы, при положении диаметра  $0,400''$  по длине между заданными пределами, очертание конусной части отверстия лежало внутри границ, очерченных сплошными и пунктирными линиями <sup>1)</sup>.

Из приведенного рассуждения ясно, что допуски поставленные так как указано на рис. 146 б, вполне определяют допуски в изделии. Желая получить допуски на другие размеры, мы должны ставить их на других чертежах, причем они явятся следствием допусков рис. 146б.

Мастерская иногда не может ограничиться размерами подобными изображенным на рис. 146б. В таких случаях приходится добавлять *справочные* размеры <sup>2)</sup>, дающие указания на другие характерные длины и диаметры изделия, но эти размеры не должны иметь допусков. Для ясности такие справочные размеры можно привести в скобках.

## 7. Профильные поверхности.

Обозначение допусков на поверхностях, очерченных ломаными и криволинейными профилями, представляет большие трудности. Где только возможно следует разделить контур на участки, определяемые простыми допусками, оставляя часть размеров (зависимые размеры) без допусков. Криволинейный профиль неминуемо вводит зависимые допуски, если представлять размеры, как это принято, от определенных прямолинейных осей или от плоскостей.

Рис. 147 показывает пример особого метода проставления допусков в случае криволинейного профиля. Здесь размеры профиля даны без допусков, допуск определен толщиной слоя (пунктирная линия на чертеже),

<sup>1)</sup> Слой металла между сплошными и пунктирными линиями графически изображает допуск в изделии; ср. § 7.

<sup>2)</sup> Reference dimensions.

делах которого должно быть расположено очертание профиля изделия. способом избегнута неясность и противоречивость в определении размеров изделия.

Вопрос о методах измерения такого профиля остается открытым и чертеж еще не содержит никаких указаний, как проводить такие измерения. Задачу приходится решать в каждом частном случае (особо <sup>1)</sup>).

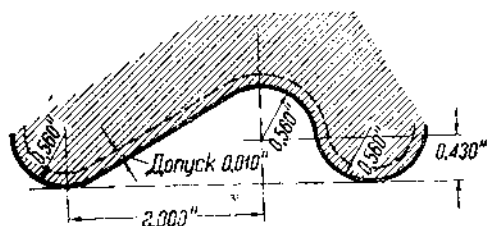


Рис. 147. Допуски на криволинейном профиле.

**Допуски на эксцентricитет и на несовпадение осей.**

Часто приходится определять допустимые погрешности в концентричности двух деталей. Рис. 148 дает пример такого случая. Легко видеть, что при идеальной концентричности и полном совпадении осей обеих отверстий наименьший зазор в них будет равен 0,004". При нарушении этих условий допуск располо-

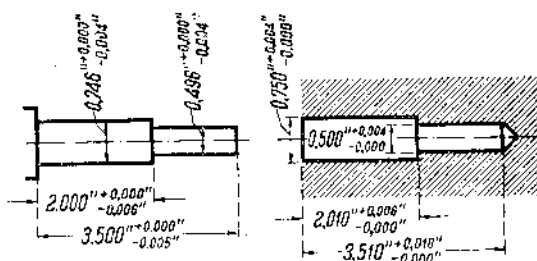


Рис. 148. Допуски на эксцентricитет и несовпадение осей.

тятся несимметрично по обе стороны оси и определение всех возможных комбинаций представит довольно сложную задачу. Это станет понятно, если учесть то обстоятельство, что оси могут быть не только сдвинуты одна относительно другой, но кроме того могут составлять друг с другом некоторый угол.

Хороший способ решения этой задачи дает рис. 149. Здесь изображен калибр для проверки концентричности и совпадения осей. Эскиз такого калибра, помещенный на рабочем чертеже, точно определяет требования, предъявляемые к концентричности и относительному положению осей.

Сравнивая размеры изделий и обоих калибров, мы увидим, что всякий вал, входящий в калибр *б* впишется в габарит другого калибра *а*, изображающего контур, лежащий вне контура калибра *б*, изображающего отверстие.

<sup>1)</sup> См. также гл. VII, где вопрос об измерениях сложных профилей был рассмотрен подробнее.

Так как калибр валика  $a$  имеет размеры, равные размерам калибра стия  $b$ , то очевидно в действительности между валиком и отверстием будет существовать известный зазор.

### 9. Допуски на расположение отверстий.

Часто приходится проставлять допуски на расположение ряда отверстий. С такой задачей мы сталкиваемся например при изготовлении кондуктора. По существу дела в этой задаче много общего с примерами, рассмотренными выше, но в данном случае имеется большая определенность задания. Здесь допуски на диаметры отверстий связаны с допусками на расстояния между ними и определяют друг друга. Поэтому при проставлении одновременно тех и других легко могут получиться противоречия<sup>2)</sup>.

Наиболее простой способ проставления размеров в рассматриваемом случае — это назначение допусков только на диаметры; расстояния же между дырами и расположение центров отверстий относительно обработанных поверхностей наносятся на чертеж без допусков. В случае надобности их всегда вычислить, какие допуски в этих размерах предусмотрены чертежом (в скрытом виде).

Рис. 150а дает пример четырех отверстий, расположенных определенным образом относительно двух кромок прямоугольной плитки с одной стороны и двух обработанных плоскостей угольника с другой. Плитка должна быть приболчена к угольнику. На чертеже показаны допуски на диаметр отверстий одинаковые для дыр в плитке и в угольнике и равные  $+0,006''$ . Диаметры соединительных болтов (обозначены на чертеже „диаметр проб“) имеют отрицательный допуск  $-0,004''$ . Расстояния показаны без допусков.

При проверке расположения отверстий могут встретиться два случая:

а) Болты при соединении обеих деталей вставляются порознь. В этом случае калибр может иметь вид, изображенный на рис. 150б. Диаметр штырей, входящих в отверстия плитки и угольника, равный наименьшему диаметру болта равен  $0,746''$  и он на  $0,004''$  меньше наименьшего диаметра отверстия. Сначала вставляют все четыре штыря калибра в отверстия плитки, а потом в отверстия угольника. Они должны свободно проходить в обе детали, что докажет правильность взаимного расположения.

Далее, прижимая калибр к верхней поверхности отверстий плитки (соответственно угольника) контролер должен смотреть, чтобы нижняя кромка калибра не находилась ниже кромки плитки (соответственно угольника). При нажатии калибра книзу нужно сделать, чтобы нижняя кромка калибра не была расположена выше кромки плитки (угольника). Эта проверка, легко сообразить, гарантирует правильные вертикальные размеры от центров отверстий до нижней кромки.

Горизонтальные размеры проверяют аналогично, прижимая калибр к левым и правым стенкам отверстий.

б) Шпильки сначала закрепляются в одной детали (в угольнике). Другая плитка надевается сразу на все четыре шпильки. В этом случае очевидно должны иметься некоторые погрешности в расположении, шпилек, закрепленных в угольнике, так и отверстий в плитке. Калибр

1) См. § 8 настоящей главы.

2) Вычисление допусков на расположение отверстий может быть произведено во всех случаях по формулам, выведенным подкомиссией под руководством Кюна. См. 4-я книга DIN. Оргаметалл, Москва.

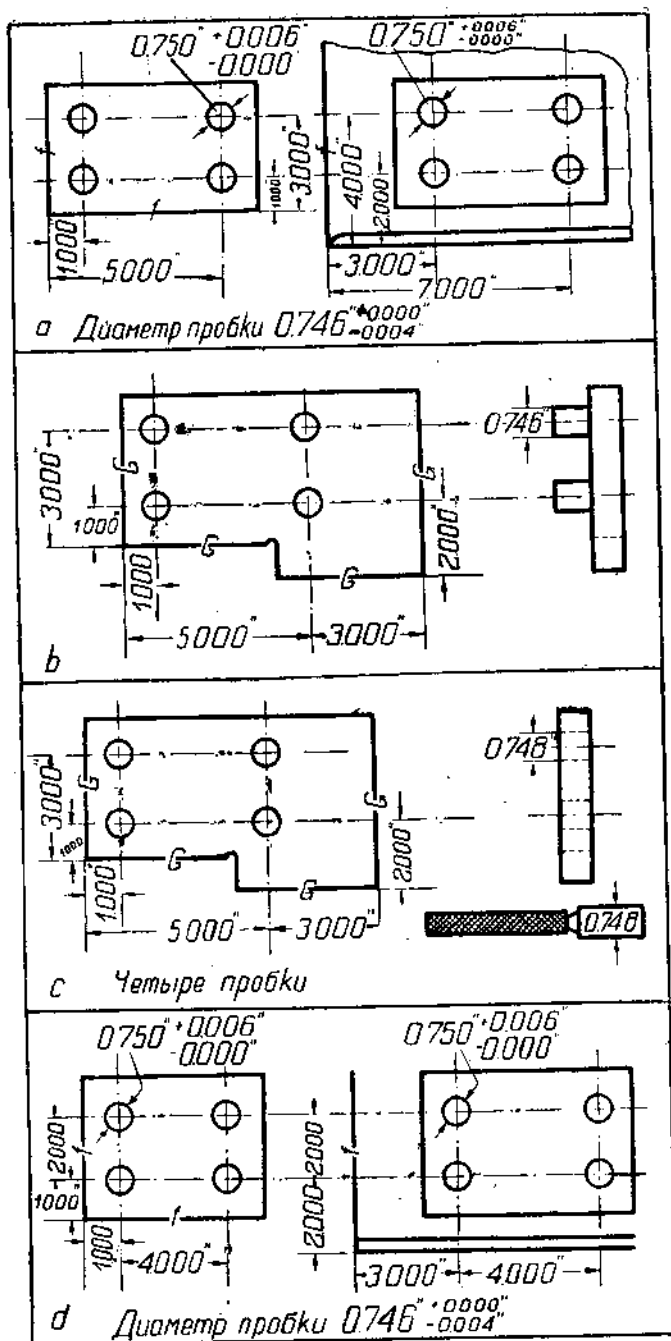


Рис. 150. Пример проставления допусков на расположение 4 отверстий.

нимает вид, показанный на рис. 150а. Здесь штыри нельзя закрепить наглухо, так как иначе проверка калибром расположения шпилек в угольнике станет невозможной. Самые штыри сделаны диаметром 0,748" т. е. половина минимального зазора между шпильками и отверстиями прибавлена к диаметру штырей. Очевидно, что всякая плитка, в которую вошли все штыри калибра, причем расстояния до кромок были проверены таким же методом, как и в случае а, будет, при совмещении ее кромок с кромками калибровой плитки, иметь стенки отверстий расположенные целиком снаружи стенок отверстий плитки калибра. Обратно, при совмещении кромок калибра с кромками угольника все шпильки расположатся целиком внутри отверстий калибровой плитки. Отсюда следует, что при заданном размерах расположения плитки относительно угольника шпильки войдут в отверстия плитки и, вообще говоря, между ними останется некоторый зазор.

Заметим, что в данном случае мы не ставили допусков на длины, а поэтому чертеж по рис. 150d совершенно равносильен рис. 150а. При наличии допусков на длины это было бы не так.

Допуски на диаметр болта — 0,04" и на диаметр отверстия — 0,006" очевидно увеличивают возможность перемещения плитки по угольнику и, сравнивая возможные перемещения, мы получим допуск на расположение этих деталей.

Во всех предыдущих примерах мы предполагали, что калибры сделаны совершенно точно или вернее говоря погрешность в их изготовлении ничтожно мала по сравнению с допусками в изделии. Если это не так, то строго говоря допуски в калибрах также должны быть учтены.

Однако практически точный анализ всех возникающих при этом обстоятельств столь сложен, что вряд ли может найти применение на практике. Поэтому при всех проверках подобных изложенным в предыдущих примерах, мы всегда довольствуемся лишь некоторым приближением, мирясь с неполной точностью получаемых числовых величин.

Приведенные в настоящей главе примеры далеко не исчерпывают всех обстоятельств, с которыми приходится считаться при проставлении допусков на чертежах. Приведены лишь наиболее типичные и часто встречающиеся случаи. Целью рассмотрения всех этих примеров является выявление некоторых общих принципов, которыми приходится руководствоваться.

Как бы тщательно ни была проведена работа по нанесению допусков на чертежи, все же после выпуска их в производство всегда будут обнаруживаться известные недостатки и неудобства, которые придется устранять путем переделки и замены калибров и инструментов и даже изменения принятого первоначально плана операций.

Весьма существенно, чтобы опыт мастерских не оставался только в среде цехового персонала, но являлся бы достоянием завода. Для этого необходимо все происшедшие перемены и прежде всего выяснившиеся изменения в допусках регистрировать на соответственных документах технического планирования (рабочих чертежах, инструкционных картах и т. п.). Далее причины и историю всех таких изменений следует выяснять и результаты обследований также хранить в специальном архиве.

Такое накопление опыта начнет быстро давать свои результаты, позволяя производить техническое планирование и в частности проставление допусков на чертежах с большей уверенностью. К сожалению, на наших заводах этому делу уделяется ничтожное внимание и ценный иногда опыт распыляется среди отдельных работников, непосредственно связанных с выполнением той или иной работы.

## ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

### ПРИНЦИП ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТ'.

#### 1. Понятие о взаимозаменяемости.

*Идея взаимозаменяемости заключается в том, что детали какого-либо механизма изготавливаются с такой степенью точности, чтобы они могли быть поставлены на свое место в любом из механизмов данной серии без всякой дополнительной обработки или пригонки.*

*Взаимозаменяемые части могут переставляться с одного механизма на другой такой же без всякой пригонки и без ухудшения его действия.*

Например свечи в автомобильном моторе взаимозаменяемы, так как любая из них подходит к любому цилиндру. Лезвия бритвы „Жилет“ также взаимозаменяемы, потому что любое из них может быть вставлено в любую безопасную бритву.

Если для постановки детали на место требуется хотя бы небольшая пригонка, то взаимозаменяемость в строгом смысле этого слова нарушается. Точно также нельзя признать изделия вполне взаимозаменяемыми, если при замене одного из них другим работа механизма хотя бы несколько ухудшается (например появляется излишний зазор в подшипниках, влекущий за собой потерю точности механизма).

Часто однако понятие взаимозаменяемости несколько расширяют, считая, что ему не противоречит необходимость небольшой пригонки и колебание характера посадок, если механизм оказывается еще способным к работе. Нужно признать однако последнее толкование неправильным и, не смешивая понятий, говорить всегда о взаимозаменяемости, как о *полной* взаимозаменяемости, решая в каждом отдельном случае вопрос: нужно ли в данном производстве придерживаться принципа взаимозаменяемости со всей строгостью или с известными отступлениями.

В настоящее время взаимозаменяемость является основой целого ряда производств. Автомобили, велосипеды, огнестрельное оружие, швейные машины, пишущие машины, электротехнические принадлежности и т. д. — не могут изготавливаться иным способом. Помимо всего прочего, ремонт и обслуживание всех этих предметов, имеющих широчайшее применение, при отсутствии взаимозаменяемости были бы практически недопустимо дороги, что послужило бы крупным препятствием к их распространению.

Развитие многих отраслей промышленности стало возможным лишь тогда, когда были выработаны методы взаимозаменяемого производства.

Видя такое широкое распространение взаимозаменяемости сравнительно новая — и широкое проникновение ее в промышленность относится к последним десятилетиям.

Повидимому впервые мысль о взаимозаменяемости возникла во Франции. Имеются указания, что еще в 1717, а потом в 1785 годах там делались попытки, хотя и не удачные, поставить взаимозаменяемое производство оружия. Первыми изделиями, практически изготовленными из взаимозаменяемых частей, были повидимому десять ружей, представленные Эли Витней конгрессу САСШ в 1798 г. С целью доказать значение идеи взаимозаменяемости он доставил эти ружья в Вашингтон и, разложив все части в перемешку на пол, снова собрал 10 ружей из деталей, ранее входивших в состав других ружей, причем они действовали правильно. Эта демонстрация имела большой успех и была повидимому первым зарегистрированным случаем изготовления более или менее сложного механизма на принципе взаимозаменяемости. В 1808 г. Simeon North изготовил партию пистолетов по тому же принципу.

## 2. Значение взаимозаменяемости.

Вначале к взаимозаменяемости стремились, имея в виду лишь потребителя. Удобство замены изношенных или сломанных частей во многих случаях имеет столь существенное значение, что заставляет во что бы то ни стало ставить требование взаимозаменяемости. При несоблюдении этого принципа сложная и дорогая машина иногда надолго выводится из действия из-за необходимости пригонки по месту какой-либо небольшой запасной детали.

Но принцип взаимозаменяемости имеет еще другое значение. Его применение упрощает и удешевляет само производство. Если детали взаимозаменяемы, то они очевидно одинаковы. Их можно изготовлять по одному шаблону, не заботясь о том, как каждая из них подойдет к той детали, с которой будет работать. Шаблон проверен заранее и пригонка по нему заменяет пригонку по месту. Это дает возможность изготовлять сопригающиеся детали в разных местах разными рабочими и в разное время. Кроме того шаблоны (калибры) можно изготовить значительно более удобными для обращения, чем та деталь, к которой должна пригоняться обрабатываемая часть. Например, притачивая валик к подшипнику, мы должны несколько раз снимать его со станка, для того чтобы проверить, насколько свободно он входит в отверстие. Если же мы пригоняем его к скобе, то измерение может производиться прямо на центрах. Еще сложнее обстоит дело при тугих и плотных посадках. Здесь пригонка по месту очень затруднительна и работа по калибру упрощает дело в весьма большой степени. *В современном производстве к достижению взаимозаменяемости стремятся не меньше из экономических соображений, чем в силу необходимости иметь взаимозаменяемую продукцию.*

Можно сказать без преувеличения, что широкое применение методов взаимозаменяемости в промышленности обязано в настоящее время прежде всего именно возможности удешевления производства с их помощью. Если бы взаимозаменяемость вела к удорожанию изделий, то область ее применения была бы неизмеримо более узкой и техника нашла бы другие методы для удешевления ремонта и облегчения замены изношенных частей.

Взаимозаменяемые изделия должны иметь размеры, не выходящие обычно из пределов сравнительно узких допусков. Поэтому предельные калибры нашли себе широчайшее применение именно во взаимозаменяемых производствах.

Нужно указать далее, что требование получения размеров, лежащих в известных пределах, часто обуславливается не требованием взаимозаменяемости, а лишь удобствами производства. Например: во многих случаях при массовом производстве обточку под шлифовку ведут по предельным скобам, подавая таким образом однообразную заготовку на шлифовальный станок. Такое распространение идей взаимозаменяемости на полуфабрикаты и даже сырые материалы <sup>1)</sup> вызывается лишь требованием удешевления производства, так как очевидно потребителю важны лишь размеры готового изделия, а не заготовок. Из таких же соображений по калибрам часто изготавливаются детали, которые после сборки в будущем никогда не должны разбираться — например части, соединяемые в горячем состоянии.

### 3. Факторы, ограничивающие применение принципа взаимозаменяемости.

Потребитель очевидно устанавливает лишь нижнюю границу области применения принципа взаимозаменяемости: *чем большая часть изделий изготовлены взаимозаменяемыми, тем удобнее ими пользоваться.* Другой предел ставится лишь возможностями производства. Имеется целый ряд обстоятельств, *ограничивающих* применение принципа взаимозаменяемости. Перечислим главные из них.

**А. Размеры изделия.** Комиссия по выработке интернациональной системы допусков и пригонки <sup>2)</sup> установила таковые лишь в пределах 3—180 мм. Вопрос о пределах диаметров подвергался обсуждению — и было признано, что предельные калибры имеют широкое и вполне устойчивое применение лишь в указанных границах. *При диаметрах больше 180 мм* трудность изготовления и измерения сильно увеличивается, характер изделий меняется, так как они становятся крупнее — и стоимость их возрастает.

Все это требует более тщательной работы и в то же время исключает возможность браковки изделий, случайно изготовленных не вполне правильно. Если например какая-либо шейка большого коленчатого вала двигателя Дизеля будет переточена на несколько десятых мм, то все же вал не будет забракован. Подшипник придется пригнать по месту, если бы и удалось остальные подшипники изготавливать взаимозаменяемыми. При посадке шек на шейки того же вала в горячем состоянии полная определенность посадки важнее, чем некоторая сложность работы по микрометрам. Во многих случаях завод предпочитает растачивать отверстия в щеках и, тщательно обмерив их, шлифовать концы шеек полнее отверстия со строго определенным натягом. При работе по предельным калибрам имела бы всегда известная неуверенность в действительной величине натяга. В таких ответственных случаях индивидуальную пригонку часто предпочитают несущей в себе известную неопределенность работе по предельным калибрам.

Крупные станки менее точны чем мелкие. Это лежит в самой сущности их конструкции, так как при больших размерах нельзя придать станинам и всем другим деталям столь же массивные размеры, как при малых. В то время как небольшой фрезерный станок является почти сплошной отливкой, фрезерная колонка, служащая для обработки больших поверхностей, состоит из нескольких отдельных частей, слабо соединенных между собой.

<sup>1)</sup> Даются допуски на отливки, поковки, прокатный материал и т. д.

<sup>2)</sup> См. гл. V, § 11.

Точность крупных станков зависит от целого ряда причин. Станины больших строгальных станков прогибаются при проседании фундаментов и нуждаются в выверке. Столы больших каруселей не могут вращаться столь же правильно, как столы малых. В последнем случае погрешность на наружном большом диаметре может казаться относительно умеренной, но ошибка при расточке небольшой центральной дыры будет значительной. Длинные рукава радиально-сверлильных станков отклоняются под давлением усилия подачи и оси отверстий оказываются косо расположенными.

Самое поддерживание в порядке и ремонт больших станков затруднительнее чем малых, кроме того высокая их стоимость заставляет часто работать на старом оборудовании там, где при более мелких деталях давно было бы установлено новое.

Возможность применения точных методов работы в крупном машиностроении ограничена. В частности большие шлифовальные станки очень дороги и применение их далеко не всегда оправдывается.

Далее измерение больших размеров, как мы видели <sup>1)</sup>, встречает много затруднений, в частности, влияние температуры здесь очень значительно. При расточке и шлифовке большого тонкостенного изделия оно часто так прогревается от работы снятия стружки, что имеет размеры, значительно отличающиеся от тех, которые будут получены при измерении того же изделия после охлаждения.

Влияние веса большого изделия столь значительно, что часто оно имеет в разных положениях различные размеры. Типичный пример этого рода — большие плоские кольца (статора генераторов). При расточке на карусели плашмя внутренняя расточка кольца может быть сделана вполне правильной, при постановке же его в вертикальное положение кольцо примет слегка эллиптическую форму.

Влияние износа резца здесь также значительней чем при меньших изделиях. Самые отливки часто имеют при больших размерах неоднородное строение.

Но самым существенным является то обстоятельство, что *крупные изделия обычно изготавливаются в небольших количествах*. Это не позволяет широко применять приспособления и специальный инструмент, которые составляют основу всякого взаимозаменяемого производства. В частности крупные развертки, протяжки и фасонные фрезера очень дороги и их изготовляют лишь в исключительных случаях.

Все сказанное значительно суживает применение идеи взаимозаменяемости в крупном машиностроении. Даже такие установившиеся его отрасли, как паровозостроение, не перешли еще на работу по предельным калибрам. Обычно признается, что часть деталей, например полускатки, рессоры, буксы и др., должны быть взаимозаменяемыми, другие же запасные детали хранятся в черном или обработанном нагрубо виде и пригоняются по месту. В последнее время как за границей, так и у нас имеется сильное течение в пользу возможно широкого проведения взаимозаменяемости в паровозостроении <sup>2)</sup>.

*Очень мелкие детали* часто также с трудом изготавливаются взаимозаменяемыми. Действительно, сравним плотную и скользящую посадки для

<sup>1)</sup> См. гл. VI § 10.

<sup>2)</sup> История и состояние вопроса в отношении СССР см. статью Н. В. Шмудьян и М. Л. Чернышева — Опыт установления допусков в паровозостроении „Вестник Стандартизации“ № 1 (19), январь — февраль 1930 г.

диаметров 1—3 мм<sup>1)</sup>. При работе по 2-му классу точности ОСТ отверстие должно быть выполнено с допуском  $\pm 0,01$  мм, а вал в первом случае с допуском  $\pm 0,03$  мм, а во втором—0,006 мм. Из сравнения этих цифр видно, что характер посадки меняется при изменении допуска на 0,003 мм. При еще меньших диаметрах требуемая точность повышается. Отсюда ясно, что для получения более или менее определенных посадок при малых диаметрах необходимо работать с допусками, измеряемыми немногими микронами. Обычная машиностроительная точность значительно ниже и допуски не могут быть сделаны меньше 0,01—0,02 мм.

Но для диаметров 1—3 мм такие допуски имеются лишь в третьем классе точности. Действительно скользящая посадка этого класса ОСТ имеет для данного предела диаметров допуски в отверстии  $\pm 0,02$  мм и на валу—0,02 мм. Даже при „грубой“<sup>2)</sup> посадке допуски получаются небольшие. Например для 1-й грубой посадки ОСТ отверстие 1—3 мм имеет допуск  $\pm 0,06$  мм, а вал —0,06 мм.

Погрешности в самих калибрах еще более суживают допуски и в результате оказывается, что по первому и второму классу заводы аппаратные и точной механики могут работать лишь в исключительных случаях. Обычно ограничиваются третьим и четвертым классами, широко используя тннутый материал<sup>3)</sup>.

Там, где требуется более тщательная работа (некоторые отрасли точной механики), приходится отступать от полной взаимозаменяемости, так как работа по низшим классам исключает применение всех плотных и тугих посадок, а остальные делает неопределенными.

**Б. Высокая точность работы.** Часто с понятием взаимозаменяемости связывается понятие о весьма *высокой точности* обработки. Такое представление весьма относительно.

Правда, для большинства отраслей машиностроения введение взаимозаменяемости означает повышение точности работы<sup>4)</sup>, но существуют и такие отрасли где необходимая точность столь велика, что превосходит требования всех классов точности. Сюда относится прежде всего производство точных инструментов — особенно измерительных. Всякая система посадок допускает колебания зазоров и натягов в довольно широких пределах. Между тем во многих случаях такие колебания совершенно недопустимы. Укажем например на мелкие поршеньки и иголки клапанов, работающих под весьма высоким давлением без каких-либо набивок; такие детали приходится обычно притирать по месту. Изготовить их по предельным калибрам без подгонки часто совершенно невозможно.

**В. Сложная форма изделия.** Мы видели выше (гл. VII), что

<sup>1)</sup> При всех сравнениях принята система отверстия.

<sup>2)</sup> Понятие *грубая* посадка здесь таким образом носит чисто условный характер.

<sup>3)</sup> В таких случаях применяется система вала.

<sup>4)</sup> Действительно, для того чтобы обеспечить определенное допустимое колебание зазора или натяга, при работе по предельным калибрам необходимо обрабатывать как вал так и отверстие со значительно большей точностью, чем при погонке одной из деталей к другой, уже обработанной. В первом случае полный допуск зазора или натяга распределяется между отверстием и валом (см гл. IV § 5), а во втором, очевидно, весь допуск можно использовать на пригоняемой детали, полагая что изготовленная деталь точно обмерена. Очевидно, что при работе с индивидуальной подгонкой выгоднее, когда это возможно, изготовить сначала деталь более трудную для обработки и пригонять по ней более простую. Так как отверстие, вообще говоря, обработать труднее чем вал, то чаще пригоняют вал по отверстию, а не наоборот. Тогда не приходится считаться с допуском в отверстии.

измерение сложных профилей связано с большими затруднениями. Изготовление их естественно требует еще большего труда, если необходимо добиться высокой точности. Поэтому достижение взаимозаменяемости при пригонке одного такого профиля к другому часто настолько затруднительно, что предпочитают ввести некоторую добавочную подгонку. Как пример приведем крупные ответственные шпильки больших поршневых машин (дизелей, паровых и т. п.). Такие шпильки должны весьма плотно подходить к нарезанным отверстиям и в то же время не требовать чрезмерного усилия для завинчивания. Поэтому на многих, даже первоклассных, заводах пригоняют такие шпильки в сборочной плашках по месту, имея их нарезанными на токарном станке с небольшим припуском. Резьбу подрезают до тех пор, пока для ее завинчивания не будет требоваться вполне определенное усилие.

**Г. Экономические соображения.** Мы видели при рассмотрении систем допусков, что ни одна из них не обеспечивает идеальной взаимозаменяемости даже в высших классах. При совпадении крайних пределов могут получаться посадки, совершенно не соответствующие тем, которые рассчитывали получить. Чем выше класс точности, тем определеннее будут посадки, и случаев получения неподходящих комбинаций окажется меньше. Зато стоимость работы быстро повышается с уменьшением допусков.

Выбор надлежащего класса точности — трудная задача и здесь должен быть использован опыт работы предприятий, имеющих аналогичное производство.

Если не идти на очень точную работу, то всегда, в особенности при неподвижных посадках, полной взаимозаменяемости не получится. Многие заводы, стремясь удешевить производство, отказываются от работы по высшим классам точности, но зато допускают небольшую подгонку. Завод Русский Дизель пользуется специальной пригонкой (обозначается на заводе СТУ), соответствующей 3-му классу точности, и имеющей, например, для диаметров 50 — 80 мм допуск на валу  $\pm 0,04$  мм.<sup>1)</sup> Посадка применяется в связи со слесарной пригонкой. Ее введение было вызвано невозможностью добиться работы по 2-му классу точности.

Другой путь получения надлежащих посадок без введения узких допусков — это *выборочная сборка*.

#### 4. Выборочная сборка<sup>2)</sup>.

При изготовлении по предельным калибрам большого числа изделий, которые должны работать попарно после сборки, мы очевидно получим разные случаи совпадения размеров. Посадки окажутся то более слабыми, то более плотными, причем колебание их характера будет, вообще говоря, довольно значительным. Если отказаться от требования, чтобы любое изделие одного рода работало с любым изделием другого рода, можно значительно повысить определенность посадок, не повышая точности обработки.

Достаточно рассортировать детали каждого рода (например валики и надеваемые на них втулки) так, чтобы все полномерные детали составили одну группу, а все маломерные — вторую. Затем надо соединять полномерные детали одного рода (валики) с полномерными другого (втулки), и обратно.

<sup>1)</sup> Допуск „Haftsitz“ DIN только 0,02 мм.

<sup>2)</sup> В Америке известна под названием „Selective assembly“.

Пусть у втулок отверстие диаметром 60 мм выполнено с допуском  $+0,023^{1)}$ , а вал с размером  $60^{+0,003}$ . Натяг колеблется в пределах  $+0,023$  и  $-0,027$  мм, т. е. в общей сложности до 0,050 мм. Разделим все втулки на группы:

|                                      |    |                                 |
|--------------------------------------|----|---------------------------------|
| первая с диаметрами . . . . .        | 60 | $+0,015$<br>0                   |
| вторая „ „ . . . . .                 | 60 | $+0,030$<br>$+0,015$            |
| Валики также разделим на две группы: |    |                                 |
| первая с допусками . . . . .         | 60 | $+0,13$<br>$+0,003$<br>$+0,023$ |
| вторая . . . . .                     | 60 | $+0,013$                        |

Теперь, комбинируя детали первых групп, получим натяги в пределах  $+0,013$  и  $-0,012$ , колебания в пределах 0,025 мм. Детали вторых групп дают натяги  $+0,008$  и  $-0,017$ , колебания в пределах 0,025 мм.

Как видно, допуск натяга уменьшился вдвое (0,025 вместо 0,050).

Можно идти дальше, распределив валики и втулки вместо двух на три, четыре группы и т. д. Определенность посадки увеличится еще больше.

Применение рассматриваемого метода ограничивается главным образом следующими обстоятельствами:

- а) требованиями потребителя иметь безусловно взаимозаменяемую продукцию;
- б) усложнением организации контроля и учета;
- в) издержками на производство добавочной операции — сортировки;
- г) необходимостью иметь больший запас полуфабрикатов, чем при взаимозаменяемом производстве, что ведет к увеличению площади складов и незавершенного производства.

Таким образом *выгодность применения принципа выборочной сборки имеет свои границы* и расширять допуски больше, чем это необходимо, не следует и в этом случае. Нужно однако признать, что правильное применение этого метода является во многих случаях могущественным средством для удешевления продукции без понижения ее качества.

В Америке выборочная сборка имеет широкое применение. Приводим пример организации производства поршней автомобилей на заводе Reo Motor Car Company <sup>2)</sup>. Поршни подбираются согласно размеру цилиндров. Готовый блок обмеряется внутренним микрометром Бата <sup>3)</sup>. В зависимости от пределов размеров, в которых лежит диаметр, каждый цилиндр получает одно из семи литерных обозначений: А, В, С, . . . , Г.

Для удобства сортировки буквы прямо нанесены на шкале упомянутого микрометра. Поршни также сортируются по размерам и обозначаются теми же литерами. При обмере блока на черной доске мелом выписываются обозначения размеров цилиндров. Глядя на эту доску, сборщик заблаговременно подбирает поршни с теми же буквами, так что к моменту прихода блока в сборку поршни для него уже заготовлены. Между размерами,

<sup>1)</sup> Напряженная посадка.

<sup>2)</sup> См. „American Machinist“ том 70, стр. 545.

<sup>3)</sup> См. гл. III, § 2.

обозначаемыми двумя соседними литерами, выдержан интервал 0,1 мм, между поршнем и цилиндром зазор колеблется в пределах от 0,165 мм до 0,185 мм (0,0065"—0,0073").

Нормальный размер цилиндра . . . . . 3,3758"—3,3754"  
 " " поршня . . . . . 3,3689"—3,3685"

При всем сходстве, которое существует между системами взаимозаменяемого производства и выборочной сборки, между ними есть принципиальное различие — и последняя система, вообще говоря, исключает взаимозаменяемость. Только в том случае, когда выборочная сборка применяется лишь для получения лучших условий пригонки и допуски таковы, что

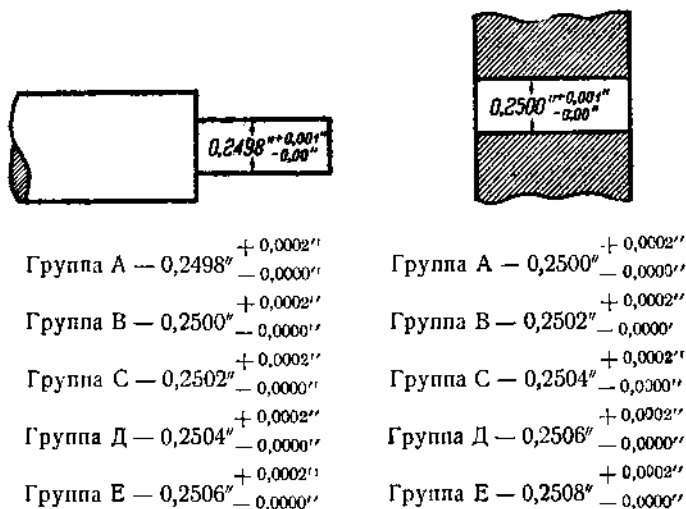


Рис. 151. Обозначение размеров на чертеже при выборочной сборке.

любая деталь может работать с любой парной ей деталью, хотя бы это и ухудшало несколько посадку, можно считать иногда, что взаимозаменяемость приблизительно достигается и при выборочной сборке.

Пример обозначения допусков на чертеже при выборочной сборке приведен на рис. 151. Здесь, как видно, валики и втулки разделены на пять групп, обозначенных А, В, С, Д, Е.

Собираются вместе детали, обозначенные одинаковыми буквами. Обработка ведется с допусками 0,001", а сборка получается с точностью, соответствующей допуску 0,0002". Очевидно здесь достигается весьма определенная посадка.

Для сортировки приходится пользоваться целым набором калибров. Иногда несколько калибров заменяются одним ступенчатым. Имеются примеры применения слегка конусных калибров; в таком случае о размере судят по глубине погружения калибра. Очень часто отказываются от жестких калибров и сортировку производят по микрометру, на шкале которого можно прямо нанести обозначения, показывающие границы допусков каждой ступени. Очень удобными для данной цели приборами являются пассиметры и пассаметры Цейса и тому подобные индикаторные инструменты.

## 5. Применение принципа взаимозаменяемости в промышленности.

Главнейшими точными отраслями машиностроения, где идея взаимозаменяемости нашла полное признание, являются: автомобилестроение, электромашиностроение, станкостроение и производство шарикоподшипников.

Для нас наиболее интересной является область моторостроения и ниже мы приводим краткое содержание доклада инж. Граменц<sup>1)</sup>, представленного „Обществу германских инженеров-производственников“ (ADB)<sup>2)</sup>, рисующего положение вопроса в автомобильной промышленности Германии<sup>3)</sup>.

В Германии большинство заводов изготовляют автомобили сериями и таким образом производство не является чисто массовым.

По времени введения в производство предельных калибров автомобилестроение является одной из старейших отраслей промышленности. Здесь применение этих калибров имеет уже 20 — 25-летнюю давность. Взаимозаменяемость важна не только для потребителя, но и для завода, изготовляющего автомобили, и самые условия постановки крупносерийного производства очень рано толкнули заводы на введение системы предельных калибров. До появления системы DIN в Германии пользовались разными другими системами допусков и чаще всего системой Шлезингер-Леве. Все эти системы имели лишь одну степень точности, соответствующую 2-му классу DIN (или OCT). Поэтому работа по предельным калибрам означала работу по узким допускам 2-го класса. Указанное обстоятельство очень тормозило введение полной взаимозаменяемости для таких частей, как детали крепления пружин, рулевой тяги и т. п. Столь высокая точность была явно излишня и заводы в этих случаях отказывались от работы по предельным калибрам и переходили на систему индивидуальной пригонки. Очевидно это либо удорожало производство (при тщательной работе), либо вредно отражалось на качестве продукции, если пропускались изделия, неправильно пригнанные (например в тех случаях, когда еще до пригонки валы сидели во втулках недопустимо слабо). Во многих менее явных случаях формально предписывалась работа по предельным калибрам, а в действительности делались различные отступления от этих калибров, имеющие целью облегчение обработки.

После введения системы DIN явилась возможность работать по разным классам точности, применяя для каждой детали тот, который является наиболее подходящим. Граменц определил, что в 4-цилиндровом моторе 45 л. с. для грузовика имеется всего 104 различных места пригонки (220 — если считать посадки, повторяющиеся в нескольких одинаковых местах). Из них 6 (5,8%) должны быть выполнены по 1-му, 76 (73%) по 2-му и 22 (21,2%) по 3-му классу точности. Для автомобиля в целом имеется 408 различных мест пригонки<sup>4)</sup> (всего 612), распределяющихся так:

|                     |                     |       |                     |                     |       |
|---------------------|---------------------|-------|---------------------|---------------------|-------|
| 1-й класс . . . . . | 40 мест . . . . .   | 9,8%  | 3-й класс . . . . . | 181 место . . . . . | 44,4% |
| 2-й . . . . .       | 182 места . . . . . | 44,6% | 4-й „ . . . . .     | 5 мест . . . . .    | 1,2%  |

1) Граменц — один из главных деятелей по введению системы DIN.

2) Цикл докладов этого общества о взаимозаменяемости в разных областях германской промышленности см. в издании Оргаметалла „Взаимозаменяемость и практика ее применения“ Москва, 1926 г.

3) Дальнейшие материалы из той же области см. О. Kienzle „Passungen“, изд. V. D. I., 1922 г.

4) На заводе Красный Путиловец на тракторе Фордзон исполнялось 147 посадок по предельным калибрам. См. статью А. Лесохина „Вестник Стандартизации“ № 3, 1929 г.

Отсюда видно, какое упрощение вводит применение 3-го класса точности. Грубые посадки (4-й класс) применяются очень ограниченно. Однако Граменц предполагает, что область применения последних посадок может быть значительно расширена. По отдельным деталям мотора классы посадок распределяются согласно таблице 10.

Таблица 10.

Подразделение классов точности посадок в моторе 45 л. с. для грузового автомобиля.

| Порядковый № | Части                                          | Число мест посадок класса точности |                  |                            |                |           |
|--------------|------------------------------------------------|------------------------------------|------------------|----------------------------|----------------|-----------|
|              |                                                | Повышенной точности 1-й класс      | Точные 2-й класс | Средней точности 3-й класс | Грубые посадки | Всего     |
| 1            | Картер . . . . .                               | —                                  | 13 (15)          | 6 (12)                     | —              | 19 (27)   |
| 2            | Коленчатый вал с маховиком . . . . .           | 2 (2)                              | 3 (3)            | 1 (1)                      | —              | 6 (6)     |
| 3            | Поршень и шатун . . . . .                      | 2 (8)                              | 1 (8)            | —                          | —              | 3 (16)    |
| 4            | Зубчатые колеса кулачкового вала . . . . .     | —                                  | 11 (38)          | 5 (26)                     | —              | 16 (64)   |
| 5            | Регулятор . . . . .                            | —                                  | 3 (3)            | 4 (4)                      | —              | 7 (7)     |
| 6            | Клапанная коробка и клапанные рычаги . . . . . | —                                  | 4 (24)           | 1 (16)                     | —              | 5 (40)    |
| 7            | Зажигание . . . . .                            | —                                  | 4 (4)            | —                          | —              | 4 (4)     |
| 8            | Выхлопная труба . . . . .                      | —                                  | —                | 1 (1)                      | —              | 1 (1)     |
| 9            | Карбюратор с регулировкой воздуха . . . . .    | —                                  | 11 (11)          | —                          | —              | 11 (11)   |
| 10           | Предохранительный клапан . . . . .             | —                                  | 2 (2)            | —                          | —              | 2 (2)     |
| 11           | Насос охлаждающей воды . . . . .               | —                                  | 9 (11)           | —                          | —              | 9 (11)    |
| 12           | Насос для топлива . . . . .                    | —                                  | 13 (13)          | —                          | —              | 13 (13)   |
| 13           | Пусковое приспособление . . . . .              | —                                  | —                | 3 (3)                      | —              | 3 (3)     |
| 14           | Вентилятор . . . . .                           | 2 (12)                             | 2 (2)            | 1 (1)                      | —              | 5 (15)    |
|              | Всего на мотор . . . . .                       | 6 (22)                             | 76 (134)         | 22 (64)                    | —              | 104 (220) |
|              | " " " в проц. . . . .                          | 5,8 (55,8)                         | 73 (63,8)        | 21,2 (30,4)                | —              | 100 (100) |

К этой таблице Граменц дает следующие пояснения.

„Данные относятся только к цилиндрическим местам посадки и исключают все разрезанные подшипники, все конические соединения и все клинья, пружины и шпонки. Посадки длин совершенно не приняты в расчет, так как в первую очередь внимание должно быть сосредоточено на цилиндрических местах посадок, вопрос же о посадках длин занимает лишь второе место и к тому же еще не так выяснен, как вопрос о цилиндрических посадках.

„В приведенной таблице числа, не поставленные в скобки, дают число различных мест посадок для рассматриваемого характера посадки, т. е. каждое место посадки, встречающееся несколько раз, принимается в расчет лишь один раз, например, восемь рычагов к клапанам мотора засчиты-

ваются один раз. Стоящие за ними в скобках числа дают число мест посадки из расчета каждого встречающегося места цилиндрической посадки.

„Под № 1 значится картер, 6 мест средней посадки предусмотрены в нем для направляющих к штангам клапанов и различных крышек подшипников для приводов распределительного вала и насоса. По точной посадке делаются подшипники для приводов насоса и магнето, а также подшипниковые болты, сделанные в виде установочных болтов.

„Под № 4 значится детали распределения и его привод. По средней посадке можно делать верхнюю и нижнюю часть штанг клапанов, а также некоторые места посадки деталей для передвижения распределительного вала при пуске. Кулачные ролики и детали, приводящие в движение клапан, должны изготавливаться по точной посадке.

„Под № 6 содержатся места посадки клапанов в цилиндре, детали к клапанам, рычаги к ним и их подшипники. Для седел клапанов в цилиндре и для подшипников клапанных рычагов нужно стремиться к точной посадке, в то время как, например, для пружинных тарелок и установочных колец, которыми клапанные рычаги держатся на стойках, достаточна средняя посадка.

„Приведенный под № 9 карбюратор с цилиндрическим золотником представляет оригинальную конструкцию самой автомобильной фирмы и требует преимущественно точной посадки. Для обычных же продажных карбюраторов вполне достаточна средняя посадка, а частью и грубая“.

В конце доклада Граменц подробно останавливается на порядке перехода от старых систем к системе DIN и в заключение рекомендует заводам, пользующимся предельными калибрами и стремящимся достигнуть полной взаимозаменяемости, собирать статистический материал по вопросу применения посадок в их производстве и производить специальные исследования для выяснения наиболее выгодных в каждом данном производстве комбинаций.

Заканчивая этим изложение доклада инж. Граменца заметим, что обычно применяемой системой в автомобилестроении является система отверстия, но с целым рядом отступлений.

По данным практики завода АМО<sup>1)</sup> необходимо почти 20% всех посадок выполнить по системе вала, главным образом в таких комплектах, где применяется тянутый материал. Наиболее часто применяемой посадкой надо считать 2-й класс точности, но если бы имелся класс промежуточный между 2-м и 3-м, то повидимому он мог бы заменить 2-й во многих случаях.

Сравнение допусков, выработанных практически заводом Красный Путиловец для тракторов Фордзон, показывает, что они вообще говоря значительно шире чем 2-й класс ОСТ или DIN. (См. статью А. Лесохиной „О предельных калибрах в ленинградской промышленности“). Ряд таблиц допусков для автомобилей и тракторов приведен в книге Б. Г. Самородова „Современная механическая технология в автомобильном и тракторном производстве“<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> См. статью Г. М. К вопросу о системе допусков в автостроении. „Вестник Стандартизации“ № 4 (16), июль — август 1929 г.

<sup>2)</sup> „Вестник Стандартизации“ № 3 (15), 1929 г.

<sup>3)</sup> Госиздат, Москва, 1930 г.

## 6. Таблицы типичных примеров посадок в различных отраслях промышленности.

Решение вопроса о том, какая посадка является в каждом отдельном случае наиболее подходящей, производится вообще говоря опытным путем. Поэтому очень важно использовать опыт других заводов, уже работающих по предельным калибрам.

В тех случаях, когда опытного материала не имеется, приходится для предварительного установления допусков пользоваться примерами посадок в деталях, находящихся в аналогичных условиях работы. Нужно очень остерегаться назначать посадки, руководствуясь лишь их наименованиями.

Посадка, выполненная как скользящая, окажется по характеру плотной или даже напряженной, если длина втулки во много раз превышает диаметр вала. Обратно, тонкая шайба будет при той же посадке сидеть на валу свободно.

Мы полагаем, что примеры, приведенные в разных местах этой книги, больше помогут при установлении правильных допусков, чем какие-либо общие рассуждения на эту тему. Ограничимся лишь приведением таблиц из 4-й книги DIN<sup>1)</sup>. В этих таблицах почти всегда можно найти посадку, аналогичную данному случаю практики. Таблицы даны по системе DIN, и мы их приводим в оригинальном виде. При переходе на ОСТ можно заменять приблизительно:

| Посадку DIN | P | посадкой | ОСТ | Пр | Посадку DIN | EL | посадкой | ОСТ | Д |
|-------------|---|----------|-----|----|-------------|----|----------|-----|---|
| "           | F | "        | "   | Г  | "           | L  | "        | "   | Х |
| "           | T | "        | "   | Т  | "           | LL | "        | "   | Л |
| "           | H | "        | "   | Н  | "           | WL | "        | "   | Ш |
| "           | S | "        | "   | П  |             |    |          |     |   |

О степени соответствия посадок DIN и ОСТ см. гл. V § 10.  
Самые таблицы даны в конце книги.

## 7. Организация взаимозаменяемого производства

**А. Выработка конструкции.** Организация взаимозаменяемого производства охватывает все его стадии, начиная с проекта конструкции изделия и кончая испытанием готового механизма. Нужно заметить, что затраты, связанные с проведением идеи взаимозаменяемости, обычно окупаются лишь при массовом и серийном производствах, при изготовлении же изделий в индивидуальном порядке оказывается возможным сделать взаимозаменяемыми лишь некоторые детали, удобная замена которых является насущной необходимостью. Обыкновенно при составлении первоначального проекта совершенно нового механизма мало думают о технологической стороне дела. Целью конструктора является создание типа, осуществляющего известную новую идею или радикально улучшающего существующие модели. При постепенном усовершенствовании имеющихся типов эта первая часть работы отпадает — прямо переходят к детальной проработке проекта.

Часто, раньше чем приступить к разработке детальных рабочих чертежей, изготовляют опытный механизм, который затем всесторонне испытывается. Установив правильность основных принципов, заложенных в конструкции механизма, переходят к разработке деталей.

<sup>1)</sup> См. 4-я книга DIN, К. Граменц „Пригонки и допуски“ Оргаметалл, Москва.

При этом необходимо будет считаться с оборудованием, имеющимся на заводе, и ясно отдавать себе отчет в тех методах, которые будут приняты при изготовлении данной детали.

Технологические требования накладывают столь сильный отпечаток на конструкцию, что вся машина получает совершенно различный вид в зависимости от того, как предполагается изготавливать ее части. В качестве примера укажем лишь на замену отливок сварными конструкциями.

После изготовления рабочих чертежей с проставленными допусками их выпускают в производство.

Очень хорошей практикой является изготовление нескольких пробных механизмов<sup>1)</sup> одиночным порядком раньше, чем приступлено к массовой или серийной фабрикации. При этой работе обнаруживаются многие ошибки, которые в противном случае были бы повторены в большом масштабе. Весьма существенно именно в этой стадии тщательно регистрировать все вносимые изменения. Иногда таким образом приходится изготавливать целый ряд механизмов раньше, чем получится безукоризненная конструкция. Только после этого можно выпустить новый тип в производство.

При небольших масштабах производства или дорогих крупных изделий эти пробные машины идут в дело — и путем переделок добиваются того, чтобы они могли удовлетворительно работать.

Выше мы говорили о том, что вопрос правильного выбора допусков решается не каким-либо экспериментом на заводе, а лишь долговременным опытом производства и эксплуатации данного рода изделий.

Часто при проектировании и испытании какой-либо машины конструктор не учитывает всех особенностей будущих условий ее работы. Точно также многие требования производства выясняются лишь постепенно. Все это заставляет вносить изменения в конструкцию и после того, как было приступлено к массовому или серийному производству. Естественно, что этих изменений особенно много вначале, впоследствии же, по мере того как новый тип вполне привыкнется в производстве и будет всесторонне испытан в условиях действительной работы, их количество будет уменьшаться.

Поэтому следует по возможности после испытания пробных машин изготовить сравнительно большую пробную партию, которую испытать в длительной эксплуатации и в производстве.

Только после выяснения всех результатов этих испытаний можно говорить, что новый тип окончательно установился.

Сказанное делает ясным, каким серьезным и ответственным делом является разработка новой конструкции для массового производства, и объясняет, почему заводы, ставящие у себя таковое вновь, обычно предпочитают приобрести право на изготовление какой-либо испытанной конструкции, вместо того чтобы разрабатывать ее самим.

Здесь еще раз указываем на крайнюю важность накопления технического опыта во все время испытания пробных механизмов и целых партий. Успех всего дела в значительной мере зависит от совершенства конструкции и обычно все усилия производства оказываются тщетными, если в ней имеются крупные дефекты с точки зрения чисто технической или технологической.

**Б. Взаимозаменяемость в производстве.** Вопросы взаимозаменяемости

<sup>1)</sup> Эти пробные исполнения не следует смешивать с опытным механизмом, целью которого являлась лишь проверка основных принципов конструкции.

рассматривались выше и будут ставиться еще много раз в последующих главах этой книги. Здесь обратим внимание прежде всего на важность выбора правильного плана операций, который позволил бы получить не только выигрыш времени, но и большую точность работы и постоянство размеров.

При массовом производстве обычно пользуются рабочей силой низкой квалификации, поэтому весьма существенным является установление такого порядка обработки, чтобы отдельные операции были возможно более простыми.

Приспособления являются существеннейшей частью оборудования для взаимозаменяемого производства и от их продуманности в значительной степени зависит успех дела. Вопросу о проектировании приспособлений посвящено много солидных трудов<sup>1)</sup> и на нем мы не будем останавливаться.

Здесь укажем лишь на важность выбора правильных исходных поверхностей (баз) при обработке. Удобно, чтобы эти поверхности являлись одновременно и опорными при установке в приспособлении. Кроме того размеры на рабочих чертежах проставляются от них же. Ими же пользуются при проверке размеров изделий. При конструировании приспособлений надо учитывать требуемую точность изготовления и на чертежах для них необходимо указывать допуски так же, как это делается по отношению к измерительному и режущему инструменту.

**В. Контроль взаимозаменяемости.** Хорошая постановка технического контроля является необходимым условием самого существования взаимозаменяемого производства.

Контроль нужно разделить прежде всего: а) на контроль *пооперационный*, б) контроль *готовой продукции*.

Цель первого заключается в улавливании дефектных изделий в возможно ранней стадии производства, для того чтобы избежать ненужных издержек на дальнейшую обработку негодной продукции. Кроме того при этом контроле окончательно проверяются те детали, качество которых не может быть испытано в собранной машине. Таким образом пооперационный контроль включает в себя две различные функции: одну чисто производственную, а вторую, направленную к защите интересов потребителя. В некоторых случаях эти функции разделяются и последняя обслуживается специальными лицами, независимыми от производства и даже иногда независимыми от завода<sup>2)</sup>.

Контроль готовой продукции преследует лишь цель обеспечения качества продукции и установления пригодности изделия для дальнейшей службы. Иногда на окончательный контроль возлагаются также некоторые обязанности по контролю работы самого контрольного аппарата в цехах и тогда он вынужден входить в некоторые вопросы производственного характера.

Из предыдущего ясно, что взаимозаменяемость обеспечивается лишь при правильной постановке пооперационного контроля.

Такой контроль производится на основании чертежей и различных технических условий. Эти документы являются законом для контролера. Но применение законов требует всегда известной гибкости и искусства. Поэтому требования к персоналу контрольных органов должны быть довольно

<sup>1)</sup> См. например Dowd and Curteis „Tool Engineering“. Имеется русский перевод.

<sup>2)</sup> Например инспектора регистра СССР и английского Ллойда и т. п., контролирующие производство судовых машин.

высокими. Контролер должен быть знаком как с условиями работы детали, так и с требованиями производства.

Слишком строгое следование букве инструкций часто вместо пользы приносит большой вред, так как ведет к забракованию вполне годных изделий и вызывает задержки в производстве. Само собой разумеется, что сами инструкции не должны быть неразумно строгими. Часто требования презервной точности изобличают малую опытность составителя этих инструкций, который, не зная границ действительно допустимого, назначает допуски столь тесные, что производство либо несет ненужные затраты, либо обходит требования инструкций и в своей работе руководствуется своими собственными неписанными правилами.

**Г. Взаимозаменяемость в индивидуальном и малосерийном производствах.** До сих пор мы говорили главным образом о массовом и крупносерийном производствах. При малых сериях или одиночном исполнении условия получаются существенно иные.

Стоимость приспособлений и специального инструмента с одной стороны и затраты на поддержание довольно сложной организации с другой — часто не окупаются. В то время как при массовом производстве рабочий является главным образом исполнителем определенных инструкций, составленных на более или менее продолжительный срок вперед, при индивидуальном — ему приходится проявлять значительно большую инициативу. Роль контроля также меняется. Приходится судить о пригодности изделия, которое обычно подлежит добавочной слесарной обработке при сборке, следовательно необходимо учитывать это обстоятельство при контроле размеров.

Крупные детали часто контролером принимаются на станке.

Квалификация всего персонала при индивидуальном производстве требуется высокая, а производительность получается более низкая чем при массовом производстве. В результате продукция получается значительно более дорогой.

## 8. Стандартизация.

Все сказанное заставляет стремиться использовать методы крупносерийного производства в мелкосерийном и даже в индивидуальном. Могущим средством для этого является стандартизация<sup>1)</sup>.

Под стандартизацией подразумевается установление в ряде конструкций, преследующих одинаковые цели, одной для обязательного или предпочтительного применения.

Часто даже на одном и том же заводе имеются одновременно несколько конструкций, столь мало между собой отличающихся, что их применение не может быть ничем объяснено, кроме несогласованности между различными конструкторами, работавшими часто в разных местах и в разное время.

Стандартизация даже в начальных стадиях своего развития вносит большое облегчение в работу завода. Обычно первыми объектами выбираются болты, гайки, шайбы и прочий крепежный материал. Далее следует простейший инструмент, главные материалы, арматура, трубы и т. д.

<sup>1)</sup> Слово „стандартизация“ английское (Standardization). В настоящее время этот термин входит в ГОСТ. Еще недавно чаще применялся термин „нормализация“ (от немецкого Normalisieren), который надо считать равносильным термину „стандартизация“.

Дальнейший шаг — стандартизация целых комплектных механизмов, входящих в состав различных машин. Могут быть стандартизированы подшипники, коробки скоростей и подачи, масляные насосы и т. д.

Наконец можно перейти к стандартизации целых механизмов станков, дизелей, автомобилей и т. д.

Попутно со стандартизацией изделий металлической промышленности, стандартизируется и продукция других отраслей индустрии, а также прочих отраслей народного хозяйства. Имеются стандарты на форматы чертежей, на канцелярские принадлежности, строительные конструкции, материалы разного рода и даже пищевые продукты. Стандартами определены не только размеры, но и другие свойства изделий и материалов.

Посадки и допуски составляют особый класс стандартов.

Еще недавно стандартизация велась в рамках отдельных предприятий. Каждый из заводов имел свои стандарты (нормали), которые были обязательны для пользования в пределах этого предприятия. Объединения, в которые входило несколько заводов, иногда имели стандарты, общие для всего объединения. Стандарты разных объединений были, вообще говоря, различны и не сходились между собой. Часто стандарты крупных предприятий, владевших рынком почти монополично, являлись как бы общепризнанными стандартами. Например шарикоподшипники SKF настолько распространены, что являются как бы стандартными.

Некоторые стандарты были установлены государственными и другими организациями, и хотя не являлись, строго говоря, обязательными, но их придерживались, так как их соблюдение обычно обуславливалось при различных заказах и поставках. Сюда относятся стандарты на резьбу, на прокатный материал<sup>1)</sup>, на трубы, на детали железнодорожных путей и подвижного состава и т. д. Военное и морское ведомства имели свои стандарты и обязательные технические условия.

Необходимость планомерной и систематической общегосударственной стандартизации чувствовалась уже давно, но к широкому ее проведению было приступлено лишь после окончания европейской войны. Первым государством, решительно вступившим на этот путь, была Германия, где в 1917 году была создана „Комиссия по нормализации германской промышленности“, которая произвела громадную работу, продолжающуюся по сие время. „Нормали DIN,“ пользуются распространением далеко за пределами Германии и в частности и у нас в СССР. В Америке, Англии и других промышленных странах существуют аналогичные организации, ведущие такую же работу в пределах этих государств.

В СССР действует „Комитет по стандартизации при Госплане СССР“, объединяющий работу по стандартизации у нас и издающий стандарты, обязательные для всего СССР (ОСТ).

Весьма важным в деле стандартизации является установление ряда стандартных диаметров. Очевидно конструктор почти всегда может варьировать размер любого вала или другой точной круглой детали в пределах нескольких миллиметров. Между тем для каждого диаметра необходимо держать на складе набор разверток, калибров и т. д. Поэтому весьма существенно ограничить число применяемых диаметров и заставить конструктора не пользоваться без крайней необходимости нестандартными размерами.

В странах с дюймовой системой мер такая стандартизация производится

<sup>1)</sup> „Русский нормальный метрический сортамент“.

как сказать естественным путем. Наиболее предпочтительными являются диаметры, выраженные в целых дюймах, далее следует промежуточный ряд через каждые  $\frac{1}{2}''$ , затем через  $\frac{1}{4}''$ ,  $\frac{1}{8}''$ ,  $\frac{1}{16}''$  и т. д. В случае необходимости вставить в готовую таблицу промежуточные размеры при их выборе не могло быть никаких колебаний — брались следующие деления дюйма (например тридцать вторые после шестнадцатых). Поэтому в англосаксонских странах стандартизация диаметров в сущности говоря является узаконением существующей практики.

В странах с метрической системой дело обстоит несколько сложнее. Естественными размерами здесь являются очевидно оканчивающиеся на 5 или на 0, но такая градация через 5 слишком груба. Градация же через 1 мм наоборот — чрезмерно мелка. Поэтому при выборе диаметров приходится основываться просто на известном соглашении.

В конце книги мы приводим таблицу диаметров ОСТ.

Широкое внедрение стандартов имеет громадное значение для всей промышленности, в особенности же для производства индивидуального или мало-серийного, позволяя изготовлять многие детали большими партиями наклад и часто даже ограничиваться приобретением их со стороны.

По мере развития стандартизации количество таких деталей все время увеличивается, позволяя использовать выгоды крупносерийного производства там, где основное изделие изготовляется лишь в одном или в нескольких экземплярах.

Общегосударственная стандартизация не исключает развития местной заводской стандартизации, которая однако обычно охватывает лишь детали специального характера.

Примером такой стандартизации может служить выработка типа стандартного токарного станка четырьмя объединившимися известными германскими станкостроительными фирмами (Братья Берингер, Франц Браун, Гейнрейх и Гарбек, Г. Воленбергер).

Станок носит марку VDF и изготовляется всеми этими заводами по одним чертежам, что естественно позволяет использовать выгоды кооперированной работы.

Заканчивая главу о стандартизации, укажем на большое значение, которое имело бы создание международных стандартов. Однако, несмотря на большую работу, ведущуюся в этом направлении, результаты пока достигнуты лишь весьма скромные. Трудно устранить препятствием является существование двух систем мер: английской (дюймовой) и метрической.

## 9. Абсолютная мера.

**А. Значение соблюдения абсолютной меры.** До сих пор мы говорили о взаимозаменяемости в пределах одного завода на промежутке определенного отрезка времени (например года, двух и т. п.). При таких условиях, проверяя калибры по заводским эталонам, мы можем быть уверены в правильности наших измерений.

Самые эталоны очевидно не могут претерпевать заметных изменений в столь короткий срок.

Если мы ставим себе задачей выпускать с завода взаимозаменяемые изделия в течение многих лет, то мы должны обеспечить постоянство меры на заводе, а следовательно неизменяемость эталонов с течением времени. При наличии на заводе лишь одного эталона мы не имеем никакой возможности

проверить его внутризаводскими средствами. Если же завод располагает несколькими эталонами, то, в случае обнаружения между ними некоторой разницы, всегда возникает вопрос: который из эталонов нужно считать правильным.

Переходя к взаимозаменяемости между изделиями, изготовленными на разных заводах, мы приходим прежде всего к вопросу об единстве меры на этих заводах. Эталоны, которыми на них пользуются, должны быть одинаковы.

На самом деле еще в самом недавнем прошлом такого единства не существовало. Каждый завод пользовался своими эталонами, отличными от эталонов других заводов. При проверке их в специальных государственных учреждениях, следящих за правильностью меры, не получалось надежных результатов, так как сами эти учреждения не владели в достаточной мере техникой измерений. Между тем потребность в установлении абсолютной меры, общей для всей промышленности, становилась все очевиднее и очевиднее.

Впервые повидимому этот вопрос был серьезно поставлен на заводе Пратт и Витней, которому вообще принадлежит одно из первых мест в деле развития современного машиностроения. Во второй половине прошлого столетия этот завод произвел серьезные изыскания с целью установления абсолютной меры, для чего собрал образцы различного измерительного инструмента со всего земного шара. Сравнение показало, что мера исходу была различная.

Такую же работу проделал проф. Шлезингер на заводе Л. Лёве в 1903 г. Этим заводом были заказаны у Пратт и Витней 7 калибров от 1" до 12" длиной. Фирма гарантировала точность их до 0,0005 мм. Для контроля они были посланы в государственные палаты мер Германии и Англии, а также обмерены на заводе двумя измерительными машинами Пратт и Витней (одна доставлена в 1898, а другая в 1903 г.). Оказалось, что разница обмеров доходила до 0,025 мм и для разных калибров была направлена в различные стороны. Отсюда видно, что погрешность абсолютной меры далеко превосходила допустимую при изготовлении взаимозаменяемых деталей<sup>1)</sup>.

В течение следующих 10 — 15 лет до начала европейской войны положение в общем повидимому мало изменилось по сравнению с тем, которое было обнаружено проф. Шлезингером. Заводы не заботились об единстве меры, а стремились лишь поддерживать у себя некоторое постоянство эталонов. В относительно немногочисленных случаях необходимости кооперированной работы сравнение мер достигалось путем обмена калибрами. Часто изделия изготовлялись по калибрам заказчика.

С началом войны положение сразу обострилось. Громадные заказы на предметы военного снаряжения давались различным заводам в различных странах в условиях большой срочности. Не было возможности сговориться о применяемых мерах и снабдить поставщиков достаточным количеством калибров. Результаты не замедлили сказаться. Части, изготовленные на одном заводе, не подходили к частям другого и в общем образовалось очень затруднительное положение. Заводы прежде всего обратились за помощью к своим государственным учреждениям, но и те оказались бессильными. Выйти

<sup>1)</sup> Сравнивая с таблицами DIN и OCT, мы увидим, что такая погрешность во многих случаях превосходит весь допуск на изготовление.

из такого положения помогли описанные выше плитки Иогансона<sup>1)</sup>. Так как их производство было сосредоточено для всего мира на одном шведском заводе, то естественно, что этот завод изготовлял их по одним этапонам. Точность плиток Иогансона и их неизменяемость с течением времени позволили принять их за всемирный эталон и таким образом, строго говоря, в это время общепризнанной мерой во всех странах в большинстве случаев являлись не государственные эталоны, а эталоны завода Иогансона.

Ненормальность такого положения всеми сознавалась и во многих странах во время войны производились крупные исследовательские работы (при поддержке правительств) для того, чтобы поставить производство точных калибров хотя бы приблизительно столь же совершенно, как это было сделано на заводе Иогансона<sup>2)</sup>. В скором времени результаты этих работ сказались — и были изготовлены достаточно точные калибры в форме как плиток (подобно Иогансону), так и цилиндров. Крупную работу проделал и здесь завод Прайт и Витней, который вел ее совместно с американской государственной палатой мер (U. S. Bureau of Standards).

Задача установления абсолютной меры в государственном и международном масштабе сводилась к следующему:

- а) к выбору одного общего эталона,
  - б) к нахождению достаточно точного способа обмера этого эталона и переносу результатов измерений на заводские эталоны.
- Способы переноса меры с заводских эталонов на рабочие калибры в 1915—1917 г. были в общем уже достаточно разработаны.

**Б. Международные эталоны длины.** Во всех государствах мера длины установлена специальными законами. Однако все эти законы были написаны в те времена, когда вопрос о сотых миллиметра никого не интересовал, и поэтому не содержат в себе никаких указаний относительно методов получения точной меры.

На земном шаре существует два основных эталона. Один из них *парижский метр*, другой — *английский ярд*.

Первый служит основой измерения во всех странах, принявших метрическую систему, а также в САСШ<sup>3)</sup>. Второй является государственной единицей в Англии.

Нужно сказать, что английский ярд, как эталон, выполнен крайне неудобно и, строго говоря, не позволяет определить его точную меру. Английская палата мер (National Physical Laboratory) пользуется своим собственным эталоном, сделанным по стандартному ярду. Все заводские калибры лаборатория проверяет по этому эталону. В 1920 г., при сличении своего эталона с государственным при помощи новых точных методов, лаборатория обнаружила расхождение и, так как в основу измерения по закону положен государственный эталон, ей пришлось переделать свой эталон. В результате внезапно все калибры в Англии, ранее проверенные государственной палатой, оказались, строго говоря, неточными.

<sup>1)</sup> См. гл. III § 14.

<sup>2)</sup> Иогансон, как известно, держал свои методы в строгой тайне. Завод, сознавая ту роль, которую он сыграл в деле установления международной меры, посейчас имеет своим девизом: „Johansson Gauges are World's Standard“ („Калибры Иогансона — мировой стандарт“). Этот девиз он выставляет на своих каталогах, рекламмах и т. д.

<sup>3)</sup> Основной единицей измерения в САСШ является дюйм, но за эталон принят метр. Дюйм определен соотношением: 39, 37" равны 1 метру.

Ошибка была обнаружена в 12 миллионных долей дюйма на длине 1" (0,3 $\mu$  на длине 25 мм). Такая поправка конечно не отразилась существенно на рабочих калибрах, но как легко видеть, вполне ощутима в размерах калибров контрольных и тем более заводских эталонов. Этот случай показывает, как неблагоприятно еще несколько лет тому назад обстояло дело с государственными эталонами даже в передовых странах.

В САСШ законоположения, устанавливающие меры длины, крайне запутаны и по сей час идет спор о том, равен ли английский дюйм американскому или нет.

Во всех метрических странах имеются государственные эталоны длины, сделанные со всей возможной точностью по образцу парижского метра. Наблюдения однако показывают, что эти эталоны не остаются неизменными и уже зарегистрированы ошибки в них, достигающие до 5  $\mu$ .

Все это ставит вопрос: как же гарантировать себя от этих ошибок, иными словами, *как сверять основные эталоны с парижским метром?*

**В. Измерение эталонов длины.** Применявшиеся ранее обычные способы измерений не дают удовлетворительной точности. В настоящее время при сравнении эталонов пользуются исключительно оптическими методами.

Еще в 1889 г. Michelson и Morley предложили способ измерений в длинах волн света. В 1892—93 г. ими было проделано определение длины волн света, испускаемого накаливаемыми парами кадмия. Измерения были повторены Benoit, Fabry и Perat в 1906 г., причем метод был принят несколько иной. Результаты измерений Benoit и Michelson'a хорошо совпали и вместе с тем показали, что длина эталона метра не изменяется с течением времени.

От измерения длин волн света один шаг до обратного—измерения длины эталона длинами этих волн.

Однако исследования Michelson'a и Benoit были долгое время неизвестны в технических кругах и только в последнее время метод интерференции стал широко применяться для измерения длин<sup>1)</sup>.

В настоящее время это единственный метод для измерения эталонов. Помимо точности, он удобен еще тем, что делает лаборатории независимыми от парижского метра. Зная, что длина парижского метра по Michelson'у равна  $1553\,163,5\lambda$ , где  $\lambda$  длина волны красной линии спектра кадмия в сухом воздухе при 0° и 760 мм атм. давления ( $\lambda=0,64\,384\,722\mu$ )<sup>2)</sup>, можно в лаборатории воспроизвести ту же длину.

Такое определение длины эталона делает его совершенно независимым от порчи, износа и т. п.

*Зная в настоящее время длину парижского метра с большою точностью (до 0,03  $\mu$ ), можно практически принять за эталон в лабораторной практике длину световой волны, освобождаясь совершенно от всяких материальных эталонов.*

Потеря или порча парижского метра теперь не могла бы сопровождаться потерей всеобщей основной меры.

**Г. Метрическая и английская системы мер.** Наш обзор положения с установлением абсолютной единицы измерения был бы неполон, если бы мы не коснулись общего вопроса о мерах длины.

В настоящее время в машиностроении пользуются исключительно лишь

1) См. гл. III § 13 и статью F. Smith в Machinery (Лондон), 8 апр. 1926 г.

2) По Benoit  $\lambda=0,64\,384\,696\mu$ .

двумя системами мер: метрической и английской<sup>1)</sup> (дюймовой). Английская система более старая, повидимому римского происхождения (на это между прочим указывает близость английских мер со старо-испанскими, которыми пользуются и сейчас в Южной Америке). Она принята в Англии и САСШ.

Во всей Европе (кроме Англии), в Японии и ряде других стран принята система метрическая.

Таким образом весь технический мир разделяется на две части: метрическую и английскую. Такое разделение вызывает громадные неудобства и излишние расходы, но все попытки притти к одной общей системе пока не увенчались успехом.

Метрическая система—плод рационалистической мысли конца XVIII века. Она была введена декретом Конвента во время французской революции. Стремление перестроить мир на новых разумных началах не могло не коснуться и системы мер.

Введение метрической системы преследовало две цели:

а) Создать систему стройную и согласную с десятичной системой счисления. Эта задача была разрешена вполне.

б) За единицу длины принять такую, которая не зависела бы от каких-либо материальных эталонов. За единицу длины—метр—была принята одна десятиллионная часть расстояния от экватора до полюса. Пользуясь имевшимися в то время данными о длине меридиана, была определена длина метра и был изготовлен эталон.

Метрическая система была государственной во Франции в течении всей революции, но затем была отменена Наполеоном.

Вторично и окончательно метрическая система была введена во Франции в 1836 г. Однако в промежуток времени между введением и восстановлением метра длина меридиана была измерена вновь, причем была обнаружена ошибка в первых измерениях. Предстояло либо изменить длину метра, либо отказаться от определения его, как части длины меридиана. Трудно было рассчитывать, чтобы и повторные измерения длины меридиана дали верные результаты, а кроме того не было уверенности в том, что она остается с течением времени постоянной. В конце концов было решено *определить метр как длину эталона, хранящегося в Париже<sup>2)</sup>*.

После этого метрическая система потеряла свой абсолютный характер и ее преимуществом перед другими системами осталась лишь стройность и десятичный характер<sup>3)</sup>.

Однако это преимущество столь велико и так выгодно отличает метрическую систему от всех остальных, что она стала быстро распространяться по всему земному шару.

*В СССР метрическая система введена декретом Совета народных комиссаров в 1918 г. как обязательная*, и в настоящее время она в основном принята всей машиностроительной промышленностью Союза.

Однако полный переход на метрическую систему является делом не

<sup>1)</sup> Не следует смешивать единицы мер с эталонами. Как мы видели, в САСШ система дюймовая, но эталоном является парижский метр.

<sup>2)</sup> Имеются указания, что когда обнаружилась ошибка в длине метра, то знаменитый английский машиностроитель Витворт написал французской академии письмо с предложением принять метр равным 40". При слабом распространении метрической системы в то время, это было бы вполне возможно. Будь принято предложение Витворта, мы не имели бы сейчас двух разнородных мер длины.

<sup>3)</sup> Идею независимости основной меры от материального эталона можно теперь, как мы видели, осуществить, принимая за единицу длины длину волны света.

легким. Наши заводы получают оборудование из Америки и из Англии а также чертежи по договорам о техническом содействии. Все эти материалы обычно даются в дюймах, перевод которых в миллиметры является далеко не такой простой задачей, как это кажется на первый взгляд.

Вообще полный фактический переход на метрическую систему не осуществлен еще ни в одной стране<sup>1)</sup>. В Германии например и по сей час широко применяется резьба Витворта. Наконец необходимость знакомиться с технической литературой Америки и Англии не позволяет нам забыть о существовании дюйма.

Поэтому является крайне интересным, в каком положении находится вопрос о введении метрической системы в Англии и САСШ.

В обеих странах эта система давно уже допущена к употреблению на равных началах с дюймовой, и на некоторых заводах ею пользуются. Заказы для Европы (например инструмент) американские заводы выполняют в метрической системе. Однако от этого еще далеко до всеобщего обязательного ее введения.

В САСШ имеется „метрическая ассоциация“, которая периодически вносит в Конгресс билли об обязательном введении метрической системы. Однако до последнего времени соответственного закона издано не было. Введение метрической системы в Америке встречает громадное противодействие. Причина его коренится в весьма крупных издержках, которые должна будет понести столь развитая промышленность, как американская, при перемене системы мер. Имеется также „антиметрическая лига“, которая каждый раз при внесении билля развивает крайне энергичную агитацию против метрической системы. Не защищая обычно английской системы в целом<sup>2)</sup>, лига берет под защиту главным образом дюйм и указывает, что, поскольку уже введены его подразделения на десятые, сотые, тысячные и т. д., главное преимущество метрической системы—ее десятичный характер—присуще теперь и дюймовой<sup>3)</sup>. Вряд ли однако вся эта подчас очень остроумная аргументация<sup>4)</sup> помешала бы введению метрической системы, если бы не крупные практические затруднения, связанные с проведением этой меры.

---

<sup>1)</sup> Ближе других к этому подошла Франция.

<sup>2)</sup> В английской системе имеется много крупных недостатков. Укажем например на существование разных мер с одинаковыми названиями. Имеется две различных тонны, два галлона и т. д.

<sup>3)</sup> Интересно, что Уатт, изобретатель паровой машины, был большим защитником десятичной системы.

<sup>4)</sup> Например Halsey доказывает, что свойственное английской системе деление на 2, 4, 8 и т. д. более естественно и удобно, чем деление на 5 и на 10, свойственное системе метрической. Ошибка по его мнению сделана не теми, кто разделил дюйм на 8 частей, а не на 10, а древними арабами, которые считая на пальцах, забывали пропускать большой палец и подарил нас десятичной системой счисления вместо более удобной—восьмиричной.

Таблица 11.

| СССР<br>Совет труда и обороны | Общесоюзный стандарт | ОСТ 34              |
|-------------------------------|----------------------|---------------------|
| Комитет<br>по стандартизации  | НОРМАЛЬНЫЕ ДИАМЕТРЫ  | МБН (I. I. B.): 620 |

Таблица нормальных диаметров распространяется на все диаметры деталей общего машиностроения, которые выполняются по общесоюзной системе допусков и посадок с применением соответствующего этой системе мерительного и развертывающего инструмента.

Таблицу нормальных диаметров рекомендуется применять также и для свободных размеров (см. ОСТ 1001—1003).

мм

|     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|     |      | 52  |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 6    | 55  | 105 | 155 |     |     |     |     |     |     |
|     | 7    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 8    | 58  |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 9    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1   | 10   | 60  | 110 | 160 | 210 | 260 | 310 | 360 | 410 | 460 |
|     | 11   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 12   | 62  |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 13   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1,5 | 14   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 15   | 65  | 115 | 165 |     |     |     |     |     |     |
|     | 16   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 17   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 18   | 68  |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2   | 19   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 20   | 70  | 120 | 170 | 220 | 270 | 320 | 370 | 420 | 470 |
|     | 21   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 22   | 72  |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 23   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2,5 | 24   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 25   | 75  | 125 | 175 |     |     |     |     |     |     |
|     | 26   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 27   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 28   | 78  |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 3   | 30   | 80  | 130 | 180 | 230 | 280 | 330 | 380 | 430 | 480 |
|     | 32   | 82  |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 33   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 3,5 | 34   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 35   | 85  | 135 | 185 |     |     |     |     |     |     |
|     | 36   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | (37) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 38   | 88  |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 4   | 40   | 90  | 140 | 190 | 240 | 290 | 340 | 390 | 440 | 490 |
|     | 42   | 92  |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 44   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 4,5 | 45   | 95  | 145 | 195 |     |     |     |     |     |     |
|     | 46   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | (47) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 48   | 98  |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 5   | 50   | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 |

Диаметры 37 мм и 47 мм — для шарикоподшипников.

Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 4 декабря 1926 г. как обязательный с 1 июня 1927 г.

Таблица 12.

|                                                                          |                                                                                                                        |                     |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| С. С. С. Р.<br>Совет труда и обороны<br><br>Комитет<br>по стандартизации | ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ                                                                                                   | ОСТ 358             |
|                                                                          | ЧЕРТЕЖИ<br>для всех видов машиностроения<br>Условные обозначения обработанных и<br>необработанных поверхностей деталей | МБИ (И.В.): 621.753 |

| Обозначение поверх-<br>ности на чертеже | Поверх-<br>ность                      | Примерный перечень поверхно-<br>стей, обозначаемых данным<br>знаком                                                                                                                                                           | Примерный способ полу-<br>чения данного вида по-<br>верхности                                                                                                       |
|-----------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                         | Черная                                | Поверхности частей машин, аппаратов и сооружений, обычно не соприкасающиеся с другими им подобными поверхностями                                                                                                              | Отливка, поковка, штамповка, прокат, протяжка, волочение                                                                                                            |
| 2.                                      | Черная, но чистая и ровная            | Поверхности частей машин, аппаратов и сооружений, соприкасающиеся с другими, и ориентировочные; поверхности антых зубчатых колес; поверхности каналов в цилиндрах; поверхности чисто кованых и штампованных наделей           | Отливка, поковка, штамповка, прокат, протяжка, волочение, но с соблюдением ряда мер, обеспечивающих чистоту и ровность поверхности. Допускается полировка на станке |
| 3.                                      | Чистая, грубые следы обработки        | Все отверстия из-под сверла на проход и под нарезку; привалочные поверхности станин, кронштейнов; поверхности фланцев арматуры, чистых гаек и шайб и т. п.                                                                    | Механическая обработка снятием более или менее грубой стружки, обдирка резцом или на напиль, грубая шлифовка, грубая опилка вручную, строжка, фрезеровка, долбление |
| 4.                                      | Чистая, мало заметные следы обработки | Наружные поверхности шкивов, вращающихся из-под реза шкивов, втулок и т. п.; рабочие поверхности цилиндрических двигателей; точные и неподвижно прилегающие поверхности; опорные поверхности клапанов и их седел; шгоны машин | Механическая обработка снятием отделочной стружки; ручная опилка, грубая шлифовка и отделка по надобности; подготовка под шабрение и притирку                       |
| 5.                                      | Высшая степень чистоты и ровности     | Вращающиеся и скользящие (примыкающие) цилиндрические поверхности; рабочие поверхности машин-двигателей; шойки валов, скелки насосов, рабочие поверхности калибров и других измерительных инструментов                        | Шлифовка, или окончательный способ механической обработки                                                                                                           |

- а) Толщина линий контуров как обработанных, так и необработанных поверхностей должна быть обычной для данного чертежа, без каких-либо утолщений.
- б) Если все поверхности данной детали подвергаются обработке одного и того же характера, то дается общая надпись "обработка кругом", и ставятся один из указанных выше условных знаков, соответствующий поверхности, получаемой в результате обработки.
- в) При наличии предусмотренной отделки (напр., шлакостойкая специальная окраска, сорбирование, чернение, воронение, никелировка и т. п.) или термической обработки (напр., цементация, местная закалка и т. п.) — таковая указывается надписью наносимой параллельно отсечаемой поверхности, при соответствующем условном знаке.

В случае частичной термической обработки детали область, подлежащая термической обработке, может быть выделена разнотонной линией со стрелками на концах, а сама термическая операция указана особой надписью, независимо от условного обозначения поверхности.

- г) При наличии предусмотренной проправки на станке таковая указывается надписью.
- д) Все обозначения относятся к поверхностям в законченном их виде, причем при обозначении 1 и 2 особых припусков на обработку не предусматривается, при обозначении же 3, 4 и 5 припуск должен быть предусмотрен в порядке производства, но самим чертежом не обозначается.
- е) К разрядам вышеуказанные обозначения не относятся.

5-е издание пересмотренное. Ноябрь 1930

Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 30 ноября 1928 года, как рекомендуемый.

Таблица 13а.

Система допусков Лёве-Шлезингера.<sup>1)</sup>

Система отвертия.

| Границы диаметров мм | Предельные пробки |         | П р е д е л ь н ы е с к о б ы |         |            |         |            |         |            |         |          |         |
|----------------------|-------------------|---------|-------------------------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|----------|---------|
|                      |                   |         | Fester Sitz                   |         | Shlebesitz |         | Laufsitz A |         | Laufsitz B |         | Preßsitz |         |
|                      | min.              | max.    | min.                          | max.    | min.       | max.    | min.       | max.    | min.       | max.    | min.     | max.    |
| 6—10,5               | — 0,010           | + 0,010 | — 0,005                       | + 0,010 | — 0,010    | — 0,005 | — 0,025    | — 0,010 | — 0,035    | — 0,020 | + 0,025  | + 0,010 |
| 11—18                | — 0,015           | + 0,010 | — 0,005                       | + 0,009 | — 0,015    | — 0,006 | — 0,030    | — 0,015 | — 0,050    | — 0,030 | + 0,030  | + 0,050 |
| 19—30                | — 0,015           | + 0,015 | — 0,006                       | + 0,009 | — 0,020    | — 0,007 | — 0,035    | — 0,020 | — 0,060    | — 0,040 | + 0,035  | + 0,065 |
| 31—48                | — 0,020           | + 0,015 | — 0,006                       | + 0,008 | — 0,025    | — 0,008 | — 0,045    | — 0,025 | — 0,070    | — 0,050 | + 0,040  | + 0,080 |
| 49—75                | — 0,020           | + 0,020 | — 0,007                       | + 0,007 | — 0,030    | — 0,009 | — 0,050    | — 0,030 | — 0,080    | — 0,060 | + 0,050  | + 0,100 |
| 76—115               | — 0,025           | + 0,020 | — 0,009                       | + 0,006 | — 0,035    | — 0,010 | — 0,060    | — 0,035 | — 0,095    | — 0,070 | + 0,060  | + 0,120 |
| 116—175              | — 0,030           | + 0,025 | — 0,010                       | + 0,005 | — 0,045    | — 0,014 | — 0,075    | — 0,040 | — 0,110    | — 0,085 | + 0,080  | + 0,150 |
| 176—260              | — 0,038           | + 0,030 | — 0,012                       | + 0,004 | — 0,050    | — 0,018 | — 0,090    | — 0,050 | — 0,160    | — 0,100 | + 0,100  | + 0,200 |

Laufsitz A — для одноопорных валов

Laufsitz B — для многоопорных валов

Примечание. Следует иметь в виду, что в этой таблице обозначения посадок только по наименованию совпадают с посадками DIN.

<sup>1)</sup> По таблицам фирмы Альфред Шютте.

**Система вала.**

| Границы диаметров<br>мм | Предельные скобы |         | П р е д е л ь н ы е п р о б к и |         |            |         |            |         |            |         |          |          |
|-------------------------|------------------|---------|---------------------------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|----------|----------|
|                         |                  |         | Fester Sitz                     |         | Shiebesitz |         | Laufsitz A |         | Laufsitz B |         | Preßsitz |          |
|                         | min.             | max.    | min.                            | max.    | min.       | max.    | min.       | max.    | min.       | max.    | min.     | max.     |
| 6 — 10,5                | — 0,007          | + 0,008 | — 0,010                         | + 0,010 | + 0,002    | + 0,015 | + 0,010    | + 0,025 | + 0,020    | + 0,055 | — 0,040  | — 0,0231 |
| 11 — 18                 | — 0,008          | + 0,008 | — 0,012                         | + 0,012 | + 0,002    | + 0,020 | + 0,012    | + 0,030 | + 0,025    | + 0,065 | — 0,050  | — 0,028  |
| 19 — 30                 | — 0,009          | + 0,008 | — 0,015                         | + 0,014 | + 0,003    | + 0,025 | + 0,015    | + 0,040 | + 0,030    | + 0,080 | — 0,065  | — 0,032  |
| 31 — 48                 | — 0,010          | + 0,010 | — 0,018                         | + 0,017 | + 0,003    | + 0,030 | + 0,018    | + 0,050 | + 0,040    | + 0,095 | — 0,075  | — 0,035  |
| 49 — 75                 | — 0,011          | + 0,012 | — 0,020                         | + 0,020 | + 0,004    | + 0,035 | + 0,020    | + 0,060 | + 0,050    | + 0,110 | — 0,090  | — 0,042  |
| 76 — 115                | — 0,012          | + 0,014 | — 0,023                         | + 0,022 | + 0,004    | + 0,040 | + 0,025    | + 0,070 | + 0,060    | + 0,130 | — 0,110  | — 0,055  |
| 116 — 175               | — 0,014          | + 0,016 | — 0,026                         | + 0,025 | + 0,005    | + 0,045 | + 0,030    | + 0,080 | + 0,070    | + 0,150 | — 0,140  | — 0,070  |
| 176 — 250               | — 0,016          | + 0,018 | — 0,030                         | + 0,028 | + 0,005    | + 0,055 | + 0,035    | + 0,090 | + 0,080    | + 0,175 | — 0,180  | — 0,085  |

Лауфзитц А для однопорных ва·ов

Лауфзитц В для многопорных валов

**Примечание:** Следует иметь в виду, что в этой таблице обозначения посадок только по наименованию совпадают с посадками DIN.

<sup>11)</sup> По таблицам фирмы Альфред Шюте.

**Допуски и посадки по системе DIN. Рабочие калибры.**

**Система отверстия.**

Размеры указаны в м (1 м = 0,001 мм); калибры клеймить в мм.

Размеры указаны в мм (1:1 — 0,001 мм)

| 1 класс<br>(очень точная сборка)                                 |     | 2 класс<br>(точная сборка) |                             |                                                                  |                                                                  |                             |                  |                    |                  |     |      |     |    |   |   |
|------------------------------------------------------------------|-----|----------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------|--------------------|------------------|-----|------|-----|----|---|---|
|                                                                  |     |                            |                             | С к о б ы                                                        |                                                                  |                             |                  |                    |                  |     |      |     |    |   |   |
|                                                                  |     |                            |                             | Пробка —<br>плоский<br>калибр —<br>стержнев.<br>калибр<br>DIN 13 | Пробка —<br>плоский<br>калибр —<br>стержнев.<br>калибр<br>DIN 13 |                             |                  |                    |                  |     |      |     |    |   |   |
| Пробка —<br>плоский<br>калибр —<br>стержнев.<br>калибр<br>DIN 13 |     | Festsitz<br>eF<br>DIN 2051 | Treibsitz<br>eT<br>DIN 2052 | Haftsitz<br>eH<br>DIN 2053                                       | Schiebesitz<br>eS<br>DIN 2054                                    | Gleitsitz<br>eG<br>DIN 2055 | С к о б ы        |                    |                  |     |      |     |    |   |   |
|                                                                  |     | Р а з м е р ы              |                             |                                                                  |                                                                  |                             |                  |                    |                  |     |      |     |    |   |   |
|                                                                  |     | приемн.<br>стороны         | брак.<br>стороны            | приемн.<br>стороны                                               | брак.<br>стороны                                                 | приемн.<br>стороны          | брак.<br>стороны | приемн.<br>стороны | брак.<br>стороны |     |      |     |    |   |   |
| 1 до 3                                                           | 3   | —                          | 8                           | —                                                                | 6                                                                | —                           | 0                | 9                  | 0                | 15  | 10   | 12  | 6  |   |   |
| 3                                                                | 6   | —                          | 10                          | —                                                                | 7                                                                | —                           | 0                | 12                 | 0                | 22  | 15   | 15  | 8  |   |   |
| 6                                                                | 10  | —                          | 12                          | —                                                                | 9                                                                | —                           | 0                | 15                 | 0                | 30  | 20   | 20  | 10 |   |   |
| 10                                                               | 18  | —                          | 15                          | —                                                                | 11                                                               | —                           | 0                | 18                 | 0                | 38  | 25   | 25  | 12 |   |   |
| 18                                                               | 30  | —                          | 18                          | —                                                                | 13                                                               | —                           | 0                | 22                 | 0                | 45  | 32   | 30  | 15 |   |   |
| 30                                                               | 50  | —                          | 20                          | —                                                                | 15                                                               | —                           | 0                | 25                 | 0                | 55  | 40   | 35  | 18 |   |   |
| 50                                                               | 80  | —                          | 22                          | —                                                                | 17                                                               | —                           | 0                | 30                 | 0                | 65  | 45   | 40  | 20 |   |   |
| 80                                                               | 120 | —                          | 25                          | —                                                                | 19                                                               | —                           | 0                | 35                 | 0                | 75  | 55   | 50  | 22 |   |   |
| 120                                                              | 180 | —                          | 28                          | —                                                                | 21                                                               | —                           | 0                | 40                 | 0                | 90  | 65   | 60  | 25 |   |   |
| 180                                                              | 260 | —                          | 32                          | —                                                                | 23                                                               | —                           | 0                | 45                 | 0                | 105 | 80   | 80  | 30 |   |   |
| 260                                                              | 360 | —                          | 35                          | —                                                                | 25                                                               | —                           | 0                | 50                 | 0                | 130 | 100  | 100 | 35 |   |   |
| 360                                                              | 500 | —                          | 40                          | —                                                                | 28                                                               | —                           | 0                | 60                 | 0                | 155 | 120  | 120 | 40 |   |   |
| 500                                                              |     | —                          | 40                          | —                                                                | 28                                                               | —                           | 0                | 60                 | 0                | 180 | 140  | 140 | 40 |   |   |
| Единиц допуска                                                   |     | 1                          | 0                           | 2                                                                | 1,25                                                             | 1,5                         | 0,75             | 1                  | 0,25             | 0,5 | 0,75 | 1,5 | 0  | 2 | 1 |

Таблица 146.

## Допуски и посадки по системе DIN. Рабочие калибры.

## Система отверстий.

Размеры указаны в  $\mu$  ( $1 \mu = 0,001 \text{ мм}$ ); калибры клеймить в мм.

| Пределы диаметров<br>мм |     | С (точная сборка)  |     |                       |    |                     |     |                            |    |                     |     |                               |     |                             |     |
|-------------------------|-----|--------------------|-----|-----------------------|----|---------------------|-----|----------------------------|----|---------------------|-----|-------------------------------|-----|-----------------------------|-----|
|                         |     | 2                  |     | 3                     |    | 4                   |     | 5                          |    | 6                   |     | 7                             |     |                             |     |
|                         |     | к                  |     | к                     |    | а                   |     | б                          |    | в                   |     | г                             |     |                             |     |
| Тreibst. T<br>DIN 58    |     | Hafst. H<br>DIN 25 |     | Schiebes. S<br>DIN 24 |    | Gleits. G<br>DIN 23 |     | Enger Laufst. EL<br>DIN 22 |    | Laufst. L<br>DIN 21 |     | Leichter Laufst. LL<br>DIN 20 |     | Weiter Laufst. WL<br>DIN 52 |     |
|                         |     |                    |     |                       |    |                     |     |                            |    |                     |     |                               |     |                             |     |
|                         |     | Р                  |     |                       |    |                     |     |                            |    |                     |     |                               |     |                             |     |
|                         |     | + прием. ст. брак. |     | + прием. ст. брак.    |    | + прием. ст. брак.  |     | + прием. ст. брак.         |    | + прием. ст. брак.  |     | + прием. ст. брак.            |     |                             |     |
| 1 д. выше               | 3   | 9                  | 3   | 6                     | 8  | 0                   | 3   | 3                          | 4  | 6                   | 9   | 9                             | 18  | 30                          | 50  |
|                         | 6   | 12                 | 4   | 10                    | 12 | 0                   | 4   | 4                          | 5  | 8                   | 12  | 12                            | 25  | 40                          | 60  |
|                         | 10  | 15                 | 5   | 12                    | 15 | 0                   | 5   | 5                          | 6  | 10                  | 15  | 15                            | 30  | 50                          | 75  |
|                         | 18  | 18                 | 6   | 15                    | 18 | 0                   | 6   | 6                          | 8  | 12                  | 18  | 18                            | 35  | 60                          | 90  |
|                         | 30  | 22                 | 8   | 18                    | 22 | 0                   | 8   | 8                          | 10 | 15                  | 22  | 22                            | 45  | 70                          | 110 |
|                         | 50  | 25                 | 9   | 20                    | 25 | 0                   | 9   | 9                          | 12 | 18                  | 25  | 25                            | 50  | 80                          | 130 |
|                         | 80  | 30                 | 10  | 22                    | 30 | 0                   | 10  | 10                         | 13 | 20                  | 30  | 30                            | 60  | 100                         | 150 |
|                         | 120 | 35                 | 11  | 25                    | 35 | 0                   | 11  | 11                         | 15 | 22                  | 35  | 35                            | 70  | 120                         | 180 |
|                         | 180 | 40                 | 13  | 30                    | 40 | 0                   | 13  | 13                         | 18 | 25                  | 40  | 40                            | 80  | 140                         | 200 |
|                         | 260 | 45                 | 15  | 35                    | 45 | 0                   | 15  | 15                         | 20 | 30                  | 45  | 45                            | 90  | 150                         | 220 |
| 360                     | 50  | 18                 | 40  | 50                    | 0  | 18                  | 18  | 22                         | 33 | 50                  | 50  | 100                           | 170 | 250                         |     |
| 500                     | 60  | 20                 | 40  | 60                    | 0  | 20                  | 20  | 25                         | 40 | 60                  | 60  | 120                           | 200 | 280                         |     |
| Единица допуска         |     | 1,5                | 0,5 | 1                     | 0  | 0,5                 | 0,5 | 0                          | 1  | 1,5                 | 1,5 | 3                             | 5   | 7,5                         |     |

Таблица 14в.

Допуски и посадки по системе DIN. Рабочие калибры.

Система отверстий.

Размеры указаны в  $\mu$  ( $1 \mu = 0,001 \text{ мм}$ ); калибры клеймить в мм.

| Пределы диаметров<br>мм |     | 3 класс (сборка обыкновенной точности)                       |                    |                            |                    | 4 класс (грубая сборка)   |                    |                                      |                    |                                                                         |                    |                                       |                    |                                       |                    |                                       |                    |                                       |                    |    |
|-------------------------|-----|--------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|----|
|                         |     | С к л а с с ы                                                |                    |                            |                    | С к л а с с ы             |                    |                                      |                    |                                                                         |                    |                                       |                    |                                       |                    |                                       |                    |                                       |                    |    |
|                         |     | Пробка —<br>калибр —<br>стержень,<br>калибр<br>sB<br>DIN 148 |                    | Gleitsitz<br>sG<br>DIN 151 |                    | Laufsitz<br>sL<br>DIN 150 |                    | Weiter<br>Laufsitz<br>sWL<br>DIN 149 |                    | Пробка —<br>плоский<br>калибр —<br>стержень,<br>калибр<br>gB<br>DIN 159 |                    | Grobsitz<br>g <sub>1</sub><br>DIN 163 |                    | Grobsitz<br>g <sub>2</sub><br>DIN 162 |                    | Grobsitz<br>g <sub>3</sub><br>DIN 161 |                    | Grobsitz<br>g <sub>4</sub><br>DIN 160 |                    |    |
|                         |     | Р а з м е р ы                                                |                    |                            |                    |                           |                    |                                      |                    |                                                                         |                    |                                       |                    |                                       |                    |                                       |                    |                                       |                    |    |
|                         |     | + браков.<br>стороны                                         | примен.<br>стороны | - браков.<br>стороны       | примен.<br>стороны | - браков.<br>стороны      | примен.<br>стороны | - браков.<br>стороны                 | примен.<br>стороны | + браков.<br>стороны                                                    | примен.<br>стороны | - браков.<br>стороны                  | примен.<br>стороны | - браков.<br>стороны                  | примен.<br>стороны | - браков.<br>стороны                  | примен.<br>стороны | - браков.<br>стороны                  | примен.<br>стороны |    |
| 1 до                    | 3   | 18                                                           | 0                  | 18                         | 0                  | 9                         | 30                 | 60                                   | 50                 | 0                                                                       | 50                 | 80                                    | 180                | 100                                   | 50                 | 100                                   | 150                | 250                                   | 300                |    |
| выше                    | 3   | 25                                                           | 0                  | 25                         | 0                  | 12                        | 40                 | 80                                   | 80                 | 0                                                                       | 80                 | 120                                   | 250                | 150                                   | 80                 | 150                                   | 200                | 300                                   | 350                |    |
| "                       | 6   | 30                                                           | 0                  | 30                         | 0                  | 15                        | 50                 | 100                                  | 100                | 0                                                                       | 100                | 150                                   | 300                | 200                                   | 100                | 200                                   | 250                | 350                                   | 450                |    |
| "                       | 10  | 35                                                           | 0                  | 35                         | 0                  | 18                        | 60                 | 120                                  | 100                | 0                                                                       | 100                | 200                                   | 400                | 250                                   | 150                | 250                                   | 300                | 450                                   | 500                |    |
| "                       | 18  | 45                                                           | 0                  | 45                         | 0                  | 22                        | 70                 | 150                                  | 150                | 0                                                                       | 150                | 250                                   | 500                | 300                                   | 150                | 300                                   | 350                | 450                                   | 500                |    |
| "                       | 30  | 50                                                           | 0                  | 50                         | 0                  | 25                        | 80                 | 180                                  | 150                | 0                                                                       | 180                | 300                                   | 600                | 350                                   | 200                | 350                                   | 400                | 500                                   | 600                |    |
| "                       | 50  | 60                                                           | 0                  | 60                         | 0                  | 30                        | 100                | 200                                  | 200                | 0                                                                       | 200                | 350                                   | 700                | 400                                   | 200                | 400                                   | 450                | 500                                   | 600                |    |
| "                       | 80  | 70                                                           | 0                  | 70                         | 0                  | 35                        | 120                | 250                                  | 200                | 0                                                                       | 250                | 400                                   | 800                | 450                                   | 250                | 450                                   | 500                | 600                                   | 700                |    |
| "                       | 120 | 80                                                           | 0                  | 80                         | 0                  | 40                        | 140                | 280                                  | 250                | 0                                                                       | 280                | 450                                   | 900                | 500                                   | 250                | 500                                   | 550                | 600                                   | 700                |    |
| "                       | 180 | 90                                                           | 0                  | 90                         | 0                  | 45                        | 150                | 320                                  | 250                | 0                                                                       | 320                | 500                                   | 1000               | 550                                   | 300                | 600                                   | 600                | 700                                   | 800                |    |
| "                       | 260 | 100                                                          | 0                  | 100                        | 0                  | 50                        | 170                | 350                                  | 300                | 0                                                                       | 350                | 550                                   | 1100               | 600                                   | 350                | 700                                   | 700                | 800                                   | 900                |    |
| "                       | 360 | 120                                                          | 0                  | 120                        | 0                  | 60                        | 200                | 400                                  | 350                | 0                                                                       | 400                | 600                                   | 1200               | 700                                   | 400                | 800                                   | 800                | 900                                   | 1000               |    |
| Единиц допуска          |     | 3                                                            | 0                  | 3                          | 0                  | 1,5                       | 5                  | 10,5                                 | 10                 | 0                                                                       | 10                 | 15                                    | 30                 | 20                                    | 10                 | 20                                    | 20                 | 30                                    | 30                 | 40 |

## Система вала.

Размеры указаны в  $\mu$  ( $1 \mu = 0,001 \text{ мм}$ ); калибры клеймить в 1 м.

| Пределы диаметров<br>мм |       | 1 класс (очень точная сборка) |               |                                                |                           |                          |                             |                           |                      |                 |               | 2 класс (точная сборка)                 |                         |                 |               |                 |               |     |   |  |  |
|-------------------------|-------|-------------------------------|---------------|------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|---------------|-----------------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----|---|--|--|
|                         |       | скоба<br>eW<br>DIN 2056       |               | пробки — плоские калибры — стержневые: калибры |                           |                          |                             |                           | скоба<br>W<br>DIN 40 |                 |               | пробки — плоск. калиб. — стержн. калиб. |                         |                 |               |                 |               |     |   |  |  |
|                         |       |                               |               | Festsitz<br>eF<br>DIN 51                       | Treibsitz<br>eT<br>DIN 56 | Haftsitz<br>eH<br>DIN 50 | Schiebesitz<br>eS<br>DIN 49 | Gleitsitz<br>eG<br>DIN 48 |                      |                 |               | Präfsitz<br>P<br>DIN 55                 | Festsitz<br>F<br>DIN 47 |                 |               |                 |               |     |   |  |  |
|                         |       |                               |               |                                                |                           |                          |                             |                           |                      |                 |               |                                         |                         |                 |               |                 |               |     |   |  |  |
|                         |       | приемн. стороны               | брак. стороны | приемн. стороны                                | брак. стороны             | приемн. стороны          | брак. стороны               | приемн. стороны           | брак. стороны        | приемн. стороны | брак. стороны | приемн. стороны                         | брак. стороны           | приемн. стороны | брак. стороны | приемн. стороны | брак. стороны |     |   |  |  |
| 1 до                    | 3     | —                             | 6             | —                                              | 12                        | 0                        | 8                           | —                         | 4                    | 8               | —             | 0                                       | 0                       | 6               | 7             | 15              | 3             | 12  |   |  |  |
| выше                    | 3 "   | 0                             | 7             | —                                              | 15                        | 0                        | 10                          | —                         | 5                    | 10              | —             | 0                                       | 0                       | 8               | 10            | 22              | 4             | 15  |   |  |  |
| "                       | 6 "   | 0                             | 9             | —                                              | 18                        | 0                        | 12                          | —                         | 6                    | 12              | —             | 0                                       | 0                       | 10              | 15            | 30              | 5             | 20  |   |  |  |
| "                       | 10 "  | 0                             | 11            | —                                              | 30                        | 0                        | 15                          | —                         | 8                    | 15              | —             | 0                                       | 0                       | 12              | 20            | 38              | 6             | 25  |   |  |  |
| "                       | 18 "  | 0                             | 13            | —                                              | 50                        | 0                        | 18                          | —                         | 9                    | 18              | —             | 0                                       | 0                       | 15              | 25            | 45              | 8             | 30  |   |  |  |
| "                       | 30 "  | 0                             | 15            | —                                              | 80                        | 0                        | 20                          | —                         | 10                   | 20              | —             | 0                                       | 0                       | 18              | 35            | 60              | 9             | 35  |   |  |  |
| "                       | 50 "  | 0                             | 17            | —                                              | 120                       | 0                        | 22                          | —                         | 11                   | 22              | —             | 0                                       | 0                       | 20              | 45            | 75              | 10            | 40  |   |  |  |
| "                       | 80 "  | 0                             | 20            | —                                              | 180                       | 0                        | 25                          | —                         | 13                   | 25              | —             | 0                                       | 0                       | 22              | 55            | 90              | 11            | 45  |   |  |  |
| "                       | 120 " | 0                             | 22            | —                                              | 260                       | 0                        | 30                          | —                         | 15                   | 30              | —             | 0                                       | 0                       | 25              | 65            | 105             | 13            | 50  |   |  |  |
| "                       | 180 " | 0                             | 25            | —                                              | 360                       | 0                        | 35                          | —                         | 18                   | 35              | —             | 0                                       | 0                       | 30              | 85            | 130             | 15            | 60  |   |  |  |
| "                       | 260 " | 0                             | 28            | —                                              |                           | 0                        | 40                          | —                         | 20                   | 40              | —             | 0                                       | 0                       | 35              | 105           | 155             | 18            | 70  |   |  |  |
| "                       | 360 " | 0                             |               | —                                              |                           | 0                        |                             | —                         |                      |                 | —             | 0                                       | 0                       | 40              | 120           | 180             | 20            | 80  |   |  |  |
| Единиц допуска          |       | 0                             | 0,75          | 1                                              | 2                         | 0,5                      | 1,5                         | 0                         | 1                    | 0,5             | 0,5           | 1                                       | 0                       | 0               | —             | —               | —             | 0,5 | 2 |  |  |

Таблица 156.

Допуски и посадки по системе DIN. Рабочие калибры.

Система вала.

Размеры указаны в  $\mu$  ( $1 \mu = 0,001$  мм); калибры клеймить в мм.

| Пределы диаметров<br>мм |      | 2 к л а с с (точная сборка)                   |                         |                            |                          |                                   |                         |                                      |                                    |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
|-------------------------|------|-----------------------------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                         |      | пробки — плоские калибры — стержневые калибры |                         |                            |                          |                                   |                         |                                      |                                    |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
|                         |      | Treibsitz<br>T<br>DIN 57                      | Haltsitz<br>H<br>DIN 46 | Schnebesitz<br>S<br>DIN 45 | Gleitsitz<br>G<br>DIN 44 | Enger<br>Laufsitz<br>EL<br>DIN 43 | Laufsitz<br>L<br>DIN 42 | Leichter<br>Laufsitz<br>LL<br>DIN 41 | Weiter<br>Laufsitz<br>WL<br>DIN 53 |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
|                         |      | Р а з м е р ы                                 |                         |                            |                          |                                   |                         |                                      |                                    |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| выше                    | 1 до | браков.<br>стороны                            | +<br>браков.<br>стороны | -<br>приемн.<br>стороны    | +<br>браков.<br>стороны  | -<br>приемн.<br>стороны           | 0                       | +<br>браков.<br>стороны              | -<br>приемн.<br>стороны            | +<br>браков.<br>стороны | -<br>приемн.<br>стороны | +<br>браков.<br>стороны | -<br>приемн.<br>стороны | +<br>браков.<br>стороны | -<br>приемн.<br>стороны | +<br>браков.<br>стороны | -<br>приемн.<br>стороны |
| 3                       | 3    | 0                                             | 3                       | 6                          | 6                        | 3                                 | 9                       | 0                                    | 12                                 | 3                       | 9                       | 20                      | 9                       | 35                      | 18                      | 50                      | 30                      |
| 6                       | 6    | 0                                             | 4                       | 8                          | 10                       | 4                                 | 12                      | 0                                    | 15                                 | 4                       | 12                      | 30                      | 12                      | 45                      | 25                      | 60                      | 40                      |
| 10                      | 10   | 0                                             | 5                       | 10                         | 12                       | 5                                 | 15                      | 0                                    | 20                                 | 5                       | 15                      | 35                      | 15                      | 55                      | 30                      | 80                      | 50                      |
| 18                      | 18   | 0                                             | 6                       | 12                         | 15                       | 6                                 | 18                      | 0                                    | 25                                 | 6                       | 18                      | 40                      | 18                      | 65                      | 35                      | 100                     | 60                      |
| 30                      | 30   | 0                                             | 8                       | 15                         | 18                       | 8                                 | 22                      | 0                                    | 30                                 | 8                       | 22                      | 50                      | 22                      | 80                      | 45                      | 120                     | 70                      |
| 50                      | 50   | 0                                             | 9                       | 18                         | 20                       | 9                                 | 25                      | 0                                    | 35                                 | 9                       | 25                      | 60                      | 25                      | 95                      | 50                      | 140                     | 80                      |
| 80                      | 80   | 0                                             | 10                      | 20                         | 22                       | 10                                | 30                      | 0                                    | 40                                 | 10                      | 30                      | 70                      | 30                      | 110                     | 60                      | 160                     | 100                     |
| 120                     | 120  | 0                                             | 11                      | 22                         | 25                       | 11                                | 35                      | 0                                    | 45                                 | 11                      | 35                      | 80                      | 35                      | 130                     | 70                      | 180                     | 120                     |
| 180                     | 180  | 0                                             | 13                      | 25                         | 28                       | 13                                | 40                      | 0                                    | 50                                 | 13                      | 40                      | 95                      | 40                      | 150                     | 80                      | 210                     | 140                     |
| 260                     | 260  | 0                                             | 15                      | 30                         | 33                       | 15                                | 45                      | 0                                    | 60                                 | 15                      | 45                      | 105                     | 45                      | 170                     | 90                      | 240                     | 150                     |
| 360                     | 360  | 0                                             | 18                      | 35                         | 38                       | 18                                | 50                      | 0                                    | 70                                 | 18                      | 50                      | 120                     | 50                      | 190                     | 100                     | 270                     | 170                     |
| 500                     | 500  | 0                                             | 20                      | 40                         | 42                       | 20                                | 60                      | 0                                    | 80                                 | 20                      | 60                      | 140                     | 60                      | 220                     | 120                     | 300                     | 200                     |

Таблица 15в.

Допуски и посадки по системе DIN. Рабочие калибры. Система вала.  
Размеры указаны в  $\mu$  ( $1 \mu = 0,001$  мм); калибры клеймить в мм

| Пределы диаметров<br>мм | 3 класс<br>(сборка обыкновенной точности) |                           |                                                  |         | 4 класс<br>(грубая сборка)            |                                       |                                                  |                                       |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |
|-------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------|---------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
|                         | скоба<br>sw<br>DIN 154                    |                           | пробки — плоские калибры —<br>стержневые калибры |         | скоба<br>gw<br>DIN 164                |                                       | пробки — плоские калибры — стержневые<br>калибры |                                       |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |
|                         | Gleitsitz<br>sG<br>DIN 157                | Laufsitz<br>sL<br>DIN 155 | Weiter<br>Laufsitz<br>swL<br>Din 155             |         | Grobsitz<br>g <sub>1</sub><br>DIN 169 | Grobsitz<br>g <sub>2</sub><br>DIN 167 | Grobsitz<br>g <sub>3</sub><br>DIN 166            | Grobsitz<br>g <sub>4</sub><br>DIN 165 |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |
|                         |                                           |                           |                                                  |         |                                       |                                       |                                                  |                                       |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |
| Размеры                 |                                           |                           |                                                  |         |                                       |                                       |                                                  |                                       |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |
| 1 до                    |                                           | 3                         |                                                  | 6       |                                       | 10                                    |                                                  | 18                                    |       | 30      |       | 50      |       | 80      |       | 120     |       | 180     |       | 260     |       | 360     |       |
| выше                    |                                           | 3                         |                                                  | 6       |                                       | 10                                    |                                                  | 18                                    |       | 30      |       | 50      |       | 80      |       | 120     |       | 180     |       | 260     |       | 360     |       |
| принем.                 | брак.                                     | принем.                   | брак.                                            | принем. | брак.                                 | принем.                               | брак.                                            | принем.                               | брак. | принем. | брак. | принем. | брак. | принем. | брак. | принем. | брак. | принем. | брак. | принем. | брак. | принем. | брак. |
| 0                       | 18                                        | 0                         | 18                                               | 0       | 18                                    | 0                                     | 30                                               | 9                                     | 60    | 30      | 0     | 50      | 0     | 80      | 0     | 120     | 0     | 180     | 0     | 260     | 0     | 360     |       |
| 0                       | 25                                        | 0                         | 25                                               | 0       | 40                                    | 12                                    | 80                                               | 40                                    | 40    | 40      | 0     | 80      | 0     | 120     | 0     | 150     | 0     | 200     | 0     | 250     | 0     | 300     |       |
| 0                       | 30                                        | 0                         | 30                                               | 0       | 50                                    | 15                                    | 100                                              | 60                                    | 60    | 60      | 0     | 100     | 0     | 150     | 0     | 200     | 0     | 250     | 0     | 300     | 0     | 350     |       |
| 0                       | 35                                        | 0                         | 35                                               | 0       | 60                                    | 18                                    | 120                                              | 70                                    | 70    | 70      | 0     | 100     | 0     | 150     | 0     | 200     | 0     | 250     | 0     | 300     | 0     | 350     |       |
| 0                       | 45                                        | 0                         | 45                                               | 0       | 70                                    | 22                                    | 150                                              | 80                                    | 80    | 80      | 0     | 150     | 0     | 250     | 0     | 300     | 0     | 350     | 0     | 400     | 0     | 450     |       |
| 0                       | 50                                        | 0                         | 50                                               | 0       | 80                                    | 25                                    | 180                                              | 80                                    | 80    | 80      | 0     | 150     | 0     | 250     | 0     | 300     | 0     | 350     | 0     | 400     | 0     | 450     |       |
| 0                       | 60                                        | 0                         | 60                                               | 0       | 100                                   | 30                                    | 200                                              | 100                                   | 100   | 100     | 0     | 200     | 0     | 300     | 0     | 400     | 0     | 500     | 0     | 600     | 0     | 700     |       |
| 0                       | 70                                        | 0                         | 70                                               | 0       | 120                                   | 35                                    | 250                                              | 120                                   | 120   | 120     | 0     | 200     | 0     | 300     | 0     | 400     | 0     | 500     | 0     | 600     | 0     | 700     |       |
| 0                       | 80                                        | 0                         | 80                                               | 0       | 140                                   | 40                                    | 280                                              | 140                                   | 140   | 140     | 0     | 250     | 0     | 350     | 0     | 450     | 0     | 550     | 0     | 650     | 0     | 750     |       |
| 0                       | 90                                        | 0                         | 90                                               | 0       | 150                                   | 45                                    | 320                                              | 150                                   | 150   | 150     | 0     | 250     | 0     | 350     | 0     | 450     | 0     | 550     | 0     | 650     | 0     | 750     |       |
| 0                       | 100                                       | 0                         | 100                                              | 0       | 170                                   | 50                                    | 350                                              | 170                                   | 170   | 170     | 0     | 300     | 0     | 400     | 0     | 500     | 0     | 600     | 0     | 700     | 0     | 800     |       |
| 0                       | 120                                       | 0                         | 120                                              | 0       | 200                                   | 60                                    | 400                                              | 200                                   | 200   | 200     | 0     | 350     | 0     | 450     | 0     | 550     | 0     | 650     | 0     | 750     | 0     | 850     |       |
| 0                       | 150                                       | 0                         | 150                                              | 0       | 250                                   | 75                                    | 500                                              | 250                                   | 250   | 250     | 0     | 400     | 0     | 500     | 0     | 600     | 0     | 700     | 0     | 800     | 0     | 900     |       |
| 0                       | 180                                       | 0                         | 180                                              | 0       | 300                                   | 90                                    | 600                                              | 300                                   | 300   | 300     | 0     | 450     | 0     | 550     | 0     | 650     | 0     | 750     | 0     | 850     | 0     | 950     |       |
| 0                       | 200                                       | 0                         | 200                                              | 0       | 350                                   | 100                                   | 700                                              | 350                                   | 350   | 350     | 0     | 500     | 0     | 600     | 0     | 700     | 0     | 800     | 0     | 900     | 0     | 1000    |       |
| 0                       | 250                                       | 0                         | 250                                              | 0       | 400                                   | 125                                   | 850                                              | 400                                   | 400   | 400     | 0     | 550     | 0     | 650     | 0     | 750     | 0     | 850     | 0     | 950     | 0     | 1050    |       |
| 0                       | 300                                       | 0                         | 300                                              | 0       | 500                                   | 150                                   | 1000                                             | 500                                   | 500   | 500     | 0     | 600     | 0     | 700     | 0     | 800     | 0     | 900     | 0     | 1000    | 0     | 1100    |       |
| 0                       | 350                                       | 0                         | 350                                              | 0       | 600                                   | 180                                   | 1200                                             | 600                                   | 600   | 600     | 0     | 650     | 0     | 750     | 0     | 850     | 0     | 950     | 0     | 1050    | 0     | 1150    |       |
| 0                       | 400                                       | 0                         | 400                                              | 0       | 700                                   | 200                                   | 1400                                             | 700                                   | 700   | 700     | 0     | 700     | 0     | 800     | 0     | 900     | 0     | 1000    | 0     | 1100    | 0     | 1200    |       |
| 0                       | 450                                       | 0                         | 450                                              | 0       | 800                                   | 225                                   | 1500                                             | 800                                   | 800   | 800     | 0     | 750     | 0     | 850     | 0     | 950     | 0     | 1050    | 0     | 1150    | 0     | 1250    |       |
| 0                       | 500                                       | 0                         | 500                                              | 0       | 900                                   | 250                                   | 1600                                             | 900                                   | 900   | 900     | 0     | 800     | 0     | 900     | 0     | 1000    | 0     | 1100    | 0     | 1200    | 0     | 1300    |       |
| 0                       | 550                                       | 0                         | 550                                              | 0       | 1000                                  | 275                                   | 1700                                             | 1000                                  | 1000  | 1000    | 0     | 850     | 0     | 950     | 0     | 1050    | 0     | 1150    | 0     | 1250    | 0     | 1350    |       |
| 0                       | 600                                       | 0                         | 600                                              | 0       | 1100                                  | 300                                   | 1800                                             | 1100                                  | 1100  | 1100    | 0     | 900     | 0     | 1000    | 0     | 1100    | 0     | 1200    | 0     | 1300    | 0     | 1400    |       |
| 0                       | 650                                       | 0                         | 650                                              | 0       | 1200                                  | 325                                   | 1900                                             | 1200                                  | 1200  | 1200    | 0     | 950     | 0     | 1050    | 0     | 1150    | 0     | 1250    | 0     | 1350    | 0     | 1450    |       |
| 0                       | 700                                       | 0                         | 700                                              | 0       | 1300                                  | 350                                   | 2000                                             | 1300                                  | 1300  | 1300    | 0     | 1000    | 0     | 1100    | 0     | 1200    | 0     | 1300    | 0     | 1400    | 0     | 1500    |       |
| 0                       | 750                                       | 0                         | 750                                              | 0       | 1400                                  | 375                                   | 2100                                             | 1400                                  | 1400  | 1400    | 0     | 1050    | 0     | 1150    | 0     | 1250    | 0     | 1350    | 0     | 1450    | 0     | 1550    |       |
| 0                       | 800                                       | 0                         | 800                                              | 0       | 1500                                  | 400                                   | 2200                                             | 1500                                  | 1500  | 1500    | 0     | 1100    | 0     | 1200    | 0     | 1300    | 0     | 1400    | 0     | 1500    | 0     | 1600    |       |
| 0                       | 850                                       | 0                         | 850                                              | 0       | 1600                                  | 425                                   | 2300                                             | 1600                                  | 1600  | 1600    | 0     | 1150    | 0     | 1250    | 0     | 1350    | 0     | 1450    | 0     | 1550    | 0     | 1650    |       |
| 0                       | 900                                       | 0                         | 900                                              | 0       | 1700                                  | 450                                   | 2400                                             | 1700                                  | 1700  | 1700    | 0     | 1200    | 0     | 1300    | 0     | 1400    | 0     | 1500    | 0     | 1600    | 0     | 1700    |       |
| 0                       | 950                                       | 0                         | 950                                              | 0       | 1800                                  | 475                                   | 2500                                             | 1800                                  | 1800  | 1800    | 0     | 1250    | 0     | 1350    | 0     | 1450    | 0     | 1550    | 0     | 1650    | 0     | 1750    |       |
| 0                       | 1000                                      | 0                         | 1000                                             | 0       | 1900                                  | 500                                   | 2600                                             | 1900                                  | 1900  | 1900    | 0     | 1300    | 0     | 1400    | 0     | 1500    | 0     | 1600    | 0     | 1700    | 0     | 1800    |       |
| 0                       | 1050                                      | 0                         | 1050                                             | 0       | 2000                                  | 525                                   | 2700                                             | 2000                                  | 2000  | 2000    | 0     | 1350    | 0     | 1450    | 0     | 1550    | 0     | 1650    | 0     | 1750    | 0     | 1850    |       |
| 0                       | 1100                                      | 0                         | 1100                                             | 0       | 2100                                  | 550                                   | 2800                                             | 2100                                  | 2100  | 2100    | 0     | 1400    | 0     | 1500    | 0     | 1600    | 0     | 1700    | 0     | 1800    | 0     | 1900    |       |
| 0                       | 1150                                      | 0                         | 1150                                             | 0       | 2200                                  | 575                                   | 2900                                             | 2200                                  | 2200  | 2200    | 0     | 1450    | 0     | 1550    | 0     | 1650    | 0     | 1750    | 0     | 1850    | 0     | 1950    |       |
| 0                       | 1200                                      | 0                         | 1200                                             | 0       | 2300                                  | 600                                   | 3000                                             | 2300                                  | 2300  | 2300    | 0     | 1500    | 0     | 1600    | 0     | 1700    | 0     | 1800    | 0     | 1900    | 0     | 2000    |       |
| 0                       | 1250                                      | 0                         | 1250                                             | 0       | 2400                                  | 625                                   | 3100                                             | 2400                                  | 2400  | 2400    | 0     | 1550    | 0     | 1650    | 0     | 1750    | 0     | 1850    | 0     | 1950    | 0     | 2050    |       |
| 0                       | 1300                                      | 0                         | 1300                                             | 0       | 2500                                  | 650                                   | 3200                                             | 2500                                  | 2500  | 2500    | 0     | 1600    | 0     | 1700    | 0     | 1800    | 0     | 1900    | 0     | 2000    | 0     | 2100    |       |
| 0                       | 1350                                      | 0                         | 1350                                             | 0       | 2600                                  | 675                                   | 3300                                             | 2600                                  | 2600  | 2600    | 0     | 1650    | 0     | 1750    | 0     | 1850    | 0     | 1950    | 0     | 2050    | 0     | 2150    |       |
| 0                       | 1400                                      | 0                         | 1400                                             | 0       | 2700                                  | 700                                   | 3400                                             | 2700                                  | 2700  | 2700    | 0     | 1700    | 0     | 1800    | 0     | 1900    | 0     | 2000    | 0     | 2100    | 0     | 2200    |       |
| 0                       | 1450                                      | 0                         | 1450                                             | 0       | 2800                                  | 725                                   | 3500                                             | 2800                                  | 2800  | 2800    | 0     | 1750    | 0     | 1850    | 0     | 1950    | 0     | 2050    | 0     | 2150    | 0     | 2250    |       |
| 0                       | 1500                                      | 0                         | 1500                                             | 0       | 2900                                  | 750                                   | 3600                                             | 2900                                  | 2900  | 2900    | 0     | 1800    | 0     | 1900    | 0     | 2000    | 0     | 2100    | 0     | 2200    | 0     | 2300    |       |
| 0                       | 1550                                      | 0                         | 1550                                             | 0       | 3000                                  | 775                                   | 3700                                             | 3000                                  | 3000  | 3000    | 0     | 1850    | 0     | 1950    | 0     | 2050    | 0     | 2150    | 0     | 2250    | 0     | 2350    |       |
| 0                       | 1600                                      | 0                         | 1600                                             | 0       | 3100                                  | 800                                   | 3800                                             | 3100                                  | 3100  | 3100    | 0     | 1900    | 0     | 2000    | 0     | 2100    | 0     | 2200    | 0     | 2300    | 0     | 2400    |       |
| 0                       | 1650                                      | 0                         | 1650                                             | 0       | 3200                                  | 825                                   | 3900                                             | 3200                                  | 3200  | 3200    | 0     | 1950    | 0     | 2050    | 0     | 2150    | 0     | 2250    | 0     | 2350    | 0     | 2450    |       |
| 0                       | 1700                                      | 0                         | 1700                                             | 0       | 3300                                  | 850                                   | 4000                                             | 3300                                  | 3300  | 3300    | 0     | 2000    | 0     | 2100    | 0     | 2200    | 0     | 2300    | 0     | 2400    | 0     | 2500    |       |
| 0                       | 1750                                      | 0                         | 1750                                             | 0       | 3400                                  | 875                                   | 4100                                             | 3400                                  | 3400  | 3400    | 0     | 2050    | 0     | 2150    | 0     | 2250    | 0     | 2350    | 0     | 2450    | 0     | 2550    |       |
| 0                       | 1800                                      | 0                         | 1800                                             | 0       | 3500                                  | 900                                   | 4200                                             | 3500                                  | 3500  | 3500    | 0     | 2100    | 0     | 2200    | 0     | 2300    | 0     | 2400    | 0     | 2500    | 0     | 2600    |       |
| 0                       | 1850                                      | 0                         | 1850                                             | 0       | 3600                                  | 925                                   | 4300                                             | 3600                                  | 3600  | 3600    | 0     | 2150    | 0     | 2250    | 0     | 2350    | 0     | 2450    | 0     | 2550    | 0     | 2650    |       |
| 0                       | 1900                                      | 0                         | 1900                                             | 0       | 3700                                  | 950                                   | 4400                                             | 3700                                  | 3700  | 3700    | 0     | 2200    | 0     | 2300    | 0     | 2400    | 0     | 2500    | 0     | 2600    | 0     | 2700    |       |
| 0                       | 1950                                      | 0                         | 1950                                             | 0       | 3800                                  | 975                                   | 4500                                             | 3800                                  | 3800  | 3800    | 0     | 2250    | 0     | 2350    | 0     | 2450    | 0     | 2550    | 0     | 2650    | 0     | 2750    |       |
| 0                       | 2000                                      | 0                         | 2000                                             | 0       | 3900                                  | 1000                                  | 4600                                             | 3900                                  | 3900  | 3900    | 0     | 2300    | 0     | 2400    | 0     | 2500    | 0     | 2600    | 0     | 2700    | 0     | 2800    |       |
| 0                       | 2050                                      | 0                         | 2050                                             | 0       | 4000                                  | 1025                                  | 4700                                             | 4000                                  | 4000  | 4000    | 0     | 2350    | 0     | 2450    | 0     | 2550    | 0     | 2650    | 0     | 2750    | 0     | 2850    |       |
| 0                       | 2100                                      | 0                         | 2100                                             | 0       | 4100                                  | 1050                                  | 4800                                             | 4100                                  | 4100  | 4100    | 0     | 2400    | 0     | 2500    | 0     | 2600    | 0     | 2700    | 0     | 2800    | 0     | 2900    |       |
| 0                       | 2150                                      | 0                         | 2150                                             | 0       | 4200                                  | 1075                                  | 4900                                             | 4200                                  | 4200  | 4200    | 0     | 2450    | 0     | 2550    | 0     | 2650    | 0     | 2750    | 0     | 2850    | 0     | 2950    |       |
| 0                       | 2200                                      | 0                         | 2200                                             | 0       | 4300                                  | 1100                                  | 5000                                             | 4300                                  | 4300  | 4300    | 0     | 2500    | 0     | 2600    | 0     | 2700    | 0     | 2800    | 0     | 2900    | 0     | 3000    |       |
| 0                       | 2250                                      | 0                         | 2250                                             | 0       | 4400                                  | 1125                                  | 5100                                             | 4400                                  | 4400  | 4400    | 0     | 2550    | 0     | 2650    | 0     | 2750    | 0     | 2850    | 0     | 2950    | 0     | 3050    |       |
| 0                       | 2300                                      | 0                         | 2300                                             | 0       | 4500                                  | 1150                                  | 5200                                             | 4500                                  | 4500  | 4500    | 0     | 2600    | 0     | 2700    | 0     | 2800    | 0     | 2900    | 0     | 3000    | 0     | 3100    |       |
| 0                       | 2350                                      | 0                         | 2350                                             | 0       | 4600                                  | 1175                                  | 5300                                             | 4600                                  | 4600  | 4600    | 0     | 2650    | 0     | 2750    | 0     | 2850    | 0     | 2950    | 0     | 3050    | 0     | 3150    |       |
| 0                       | 2400                                      | 0                         | 2400                                             | 0       | 4700                                  | 1200                                  | 5400                                             | 4700                                  | 4700  | 4700    | 0     | 2700    | 0     | 2800    | 0     | 2900    | 0     | 3000    | 0     | 3100    | 0     | 3200    |       |
| 0                       | 2450                                      | 0                         | 2450                                             | 0       | 4800                                  | 1225                                  | 5500                                             | 4800                                  | 4800  | 4800    | 0     | 2750    | 0     | 2850    | 0     | 2950    | 0     | 3050    | 0     | 3150    | 0     | 3250    |       |
| 0                       | 2500                                      | 0                         | 2500                                             | 0       | 4900                                  | 1250                                  | 5600                                             | 4900                                  | 4900  | 4900    | 0     | 2800    | 0     | 2900    | 0     | 3000    | 0     | 3100    | 0     | 3200    | 0     | 3300    |       |
| 0                       | 2550                                      | 0                         | 2550                                             | 0       | 5000                                  | 1275                                  | 5700                                             | 5000                                  | 5000  | 5000    | 0     | 2850    | 0     | 2950    | 0     | 3050    | 0     | 3150    | 0     | 3250    | 0     | 3350    |       |
| 0                       | 2600                                      | 0                         | 2600                                             | 0       | 5100                                  | 1300                                  | 5800                                             | 5100                                  | 5100  | 5100    | 0     | 2900    | 0     | 3000    | 0     | 3100    | 0     | 3200    | 0     | 3300    | 0     | 3400    |       |
| 0                       | 2650                                      | 0                         | 2650                                             | 0       | 5200                                  | 1325                                  | 5900                                             | 5200                                  | 5200  | 5200    | 0     | 2950    | 0     | 3050    | 0     | 3150    | 0     | 3250    | 0     | 3350    | 0     | 3450    |       |
| 0                       | 2700                                      | 0                         | 2700                                             | 0       | 5300                                  | 1350                                  | 6000                                             | 5300                                  | 5300  | 5300    | 0     | 3000    | 0     | 3100</  |       |         |       |         |       |         |       |         |       |

Таблица 16.

## Точность изготовления рабочих калибров и калибров приемщиков по DIN — 2057

У предельных рабочих калибров допустимые ошибки изготовления должны быть направлены:

1) для приемной стороны в сторону обратную износу, т. е. положительный допуск для пробок в отрицательный для скоб;

2) для браковочной стороны, в виду ее незначительного износа, допуск на изготовление распределяется поровну в обе стороны от номинального размера браковочной стороны, причем допуск по своей абсолютной величине равен допуску на неточность изготовления приемной стороны.

Допуск на неточность изготовления калибров приемщиков берется соответственно допуску на изготовление браковочной стороны рабочих калибров.

Допуски в  $\mu$  ( $1 \mu = 0,001 \text{ мм}$ ).

| Пределы диаметров  |    | Допустимая ошибка при                         |                 |                 |                 |                                               |                 |                 |                 |
|--------------------|----|-----------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                    |    | 1 класс точности                              |                 |                 |                 | 2 класс точности                              |                 |                 |                 |
|                    |    | пробки — плоские калибры — стержневые калибры |                 | скобы           |                 | пробки — плоские калибры — стержневые калибры |                 | скобы           |                 |
| Номинальный размер | мм | приемн. сторона                               | браков. сторона | приемн. сторона | браков. сторона | приемн. сторона                               | браков. сторона | приемн. сторона | браков. сторона |
| выше 1 до 3        |    | —                                             | —               | —               | —               | + 2,5                                         | + 1,3           | — 2,5           | + 1,3           |
| 3 . 6              |    | + 2,0                                         | + 1,0           | — 2,0           | + 1,0           | + 3,0                                         | + 1,5           | — 3,0           | + 1,5           |
| 6 . 10             |    | + 2,5                                         | + 1,3           | — 2,5           | + 1,3           | + 4,0                                         | + 2,0           | — 4,0           | + 2,0           |
| 10 . 18            |    | + 2,5                                         | + 1,3           | — 2,5           | + 1,3           | + 4,5                                         | + 2,3           | — 4,5           | + 2,3           |
| 18 . 30            |    | + 3,0                                         | + 1,5           | — 3,0           | + 1,5           | + 4,5                                         | + 2,3           | — 4,5           | + 2,3           |
| 30 . 50            |    | + 3,5                                         | + 1,8           | — 3,5           | + 1,8           | + 5,0                                         | + 2,5           | — 5,0           | + 2,5           |
| 50 . 80            |    | + 4,0                                         | + 2,0           | — 4,0           | + 2,0           | + 6,5                                         | + 3,3           | — 6,5           | + 3,3           |
| 80 . 120           |    | + 5,5                                         | + 2,8           | — 5,5           | + 2,8           | + 8,5                                         | + 4,3           | — 8,5           | + 4,3           |
| 120 . 180          |    | + 7,0                                         | + 3,5           | — 7,0           | + 3,5           | + 10,0                                        | + 5,0           | — 10,0          | + 5,0           |
| 180 . 260          |    | + 9,0                                         | + 4,5           | — 9,0           | + 4,5           | + 12,0                                        | + 6,0           | — 12,0          | + 6,0           |
| 260 . 360          |    | + 12,0                                        | + 6,0           | — 12,0          | + 6,0           | + 16,0                                        | + 8,0           | — 16,0          | + 8,0           |
| 360 . 430          |    | + 14,0                                        | + 7,0           | — 14,0          | + 7,0           | + 18,0                                        | + 9,0           | — 18,0          | + 9,0           |
| 430 . 500          |    | + 16,0                                        | + 8,0           | — 16,0          | + 8,0           | + 20,0                                        | + 10,0          | — 20,0          | + 10,0          |

| Пределы диаметров  |    | Допустимая ошибка при                         |                 |                 |                 |                                               |                 |                 |                 |
|--------------------|----|-----------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                    |    | 3 класс точности                              |                 |                 |                 | 4 класс точности                              |                 |                 |                 |
|                    |    | пробки — плоские калибры — стержневые калибры |                 | скобы           |                 | пробки — плоские калибры — стержневые калибры |                 | скобы           |                 |
| Номинальный размер | мм | приемн. сторона                               | браков. сторона | приемн. сторона | браков. сторона | приемн. сторона                               | браков. сторона | приемн. сторона | браков. сторона |
| выше 1 до 3        |    | + 6                                           | + 3             | — 6             | + 3             | + 10                                          | + 5             | — 10            | + 5             |
| 3 . 6              |    | + 6                                           | + 3             | — 6             | + 3             | + 10                                          | + 5             | — 10            | + 5             |
| 6 . 10             |    | + 6                                           | + 3             | — 6             | + 3             | + 10                                          | + 5             | — 10            | + 5             |
| 10 . 30            |    | + 7                                           | + 3,5           | — 7             | + 3,5           | + 12                                          | + 6             | — 12            | + 6             |
| 30 . 50            |    | + 8                                           | + 4             | — 8             | + 4             | + 12                                          | + 6             | — 12            | + 6             |
| 50 . 80            |    | + 10                                          | + 5             | — 10            | + 5             | + 14                                          | + 7             | — 14            | + 7             |
| 80 . 120           |    | + 12                                          | + 6             | — 12            | + 6             | + 18                                          | + 9             | — 18            | + 9             |
| 120 . 180          |    | + 14                                          | + 7             | — 14            | + 7             | + 22                                          | + 11            | — 22            | + 11            |
| 180 . 260          |    | + 18                                          | + 9             | — 18            | + 9             | + 28                                          | + 14            | — 28            | + 14            |
| 260 . 360          |    | + 22                                          | + 11            | — 22            | + 11            | + 36                                          | + 18            | — 36            | + 18            |
| 360 . 430          |    | + 26                                          | + 13            | — 26            | + 13            | + 44                                          | + 22            | — 44            | + 22            |
| 430 . 500          |    | + 30                                          | + 15            | — 30            | + 15            | + 50                                          | + 25            | — 50            | + 25            |

Таблица 17.

Допустимый износ приемной стороны рабочих калибров по DIN.

Величины износа в р.

Система вала.

| Пределы диаметров<br>мм |      |     | С к о б ы                                             |                     |                     |                     | Пробки — плоские калибры —<br>стержневые калибры |                         |      |     |     |                |       |
|-------------------------|------|-----|-------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|------|-----|-----|----------------|-------|
|                         |      |     | 1 класс<br>точности                                   | 2 класс<br>точности | 3 класс<br>точности | 4 класс<br>точности | 1 кл.                                            | 2 класс точности        |      |     |     | 3 кл.          | 4 кл. |
|                         |      |     |                                                       |                     |                     |                     | все по-<br>садки                                 | P, F, T, H,<br>S, G, EL | L    | LL  | WL  | все<br>посадки |       |
| выше                    | 1 до | 3   | —                                                     | 1,5                 | 3                   | 9                   | —                                                | 2                       | 2,5  | 3   | 3   | 3              | 9     |
| •                       | 3    | 6   | 1,5                                                   | 2                   | 5                   | 12                  | 2                                                | 3                       | 3    | 4   | 5   | 5              | 12    |
| •                       | 6    | 10  | 2                                                     | 2,5                 | 5                   | 15                  | 2,5                                              | 3,5                     | 4    | 5   | 5   | 5              | 15    |
| •                       | 10   | 18  | 2,5                                                   | 3                   | 8                   | 18                  | 3                                                | 4                       | 5    | 6   | 8   | 8              | 18    |
| •                       | 18   | 30  | 3                                                     | 4                   | 8                   | 22                  | 4                                                | 5                       | 6    | 8   | 8   | 8              | 22    |
| •                       | 30   | 50  | 3,5                                                   | 4,5                 | 10                  | 25                  | 4,5                                              | 6                       | 7    | 9   | 10  | 10             | 25    |
| •                       | 50   | 80  | 4                                                     | 5                   | 12                  | 30                  | 5                                                | 7                       | 8    | 10  | 12  | 12             | 30    |
| •                       | 80   | 120 | 4,5                                                   | 6                   | 15                  | 35                  | 6                                                | 8                       | 9    | 11  | 15  | 15             | 35    |
| •                       | 120  | 180 | 5                                                     | 7                   | 15                  | 40                  | 7                                                | 9                       | 10   | 13  | 15  | 15             | 40    |
| •                       | 180  | 260 | 6                                                     | 8                   | 20                  | 45                  | 8                                                | 10                      | 12   | 15  | 20  | 20             | 45    |
| •                       | 260  | 360 | 7                                                     | 9                   | 20                  | 50                  | 9                                                | 12                      | 14   | 18  | 20  | 20             | 50    |
| •                       | 360  | 500 | 8                                                     | 10                  | 25                  | 60                  | 10                                               | 14                      | 16   | 20  | 25  | 25             | 60    |
| Единиц допуска          |      |     | 0,2                                                   | 0,25                | 0,6                 | 1,5                 | 0,25                                             | 0,35                    | 0,4  | 0,5 | 0,6 | 0,6            | 1,5   |
| Система отверстия.      |      |     |                                                       |                     |                     |                     |                                                  |                         |      |     |     |                |       |
| Пределы диаметров<br>мм |      |     | Пробки — плоские ка-<br>либры — стержневые<br>калибры |                     |                     |                     | С к о б ы                                        |                         |      |     |     |                |       |
|                         |      |     | 1 класс<br>точности                                   | 2 класс<br>точности | 3 класс<br>точности | 4 класс<br>точности | 1 кл.                                            | 2 класс точности        |      |     |     | 3 кл.          | 4 кл. |
|                         |      |     |                                                       |                     |                     |                     | все посадки                                      | P, F, T, H,<br>S, G, EL | L    | LL  | WZ  | все<br>посадки |       |
| выше                    | 1 до | 3   | —                                                     | 2                   | 3                   | 9                   | —                                                | 1,5                     | 2    | 2,5 | 3   | 3              | 9     |
| •                       | 3    | 6   | 2                                                     | 3                   | 5                   | 12                  | 1,5                                              | 2                       | 3    | 3   | 4   | 5              | 12    |
| •                       | 6    | 10  | 2,5                                                   | 3,5                 | 5                   | 15                  | 2,5                                              | 2,5                     | 3,5  | 4   | 5   | 5              | 15    |
| •                       | 10   | 18  | 3                                                     | 4                   | 8                   | 18                  | 3                                                | 4                       | 5    | 6   | 8   | 8              | 18    |
| •                       | 18   | 30  | 4                                                     | 5                   | 8                   | 22                  | 3,5                                              | 4                       | 5    | 6   | 8   | 8              | 22    |
| •                       | 30   | 50  | 4,5                                                   | 6                   | 10                  | 25                  | 3,5                                              | 4,5                     | 6    | 7   | 9   | 10             | 25    |
| •                       | 50   | 80  | 5                                                     | 7                   | 12                  | 30                  | 4                                                | 5                       | 7    | 8   | 10  | 12             | 30    |
| •                       | 80   | 120 | 6                                                     | 8                   | 15                  | 35                  | 4,5                                              | 6                       | 8    | 9   | 11  | 15             | 35    |
| •                       | 120  | 180 | 7                                                     | 9                   | 15                  | 40                  | 5                                                | 7                       | 9    | 10  | 13  | 15             | 40    |
| •                       | 180  | 260 | 8                                                     | 10                  | 20                  | 45                  | 6                                                | 8                       | 10   | 12  | 15  | 20             | 45    |
| •                       | 260  | 360 | 9                                                     | 12                  | 20                  | 50                  | 7                                                | 9                       | 12   | 14  | 18  | 20             | 50    |
| •                       | 360  | 500 | 10                                                    | 14                  | 25                  | 60                  | 8                                                | 10                      | 14   | 16  | 20  | 25             | 60    |
| Единиц допуска          |      |     | 0,25                                                  | 0,35                | 0,6                 | 1,5                 | 0,2                                              | 0,25                    | 0,35 | 0,4 | 0,5 | 0,6            | 1,5   |

**ТАБЛИЦА 18а.**

**Допуски и посадки по системе DIN. Калибры приемщиков.**

## Система отверстий.

Размеры указаны в  $\mu$  ( $1 \mu = 0,001$  мм); калыбы клеить в мм.

[illegible]

Таблица 186.

Допуски и посадки по системе DIN. Калибры приемщиков.

Система отверстий.

Размеры указаны в  $\mu$  ( $1 \mu = 0,001 \text{ мм}$ ); калибры клеить в мм.

| Пределы диаметров<br>мм | 2 к л а с с (точная сборка)                                                    |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|                         | С к л а с с                                                                    |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |
|                         | С к л а с с                                                                    |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |
|                         | С к л а с с                                                                    |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |
| Treibstz<br>T           | Haftstz<br>H                                                                   | Schiebesitz<br>S                                                               | Gleitsitz<br>G                                                                 | Enger<br>Laufstz<br>EL                                                         | Laufstz<br>L                                                                   | Leichter<br>Laufstz<br>LL                                                      | Weiter<br>Laufstz<br>WL                                                        | Р а з м е р ы                                                                  |                                                                                |                                                                                |                                                                                | Р а з м е р ы                                                                  |                                                                                |                                                                                |                                                                                |
|                         |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                |                                                                                | +<br>стопны                                                                    | +<br>прием.                                                                    | -<br>стопны                                                                    | -<br>брак.                                                                     | +<br>стопны                                                                    | +<br>прием.                                                                    | -<br>стопны                                                                    | -<br>брак.                                                                     |
| 1 до<br>выше            | 3<br>6<br>10<br>18<br>30<br>50<br>80<br>120<br>180<br>260<br>360<br>430<br>500 | 3<br>6<br>10<br>18<br>30<br>50<br>80<br>120<br>180<br>260<br>360<br>430<br>500 | 3<br>6<br>10<br>18<br>30<br>50<br>80<br>120<br>180<br>260<br>360<br>430<br>500 | 3<br>6<br>10<br>18<br>30<br>50<br>80<br>120<br>180<br>260<br>360<br>430<br>500 | 3<br>6<br>10<br>18<br>30<br>50<br>80<br>120<br>180<br>260<br>360<br>430<br>500 | 3<br>6<br>10<br>18<br>30<br>50<br>80<br>120<br>180<br>260<br>360<br>430<br>500 | 3<br>6<br>10<br>18<br>30<br>50<br>80<br>120<br>180<br>260<br>360<br>430<br>500 | 3<br>6<br>10<br>18<br>30<br>50<br>80<br>120<br>180<br>260<br>360<br>430<br>500 | 3<br>6<br>10<br>18<br>30<br>50<br>80<br>120<br>180<br>260<br>360<br>430<br>500 | 3<br>6<br>10<br>18<br>30<br>50<br>80<br>120<br>180<br>260<br>360<br>430<br>500 | 3<br>6<br>10<br>18<br>30<br>50<br>80<br>120<br>180<br>260<br>360<br>430<br>500 | 3<br>6<br>10<br>18<br>30<br>50<br>80<br>120<br>180<br>260<br>360<br>430<br>500 | 3<br>6<br>10<br>18<br>30<br>50<br>80<br>120<br>180<br>260<br>360<br>430<br>500 | 3<br>6<br>10<br>18<br>30<br>50<br>80<br>120<br>180<br>260<br>360<br>430<br>500 | 3<br>6<br>10<br>18<br>30<br>50<br>80<br>120<br>180<br>260<br>360<br>430<br>500 |
| 10,5                    | 1,7                                                                            | 7,5                                                                            | 1,3                                                                            | 4,5                                                                            | 4,3                                                                            | 1,5                                                                            | 7,3                                                                            | 1,5                                                                            | 10,3                                                                           | 7                                                                              | 19,3                                                                           | 15,5                                                                           | 31,3                                                                           | 27                                                                             | 51,3                                                                           |
| 14                      | 2,5                                                                            | 10                                                                             | 1,5                                                                            | 6                                                                              | 5,5                                                                            | 2                                                                              | 9,5                                                                            | 2                                                                              | 13,5                                                                           | 9                                                                              | 26,5                                                                           | 22                                                                             | 41,5                                                                           | 36                                                                             | 61,5                                                                           |
| 17,5                    | 3                                                                              | 12,5                                                                           | 2                                                                              | 7,5                                                                            | 7                                                                              | 2,5                                                                            | 12                                                                             | 2,5                                                                            | 17                                                                             | 11,5                                                                           | 32                                                                             | 26                                                                             | 52                                                                             | 45                                                                             | 77                                                                             |
| 21                      | 4                                                                              | 15                                                                             | 2,3                                                                            | 9                                                                              | 8,3                                                                            | 3                                                                              | 14,3                                                                           | 3                                                                              | 20,3                                                                           | 14                                                                             | 37,3                                                                           | 30                                                                             | 62,3                                                                           | 54                                                                             | 92,3                                                                           |
| 26                      | 5,7                                                                            | 19                                                                             | 2,3                                                                            | 12                                                                             | 10,3                                                                           | 4                                                                              | 17,3                                                                           | 4                                                                              | 24,3                                                                           | 17                                                                             | 47,3                                                                           | 39                                                                             | 72,3                                                                           | 62                                                                             | 112,3                                                                          |
| 29,5                    | 6,5                                                                            | 22,5                                                                           | 2,5                                                                            | 13,5                                                                           | 11,5                                                                           | 4,5                                                                            | 20,5                                                                           | 4,5                                                                            | 27,5                                                                           | 19                                                                             | 52,5                                                                           | 43                                                                             | 82,5                                                                           | 71                                                                             | 132,5                                                                          |
| 35                      | 6,7                                                                            | 25                                                                             | 3,3                                                                            | 15                                                                             | 13,3                                                                           | 5                                                                              | 23,3                                                                           | 5                                                                              | 33,3                                                                           | 23                                                                             | 63,3                                                                           | 52                                                                             | 103,3                                                                          | 90                                                                             | 153,3                                                                          |
| 41                      | 6,7                                                                            | 28                                                                             | 4,3                                                                            | 17                                                                             | 15,3                                                                           | 6                                                                              | 26,3                                                                           | 6                                                                              | 39,3                                                                           | 27                                                                             | 74,3                                                                           | 61                                                                             | 124,3                                                                          | 109                                                                            | 184,3                                                                          |
| 47                      | 8                                                                              | 32                                                                             | 5                                                                              | 20                                                                             | 18                                                                             | 7                                                                              | 30                                                                             | 7                                                                              | 45                                                                             | 31                                                                             | 85                                                                             | 70                                                                             | 145                                                                            | 127                                                                            | 205                                                                            |
| 53                      | 9                                                                              | 38                                                                             | 6                                                                              | 23                                                                             | 21                                                                             | 8                                                                              | 36                                                                             | 8                                                                              | 51                                                                             | 35                                                                             | 96                                                                             | 78                                                                             | 156                                                                            | 135                                                                            | 226                                                                            |
| 59                      | 10                                                                             | 44                                                                             | 8                                                                              | 27                                                                             | 26                                                                             | 9                                                                              | 43                                                                             | 9                                                                              | 58                                                                             | 38                                                                             | 108                                                                            | 86                                                                             | 178                                                                            | 152                                                                            | 258                                                                            |
| 70                      | 11                                                                             | 50                                                                             | 9                                                                              | 30                                                                             | 29                                                                             | 10                                                                             | 49                                                                             | 10                                                                             | 69                                                                             | 46                                                                             | 129                                                                            | 104                                                                            | 209                                                                            | 180                                                                            | 289                                                                            |
| 70                      | 10                                                                             | 50                                                                             | 10                                                                             | 30                                                                             | 30                                                                             | 10                                                                             | 50                                                                             | 10                                                                             | 70                                                                             | 46                                                                             | 130                                                                            | 104                                                                            | 210                                                                            | 180                                                                            | 290                                                                            |

**Система отверстий.**

Размеры указаны в  $\mu$  ( $1 \mu = 0,001$  мм); калибры клеймить в мм

231

**ТАБЛИЦА 19а.**

**Допуски и посадки по системе DIN. Калибры приемников.**

**Система яла.**

Размеры указаны в микронах ( $1 \mu = 0,001 \text{ мм}$ ). На калибрах клеймить размеры в мм.

[illegible]

Таблица 196.

Допуски и посадки по системе DIN. Калибры приемников.

Система ваз.

Размеры указаны в микронах ( $1 \mu = 0,001 \text{ мм}$ ). На калибрах клеймить размеры в мм.

| 2 к л а с с                                   |     |                         |      |                          |      |                         |     |                          |     |                         |     |                            |     |                          |     |                          |     |
|-----------------------------------------------|-----|-------------------------|------|--------------------------|------|-------------------------|-----|--------------------------|-----|-------------------------|-----|----------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|
| пробки — плоские калибры — стержневые калибры |     |                         |      |                          |      |                         |     |                          |     |                         |     |                            |     |                          |     |                          |     |
| Treibsitz<br>T                                |     | Haftsitz<br>H           |      | Schiebsitz<br>S          |      | Gleitsitz<br>G          |     | Enger<br>Laufsitz<br>EL  |     | Laufsitz<br>L           |     | Leichter<br>Laufsitz<br>LL |     | Weiter<br>Laufsitz<br>WL |     |                          |     |
| Р а з м е р ы                                 |     |                         |      |                          |      |                         |     |                          |     |                         |     |                            |     |                          |     |                          |     |
| +<br>браков.<br>сторонь                       |     | +<br>браков.<br>сторонь |      | -<br>приемные<br>сторонь |      | +<br>браков.<br>сторонь |     | -<br>приемные<br>сторонь |     | +<br>браков.<br>сторонь |     | +<br>приемные<br>сторонь   |     | +<br>браков.<br>сторонь  |     | +<br>приемные<br>сторонь |     |
| 1 до                                          | 3   | 1,3                     | 11   | 4,3                      | 8    | 7,3                     | 5   | 10,3                     | 2   | 13,3                    | 1   | 21,3                       | 6,5 | 36,3                     | 15  | 51,3                     | 27  |
| 3 "                                           | 6   | 1,5                     | 15   | 5,5                      | 11   | 9,5                     | 7   | 13,5                     | 3   | 16,5                    | 1   | 31,5                       | 9   | 46,5                     | 21  | 61,5                     | 35  |
| 6 "                                           | 10  | 2                       | 18,5 | 7                        | 13,5 | 12                      | 8,5 | 17                       | 3,5 | 22                      | 1,5 | 37                         | 11  | 57                       | 25  | 82                       | 45  |
| 10 "                                          | 18  | 2,3                     | 22   | 8,3                      | 16   | 14,3                    | 10  | 20,3                     | 4   | 27,3                    | 2   | 42,3                       | 13  | 67,3                     | 29  | 102,3                    | 52  |
| 18 "                                          | 30  | 2,5                     | 27   | 10,3                     | 20   | 17,3                    | 13  | 24,3                     | 5   | 32,3                    | 3   | 52,3                       | 16  | 82,3                     | 37  | 122,3                    | 62  |
| 30 "                                          | 50  | 3                       | 31   | 11,5                     | 24   | 20,5                    | 15  | 27,5                     | 6   | 37,5                    | 3   | 62,5                       | 18  | 97,5                     | 41  | 142,5                    | 70  |
| 50 "                                          | 80  | 3,3                     | 37   | 13,3                     | 27   | 23,3                    | 17  | 33,3                     | 7   | 43,3                    | 3   | 73,3                       | 22  | 113,3                    | 50  | 163,3                    | 88  |
| 80 "                                          | 120 | 4,3                     | 43   | 15,3                     | 30   | 26,3                    | 19  | 39,3                     | 8   | 49,3                    | 3   | 84,3                       | 26  | 134,3                    | 59  | 184,3                    | 105 |
| 120 "                                         | 180 | 5                       | 49   | 18                       | 34   | 30                      | 22  | 45                       | 9   | 55                      | 4   | 100                        | 30  | 155                      | 67  | 215                      | 125 |
| 180 "                                         | 260 | 6                       | 55   | 21                       | 40   | 36                      | 25  | 51                       | 10  | 66                      | 5   | 111                        | 33  | 176                      | 75  | 246                      | 130 |
| 260 "                                         | 360 | 8                       | 62   | 26                       | 47   | 43                      | 30  | 58                       | 12  | 78                      | 6   | 128                        | 36  | 198                      | 82  | 278                      | 150 |
| 360 "                                         | 430 | 9                       | 74   | 29                       | 54   | 49                      | 34  | 69                       | 14  | 89                      | 6   | 149                        | 44  | 229                      | 100 | 309                      | 175 |
| 430 "                                         | 500 | 10                      | 74   | 30                       | 54   | 50                      | 34  | 70                       | 14  | 90                      | 6   | 150                        | 44  | 230                      | 100 | 310                      | 175 |

**Допуски и посадки по системе DIN. Калибры приемщиков.**

## Система вала.

Размеры указаны в микронах ( $1 \mu = 0,001 \text{ мм}$ ). На калибрах клеймить размеры в мм.

[illegible]

Таблица 20.

**Допуски на изготовление контрольных калибров.  
Контрольные калибры для проверки скоб по DIN 2058.**

Размеры в  $\mu$  ( $1 \mu = 0,001 \text{ мм}$ ).

| Пределы диаметров<br>мм |      |     | К.—калибры 1-го класса.<br>Для проверки калибров<br>1-го класса точности |                                 | К.—калибры 2-го клас-<br>са. Для проверки ка-<br>либров 2-го класса<br>точности |                                 | К.—калибры 3-го клас-<br>са. Для проверки ка-<br>либров 3-го и 4-го клас-<br>сов точности |                                 |
|-------------------------|------|-----|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|                         |      |     | для изношен.<br>приемной сто-<br>роны и для<br>браковочной<br>стороны    | для нов.<br>приемной<br>стороны | для изношен.<br>приемной сто-<br>роны и для<br>браковочной<br>стороны           | для нов.<br>приемной<br>стороны | для изношен.<br>приемной сто-<br>роны и для<br>браковочной<br>стороны                     | для нов.<br>приемной<br>стороны |
| выше                    | 1 до | 3   | —                                                                        | —                               | $\pm 1,0$                                                                       | $\pm 2,0$                       | $\pm 1,5$                                                                                 | $\pm 3,0$                       |
|                         | 3    | 6   | $\pm 0,7$                                                                | $\pm 1,4$                       | $\pm 1,0$                                                                       | $\pm 2,0$                       | $\pm 1,5$                                                                                 | $\pm 3,0$                       |
|                         | 6    | 10  | $\pm 0,8$                                                                | $\pm 1,6$                       | $\pm 1,3$                                                                       | $\pm 2,5$                       | $\pm 1,8$                                                                                 | $\pm 3,5$                       |
|                         | 10   | 18  | $\pm 0,9$                                                                | $\pm 1,8$                       | $\pm 1,3$                                                                       | $\pm 2,5$                       | $\pm 2,0$                                                                                 | $\pm 4,0$                       |
|                         | 18   | 30  | $\pm 1,0$                                                                | $\pm 2,0$                       | $\pm 1,5$                                                                       | $\pm 3,0$                       | $\pm 2,3$                                                                                 | $\pm 4,5$                       |
|                         | 30   | 50  | $\pm 1,3$                                                                | $\pm 2,5$                       | $\pm 1,8$                                                                       | $\pm 3,5$                       | $\pm 2,5$                                                                                 | $\pm 5,0$                       |
|                         | 50   | 80  | $\pm 1,5$                                                                | $\pm 3,0$                       | $\pm 2,0$                                                                       | $\pm 4,0$                       | $\pm 3,0$                                                                                 | $\pm 6,0$                       |
|                         | 80   | 120 | $\pm 2,0$                                                                | $\pm 4,0$                       | $\pm 2,8$                                                                       | $\pm 5,5$                       | $\pm 4,0$                                                                                 | $\pm 8,0$                       |
|                         | 120  | 180 | $\pm 2,5$                                                                | $\pm 5,0$                       | $\pm 3,5$                                                                       | $\pm 7,0$                       | $\pm 5,0$                                                                                 | $\pm 10,0$                      |
|                         | 180  | 260 | $\pm 3,0$                                                                | $\pm 6,0$                       | $\pm 4,5$                                                                       | $\pm 9,0$                       | $\pm 7,0$                                                                                 | $\pm 14,0$                      |
|                         | 260  | 360 | $\pm 4,0$                                                                | $\pm 8,0$                       | $\pm 6,0$                                                                       | $\pm 12,0$                      | $\pm 9,0$                                                                                 | $\pm 18,0$                      |
|                         | 360  | 430 | $\pm 5,0$                                                                | $\pm 10,0$                      | $\pm 7,0$                                                                       | $\pm 14,0$                      | $\pm 10,0$                                                                                | $\pm 20,0$                      |
|                         | 430  | 500 | $\pm 6,0$                                                                | $\pm 12,0$                      | $\pm 8,0$                                                                       | $\pm 16,0$                      | $\pm 11,0$                                                                                | $\pm 22,0$                      |

Таблица 21.

**Допуски на изготовление контрольных калибров.  
Контрольные калибры для проверки пробок по DIN 2059.**

Пробки, плоские калибры и стержневые калибры лучше всего проверять при помощи концевых калибров (проверкой на ольтиметре, на мерительной машине и пр.). В тех случаях, когда это невозможно, калибры для проверки отверстий проверяются контрольными скобами, изготовленными с указанной ниже степенью точности, причем обычно ограничиваются одной скобой для вполне изношенной приемной стороны.

| Пределы диаметров<br>мм |      |     | К.—калибры 1-го класса.<br>Для проверки калибров<br>1-го класса точности |                                 | К.—калибры 2-го клас-<br>са. Для проверки ка-<br>либров 2-го класса<br>точности |                                 | К.—калибры 3-го клас-<br>са. Для проверки ка-<br>либров 3-го и 4-го клас-<br>сов точности |                                 |
|-------------------------|------|-----|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|                         |      |     | для изношен.<br>приемной сто-<br>роны и для<br>браковочной<br>стороны    | для нов.<br>приемной<br>стороны | для изношен.<br>приемной сто-<br>роны и для<br>браковочной<br>стороны           | для нов.<br>приемной<br>стороны | для изношен.<br>приемной сто-<br>роны и для<br>браковочной<br>стороны                     | для нов.<br>приемной<br>стороны |
| выше                    | 1 до | 3   | —                                                                        | —                               | $\pm 1,0$                                                                       | $\pm 2,0$                       | $\pm 1,5$                                                                                 | $\pm 3,0$                       |
|                         | 3    | 6   | $\pm 0,7$                                                                | $\pm 1,4$                       | $\pm 1,0$                                                                       | $\pm 2,0$                       | $\pm 1,5$                                                                                 | $\pm 3,0$                       |
|                         | 6    | 10  | $\pm 0,8$                                                                | $\pm 1,6$                       | $\pm 1,3$                                                                       | $\pm 2,5$                       | $\pm 1,8$                                                                                 | $\pm 3,5$                       |
|                         | 10   | 18  | $\pm 0,9$                                                                | $\pm 1,8$                       | $\pm 1,3$                                                                       | $\pm 2,5$                       | $\pm 2,0$                                                                                 | $\pm 4,0$                       |
|                         | 18   | 30  | $\pm 1,0$                                                                | $\pm 2,0$                       | $\pm 1,5$                                                                       | $\pm 3,0$                       | $\pm 2,3$                                                                                 | $\pm 4,5$                       |
|                         | 30   | 50  | $\pm 1,3$                                                                | $\pm 2,5$                       | $\pm 1,8$                                                                       | $\pm 3,5$                       | $\pm 2,5$                                                                                 | $\pm 5,0$                       |
|                         | 50   | 80  | $\pm 1,5$                                                                | $\pm 3,0$                       | $\pm 2,0$                                                                       | $\pm 4,0$                       | $\pm 3,0$                                                                                 | $\pm 6,0$                       |
|                         | 80   | 120 | $\pm 2,0$                                                                | $\pm 4,0$                       | $\pm 2,8$                                                                       | $\pm 5,5$                       | $\pm 4,0$                                                                                 | $\pm 8,0$                       |
|                         | 120  | 180 | $\pm 2,5$                                                                | $\pm 5,0$                       | $\pm 3,5$                                                                       | $\pm 7,0$                       | $\pm 5,0$                                                                                 | $\pm 10,0$                      |
|                         | 180  | 260 | $\pm 3,0$                                                                | $\pm 6,0$                       | $\pm 4,5$                                                                       | $\pm 9,0$                       | $\pm 7,0$                                                                                 | $\pm 14,0$                      |
|                         | 260  | 360 | $\pm 4,0$                                                                | $\pm 8,0$                       | $\pm 6,0$                                                                       | $\pm 12,0$                      | $\pm 9,0$                                                                                 | $\pm 18,0$                      |
|                         | 360  | 430 | $\pm 5,0$                                                                | $\pm 10,0$                      | $\pm 7,0$                                                                       | $\pm 14,0$                      | $\pm 10,0$                                                                                | $\pm 20,0$                      |
|                         | 430  | 500 | $\pm 6,0$                                                                | $\pm 12,0$                      | $\pm 8,0$                                                                       | $\pm 16,0$                      | $\pm 11,0$                                                                                | $\pm 22,0$                      |

Таблица 22.

| Совет труда и обороны<br>Комитет<br>по стандартизации | Общесоюзный стандарт                                           |                          | ОСТ 1011                |                             |                           |                             |                 |     |     |    |      |    |    |    |    |    |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|-----|-----|----|------|----|----|----|----|----|
|                                                       | ДОПУСКИ и ПОСАДКИ                                              |                          | МВИ (I. I. В): 620      |                             |                           |                             |                 |     |     |    |      |    |    |    |    |    |
|                                                       | Система отверстий. I-й класс точности<br>Предельные отклонения |                          |                         |                             |                           |                             |                 |     |     |    |      |    |    |    |    |    |
| Номинальные диаметры<br>мм                            | Размеры в микронах (1 микрон = 1 μ = 0,001 мм)                 |                          |                         |                             |                           |                             |                 |     |     |    |      |    |    |    |    |    |
|                                                       | Отклонения<br>отверстия<br>A <sub>1</sub>                      | Посадки                  |                         |                             |                           |                             |                 |     |     |    |      |    |    |    |    |    |
|                                                       |                                                                | глухая<br>Γ <sub>1</sub> | тугая<br>T <sub>1</sub> | напряжен.<br>H <sub>1</sub> | плотная<br>Π <sub>1</sub> | скользящ.<br>C <sub>1</sub> | Отклонения вала |     |     |    |      |    |    |    |    |    |
|                                                       |                                                                |                          |                         |                             |                           |                             | в.              | н.  | в.  | н. | в.   | н. |    |    |    |    |
|                                                       |                                                                |                          |                         |                             |                           |                             |                 |     |     |    |      |    | в. | н. | в. | н. |
|                                                       |                                                                |                          |                         |                             |                           |                             |                 |     |     |    |      |    |    |    |    |    |
| от 1 до 3 {                                           | 0                                                              | + 6                      | + 10                    | + 8                         | + 4                       | + 5                         | + 1             | + 2 | - 2 | 0  | - 4  |    |    |    |    |    |
| св. 3 . 6 {                                           | 0                                                              | + 8                      | + 13                    | + 10                        | + 5                       | + 6                         | + 1             | + 3 | - 2 | 0  | - 5  |    |    |    |    |    |
| . 6 . 10 {                                            | 0                                                              | + 9                      | + 16                    | + 12                        | + 6                       | + 8                         | + 2             | + 4 | - 3 | 0  | - 6  |    |    |    |    |    |
| . 10 . 18 {                                           | 0                                                              | + 11                     | + 20                    | + 15                        | + 7                       | + 10                        | + 2             | + 5 | - 3 | 0  | - 8  |    |    |    |    |    |
| . 18 . 30 {                                           | 0                                                              | + 13                     | + 24                    | + 17                        | + 8                       | + 12                        | + 2             | + 6 | - 3 | 0  | - 9  |    |    |    |    |    |
| . 30 . 50 {                                           | 0                                                              | + 15                     | + 28                    | + 20                        | + 9                       | + 14                        | + 2             | + 7 | - 4 | 0  | - 11 |    |    |    |    |    |
| . 50 . 80 {                                           | 0                                                              | + 18                     | + 33                    | + 24                        | + 10                      | + 16                        | + 2             | + 8 | - 5 | 0  | - 12 |    |    |    |    |    |

|             |   |      |      |      |      |      |      |      |    |    |
|-------------|---|------|------|------|------|------|------|------|----|----|
| 80 . 120 {  | 0 | + 21 | + 35 | + 23 | + 26 | + 12 | + 3  | + 10 | 6  | 18 |
| 120 . 180 { | 0 | + 24 | + 45 | + 26 | + 32 | + 14 | + 22 | + 4  | 7  | 18 |
| 180 . 260 { | 0 | + 27 | + 52 | + 30 | + 36 | + 16 | + 25 | + 4  | 8  | 20 |
| 260 . 360 { | 0 | + 30 | + 58 | + 35 | + 40 | + 18 | + 28 | + 4  | 9  | 22 |
| 360 . 500 { | 0 | + 35 | + 65 | + 40 | + 45 | + 20 | + 32 | + 5  | 10 | 25 |

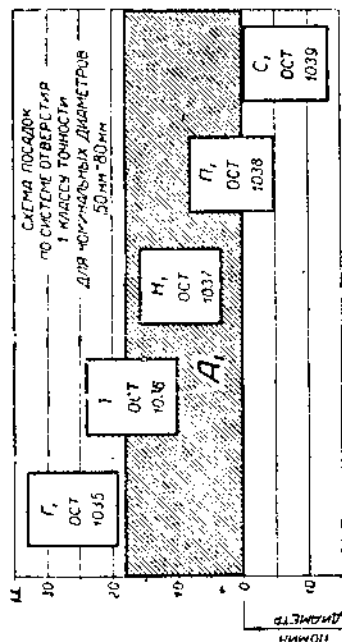
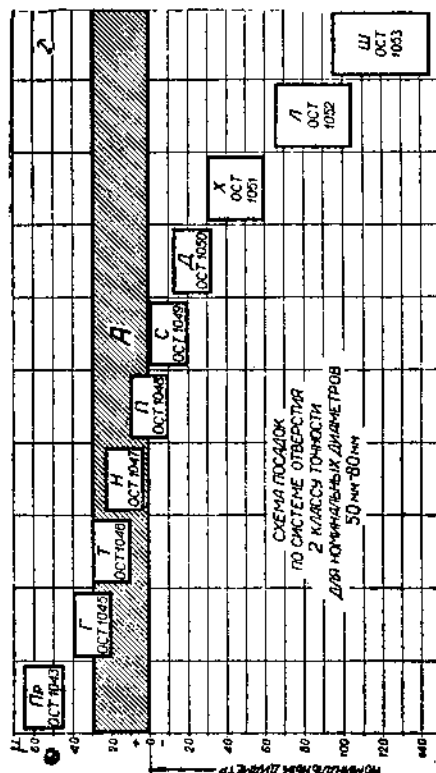


Таблица 23.

| СССР<br>Совет труда и обороны |   | Общесоюзный стандарт                           |             |                 |                  | ОСТ 1012     |                 |               |                |                     |                      |    |     |     |     |     |      |      |
|-------------------------------|---|------------------------------------------------|-------------|-----------------|------------------|--------------|-----------------|---------------|----------------|---------------------|----------------------|----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Комитет<br>по стандартизации  |   | ДОПУСКИ и ПОСАДКИ                              |             |                 |                  |              |                 |               |                | МБИ (Л. I. В.): 620 |                      |    |     |     |     |     |      |      |
|                               |   | Система отверстий, 2-й класс точности          |             |                 |                  |              |                 |               |                |                     |                      |    |     |     |     |     |      |      |
|                               |   | Предельные отклонения                          |             |                 |                  |              |                 |               |                |                     |                      |    |     |     |     |     |      |      |
|                               |   | Размеры в микронах (1 микрон = 1 μ = 0,001 мм) |             |                 |                  |              |                 |               |                |                     |                      |    |     |     |     |     |      |      |
| Номинальные диаметры мм       |   | Посадки                                        |             |                 |                  |              |                 |               |                |                     |                      |    |     |     |     |     |      |      |
|                               |   | Отклонения отверстия А                         |             | Отклонения вала |                  |              |                 |               |                |                     |                      |    |     |     |     |     |      |      |
|                               |   | пресовая<br>Пр                                 | глухая<br>Г | тугая<br>Т      | напряженная<br>Н | плотная<br>П | скользящая<br>С | движения<br>Д | холодовая<br>Х | легкохолодовая<br>Л | широкохолодовая<br>Ш |    |     |     |     |     |      |      |
|                               |   |                                                |             |                 |                  |              |                 |               |                |                     |                      | В. | Н.  | В.  | Н.  | В.  | Н.   | В.   |
|                               |   | В.                                             | Н.          | В.              | Н.               | В.           | Н.              | В.            | Н.             | В.                  | Н.                   | В. | Н.  | В.  | Н.  | В.  | Н.   |      |
| от 1 до 3 {                   | 0 | +10                                            | +18         | +13             | +6               | +10          | +4              | +7            | +1             | +3                  | -3                   | 0  | -6  | -3  | -8  | -12 | -18  | -35  |
| св. 3 . 6 {                   | 0 | +13                                            | +23         | +16             | +8               | +13          | +5              | +9            | +1             | +4                  | -4                   | 0  | -8  | -4  | -10 | -17 | -25  | -45  |
| 6 . 10 {                      | 0 | +16                                            | +28         | +20             | +10              | +16          | +6              | +12           | +2             | +5                  | -5                   | 0  | -10 | -5  | -13 | -23 | -35  | -60  |
| 10 . 18 {                     | 0 | +19                                            | +34         | +24             | +12              | +19          | +7              | +14           | +2             | +6                  | -6                   | 0  | -12 | -6  | -16 | -30 | -45  | -75  |
| 18 . 30 {                     | 0 | +23                                            | +42         | +30             | +15              | +23          | +8              | +17           | +2             | +7                  | -7                   | 0  | -14 | -8  | -20 | -40 | -60  | -95  |
| 30 . 50 {                     | 0 | +27                                            | +52         | +35             | +18              | +27          | +9              | +20           | +3             | +8                  | -8                   | 0  | -17 | -10 | -25 | -50 | -75  | -115 |
| 50 . 80 {                     | 0 | +30                                            | +65         | +40             | +20              | +30          | +10             | +23           | +3             | +10                 | -10                  | 0  | -20 | -12 | -30 | -60 | -95  | -145 |
| 80 . 120 {                    | 0 | +35                                            | +90         | +45             | +23              | +35          | +12             | +26           | +3             | +12                 | -12                  | 0  | -23 | -15 | -40 | -80 | -120 | -175 |

|     |     |   |     |      |     |     |     |    |     |   |     |     |      |      |      |      |
|-----|-----|---|-----|------|-----|-----|-----|----|-----|---|-----|-----|------|------|------|------|
| 180 | 260 | 0 | +45 | +160 | +60 | +25 | +13 | +4 | -14 | 0 | -22 | -52 | -60  | -120 | -180 | -210 |
| 260 | 360 | 0 | +50 | +210 | +70 | +30 | +15 | +4 | -16 | 0 | -30 | -26 | -105 | -180 | -250 |      |
| 360 | 500 | 0 | +60 | +275 | +80 | +35 | +15 | +4 | -18 | 0 | -35 | -60 | -70  | -140 | -210 | -280 |
|     |     | 0 | +60 | +275 | +80 | +40 | +20 | +5 | -20 | 0 | -40 | -30 | -80  | -170 | -250 | -340 |



Нормальные диаметры см. ОСТ 34.

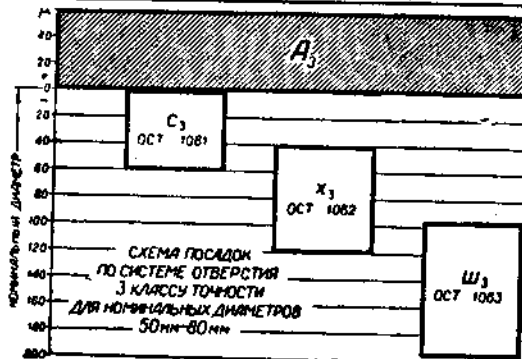
Основные понятия о допусках и посадках и обозначения см. ОСТ 1001 — 1003.

Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 20 декабря 1929 г., как обязательный с 1 марта 1930 г. для всех посадок, кроме прессовой, при номинальных диаметрах 1—180 мм. Для предприятий, имеющих калибровое хозяйство, срок обязательного введения отодвигается до 1 января 1932 г.  
Для прессовой посадки при всех диаметрах и для остальных посадок при диаметрах свыше 180 мм до 500 мм стандарт является рекомендуемым.

ТАБЛИЦА 24.

| СССР<br>Совет труда и обороны<br><br>Комитет<br>по стандартизации | Общесоюзный стандарт                                       | ОСТ 1013                     |                           |       |                                   |                                   |       |       |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------|-------|
|                                                                   | ДОПУСКИ и ПОСАДКИ                                          | МБИ (I. I. В.): 620          |                           |       |                                   |                                   |       |       |
|                                                                   | Система отверстия. 3 класс точности. Предельные отклонения |                              |                           |       |                                   |                                   |       |       |
| Номинальные диаметры<br>мм                                        | Размеры в микронах (1 микрон = 1 μ = 0,001 мм)             |                              |                           |       |                                   |                                   |       |       |
|                                                                   | Отклонения<br>отверстия<br>A <sub>3</sub>                  | Посадки                      |                           |       |                                   | широко-<br>ходовая Ш <sub>3</sub> |       |       |
|                                                                   |                                                            | скользящая<br>A <sub>3</sub> | ходовая<br>X <sub>3</sub> |       | широко-<br>ходовая Ш <sub>3</sub> |                                   |       |       |
|                                                                   |                                                            |                              | Отклонения вала           |       |                                   |                                   |       |       |
|                                                                   | н.                                                         | в.                           | н.                        | в.    | н.                                | в.                                |       |       |
| от 1 до 3                                                         | 0                                                          | + 20                         | 0                         | - 20  | - 7                               | - 32                              | - 17  | - 50  |
| св. 3 . 6                                                         | 0                                                          | + 25                         | 0                         | - 25  | - 11                              | - 44                              | - 25  | - 65  |
| „ 6 . 10                                                          | 0                                                          | + 30                         | 0                         | - 30  | - 15                              | - 55                              | - 35  | - 85  |
| „ 10 . 18                                                         | 0                                                          | + 35                         | 0                         | - 35  | - 20                              | - 70                              | - 45  | - 105 |
| „ 18 . 30                                                         | 0                                                          | + 45                         | 0                         | - 45  | - 25                              | - 85                              | - 60  | - 130 |
| „ 30 . 50                                                         | 0                                                          | + 50                         | 0                         | - 50  | - 32                              | - 100                             | - 75  | - 160 |
| „ 50 „ 80                                                         | 0                                                          | + 60                         | 0                         | - 60  | - 40                              | - 120                             | - 95  | - 195 |
| „ 80 . 120                                                        | 0                                                          | + 70                         | 0                         | - 70  | - 50                              | - 140                             | - 120 | - 235 |
| „ 120 . 180                                                       | 0                                                          | + 80                         | 0                         | - 80  | - 60                              | - 165                             | - 150 | - 285 |
| „ 180 . 260                                                       | 0                                                          | + 90                         | 0                         | - 90  | - 75                              | - 195                             | - 180 | - 330 |
| „ 260 . 360                                                       | 0                                                          | + 100                        | 0                         | - 100 | - 90                              | - 225                             | - 210 | - 380 |
| „ 360 . 500                                                       | 0                                                          | + 120                        | 0                         | - 120 | - 105                             | - 255                             | - 250 | - 440 |

Номинальные диаметры см. ССТ 34.  
Основные положения о допусках и по-  
садках см. обозначения см. ССТ  
1.001—1.003.



Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 20 декабря 1929 г. как обязательный с 1 марта 1930 г. для всех посадок при номинальных диаметрах 1—180 мм. Для предприятий, имеющих калибровое хозяйство, срок обязательного введения отодвигается до 1 января 1932 г.

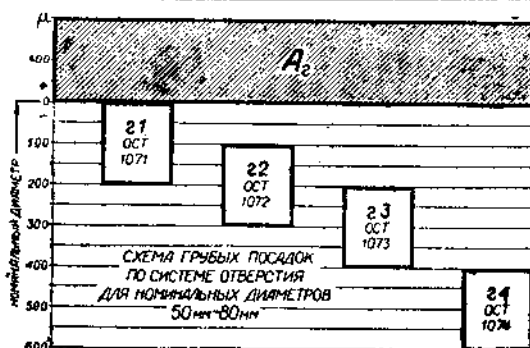
Для номинальных диаметров свыше 180 мм до 500 мм стандарт является рекомендуемым.

Таблица 25.

|                                                               |                                                                                                       |                                 |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| СССР<br>Совет труда и обороны<br>Комитет<br>по стандартизации | Общесоюзный стандарт<br>ДОПУСКИ и ПОСАДКИ<br>Система отверстий. Грубые посадки. Предельные отклонения | ОСТ 1014<br>МБИ (I. I. В.): 620 |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|

| Номинальные диаметры<br>мм |         | Размеры в микронах (1 микрон = 1 μ = 0,001 мм) |                 |       |              |       |              |        |                 |  |    |  |
|----------------------------|---------|------------------------------------------------|-----------------|-------|--------------|-------|--------------|--------|-----------------|--|----|--|
|                            |         | Отклонения<br>отверстия<br>A <sub>2</sub>      | Грубые посадки  |       |              |       |              |        |                 |  |    |  |
|                            |         |                                                | первая<br>z1    |       | вторая<br>z2 |       | третья<br>z3 |        | четвертая<br>z4 |  |    |  |
|                            |         |                                                | Отклонения вала |       |              |       |              |        |                 |  |    |  |
|                            |         |                                                | в.              |       | н.           |       | в.           |        | н.              |  | в. |  |
| от 1 до 3                  | 0 + 60  | 0 - 60                                         | - 30            | - 90  | - 60         | - 120 | - 120        | - 180  |                 |  |    |  |
| св. 3 " 6                  | 0 + 80  | 0 - 80                                         | - 40            | - 120 | - 80         | - 160 | - 160        | - 240  |                 |  |    |  |
|                            | 0 + 100 | 0 - 100                                        | - 50            | - 150 | - 100        | - 200 | - 200        | - 300  |                 |  |    |  |
| " 6 " 10                   | 0 + 120 | 0 - 120                                        | - 60            | - 180 | - 120        | - 240 | - 240        | - 360  |                 |  |    |  |
| " 10 " 18                  | 0 + 140 | 0 - 140                                        | - 70            | - 210 | - 140        | - 280 | - 280        | - 420  |                 |  |    |  |
|                            | 0 + 170 | 0 - 170                                        | - 80            | - 250 | - 170        | - 340 | - 340        | - 500  |                 |  |    |  |
| " 18 " 30                  | 0 + 200 | 0 - 200                                        | - 100           | - 300 | - 200        | - 400 | - 400        | - 600  |                 |  |    |  |
| " 30 " 50                  | 0 + 230 | 0 - 230                                        | - 120           | - 350 | - 230        | - 460 | - 460        | - 700  |                 |  |    |  |
|                            | 0 + 260 | 0 - 260                                        | - 130           | - 400 | - 260        | - 530 | - 530        | - 800  |                 |  |    |  |
| " 50 " 80                  | 0 + 300 | 0 - 300                                        | - 150           | - 450 | - 300        | - 600 | - 600        | - 900  |                 |  |    |  |
| " 80 " 120                 | 0 + 340 | 0 - 340                                        | - 170           | - 500 | - 340        | - 680 | - 680        | - 1000 |                 |  |    |  |
|                            | 0 + 380 | 0 - 380                                        | - 190           | - 570 | - 380        | - 760 | - 760        | - 1100 |                 |  |    |  |
| " 120 " 180                | 0 + 300 | 0 - 300                                        | - 150           | - 450 | - 300        | - 600 | - 600        | - 900  |                 |  |    |  |
| " 180 " 260                | 0 + 340 | 0 - 340                                        | - 170           | - 500 | - 340        | - 680 | - 680        | - 1000 |                 |  |    |  |
|                            | 0 + 380 | 0 - 380                                        | - 190           | - 570 | - 380        | - 760 | - 760        | - 1100 |                 |  |    |  |
| " 260 " 360                | 0 + 300 | 0 - 300                                        | - 150           | - 450 | - 300        | - 600 | - 600        | - 900  |                 |  |    |  |
| " 360 " 500                | 0 + 340 | 0 - 340                                        | - 170           | - 500 | - 340        | - 680 | - 680        | - 1000 |                 |  |    |  |
|                            | 0 + 380 | 0 - 380                                        | - 190           | - 570 | - 380        | - 760 | - 760        | - 1100 |                 |  |    |  |

Нормальные диаметры см. ОСТ. 34.  
Основные понятия о допусках и посадках и обозначениях см. ОСТ 1001 — 1003.



Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 20 декабря 1929 г. как обязательный с 1 марта 1930 г. для всех посадок при номинальных диаметрах 1—180 мм. Для предприятий, имеющих калибровое хозяйство, срок обязательного введения отодвигается до 1 января 1932 г.

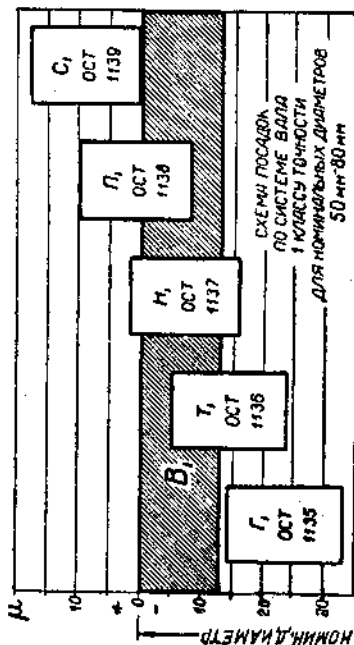
Для номинальных диаметров свыше 180 мм до 500 мм стандарт является рекомендуемым.

Таблица 26.

| Совет труда и обороны     |  | СССР                          |  | Общесоюзный стандарт |  | ОСТ 1021            |  |
|---------------------------|--|-------------------------------|--|----------------------|--|---------------------|--|
| Комитет по стандартизации |  | ДОПУСКИ И ПОСАДКИ             |  |                      |  | МБИ (Л. I. В.): 620 |  |
|                           |  | Система вал. I класс точности |  |                      |  |                     |  |
|                           |  | Предельные отклонения         |  |                      |  |                     |  |

| Номинальные диаметры<br>мм |   | Размеры в микронах (1 микрон = 1 μ = 0,001 мм) |      |                          |     |                         |     |                             |      |                           |      |                              |  |
|----------------------------|---|------------------------------------------------|------|--------------------------|-----|-------------------------|-----|-----------------------------|------|---------------------------|------|------------------------------|--|
|                            |   | Отклонения<br>вала<br>B <sub>1</sub>           |      | Посадки                  |     |                         |     |                             |      |                           |      |                              |  |
|                            |   |                                                |      | глухая<br>T <sub>1</sub> |     | тугая<br>T <sub>1</sub> |     | напряжен.<br>H <sub>1</sub> |      | плотная<br>P <sub>1</sub> |      | скользящая<br>C <sub>1</sub> |  |
|                            |   |                                                |      |                          |     |                         |     |                             |      |                           |      |                              |  |
|                            |   | Отклонения отверстия                           |      |                          |     |                         |     |                             |      |                           |      |                              |  |
|                            |   | н.                                             | в.   | н.                       | в.  | н.                      | в.  | н.                          | в.   | н.                        | в.   |                              |  |
| от 1 до 3 {                | 0 | — 4                                            | — 4  | — 8                      | — 2 | — 5                     | — 1 | — 2                         | — 4  | — 6                       | — 6  |                              |  |
| св. 3 . 6 {                | 0 | — 10                                           | — 5  | — 10                     | — 2 | — 7                     | — 1 | — 3                         | — 5  | — 8                       | — 8  |                              |  |
| • 6 " 10 {                 | 0 | — 13                                           | — 6  | — 12                     | — 3 | — 8                     | — 1 | — 4                         | — 6  | — 9                       | — 9  |                              |  |
| • 10 " 18 {                | 0 | — 16                                           | — 8  | — 15                     | — 4 | — 10                    | — 1 | — 5                         | — 7  | — 11                      | — 11 |                              |  |
| • 18 " 30 {                | 0 | — 20                                           | — 10 | — 17                     | — 4 | — 12                    | — 2 | — 6                         | — 8  | — 13                      | — 13 |                              |  |
| • 30 . 50 {                | 0 | — 24                                           | — 12 | — 20                     | — 5 | — 14                    | — 2 | — 7                         | — 9  | — 15                      | — 15 |                              |  |
| • 50 " 80 {                | 0 | — 28                                           | — 14 | — 24                     | — 5 | — 16                    | — 2 | — 8                         | — 10 | — 18                      | — 18 |                              |  |
|                            |   | — 33                                           | — 13 | — 24                     | — 5 | — 16                    | — 2 | — 8                         | — 10 | — 18                      | — 18 |                              |  |

|             |   |      |      |      |      |     |      |   |      |
|-------------|---|------|------|------|------|-----|------|---|------|
| 80 . 120 {  | 0 | 15 — | — 38 | — 28 | — 19 | + 3 | — 9  | 0 | + 24 |
| 120 . 180 { | 0 | 18 — | — 45 | — 32 | — 22 |     | — 10 | 0 |      |
| 180 . 260 { | 0 | — 20 | — 52 | — 23 | — 8  | + 3 | + 16 | 0 | + 27 |
| 260 . 360 { | 0 | — 22 | — 58 | — 27 | — 9  | + 4 | + 18 | 0 | + 30 |
| 360 . 500 { | 0 | — 25 | — 65 | — 30 | — 10 | + 5 | + 20 | 0 | + 35 |



Нормальные диаметры см. ОСТ 34.

Основные понятия о допусках и посадках и обозначения см. ОСТ 1001—1003.

Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 25 апреля 1930 г. как обязательный с 1 июля 1930 г. для всех посадок при номинальных диаметрах 1—180 мм. Для предприятий, имеющих калибровое хозяйство, срок обязательного введения отодвигается до 1 января 1932 г.

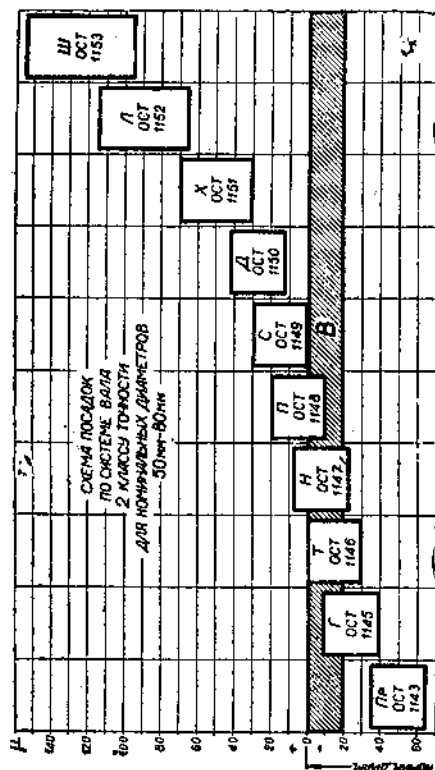
Для номинальных диаметров свыше 180 мм до 500 мм стандарт является рекомендуемым.

ТАБЛИЦА 27.

|                                                                        |                                                           |                     |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------|
| СССР<br>Совет труда и обороны<br>_____<br>Комитет<br>по стандартизации | Общесоюзный стандарт                                      | ОСТ 1022            |
|                                                                        | ДОПУСКИ и ПОСАДКИ                                         | МБИ (I. I. В.): 620 |
|                                                                        | Система вала. 2-й класс точности<br>Предельные отклонения |                     |

| Размеры в микронах (1 микрон $\pm 1 \mu = 0,001$ мм) |                   |              |          |         |               |    |           |              |            |           |                 |                 |      |      |    |
|------------------------------------------------------|-------------------|--------------|----------|---------|---------------|----|-----------|--------------|------------|-----------|-----------------|-----------------|------|------|----|
| Номинальные диаметры мм                              | Посадки           |              |          |         |               |    |           |              |            |           |                 |                 |      |      |    |
|                                                      | Отклонения вала В | прессовая Пр | глухая Г | тугая Т | напряженная Н |    | плотная П | скользящая С | движения Д | ходовая Х | легко-ходовая Л | широко-ходов. Ш |      |      |    |
|                                                      |                   |              |          |         | н.            | в. |           |              |            |           |                 |                 |      |      |    |
|                                                      |                   |              |          |         |               |    |           |              |            |           |                 |                 | н.   | в.   |    |
| Отклонения отверстия                                 |                   |              |          |         |               |    |           |              |            |           |                 |                 |      | н.   | в. |
| в.                                                   | н.                | в.           | н.       | в.      | н.            | в. | н.        | в.           | н.         | в.        | н.              | в.              | н.   | в.   |    |
| от 1 до 3 {                                          | 0                 | -6           | -8       | 2       | -10           | 0  | +3        | +7           | +10        | +13       | +8              | +22             | +30  | +38  |    |
|                                                      |                   |              | -18      | -13     |               |    | -7        | -3           |            | +3        |                 |                 | +12  | +18  |    |
| св. 3 . 6 {                                          | 0                 | -8           | -10      | 3       | -13           | 0  | +4        | +9           | +13        | +17       | +10             | +27             | +40  | +50  |    |
|                                                      |                   |              | -23      | -16     |               |    | -9        | -4           |            | +4        |                 |                 | +17  | +25  |    |
| " 6 " 10 {                                           | 0                 | -10          | -12      | 4       | -16           | 0  | +4        | +11          | +16        | +21       | +13             | +33             | +50  | +65  |    |
|                                                      |                   |              | -28      | -20     |               |    | -12       | -5           |            | +5        |                 |                 | +23  | +35  |    |
| " 10 " 18 {                                          | 0                 | -12          | -15      | 5       | -19           | 0  | +5        | +13          | +19        | +25       | +16             | +40             | +60  | +80  |    |
|                                                      |                   |              | -34      | -24     |               |    | -14       | -6           |            | +6        |                 |                 | +30  | +45  |    |
| " 18 " 30 {                                          | 0                 | -14          | -19      | 6       | -23           | 0  | +6        | +16          | +23        | +30       | +20             | +50             | +80  | +105 |    |
|                                                      |                   |              | -42      | -30     |               |    | -17       | -7           |            | +8        |                 |                 | +40  | +60  |    |
| " 30 " 50 {                                          | 0                 | -17          | -15      | 7       | -27           | 0  | +7        | +18          | +27        | +35       | +25             | +60             | +95  | +125 |    |
|                                                      |                   |              | -52      | -35     |               |    | -20       | -8           |            | +10       |                 |                 | +50  | +75  |    |
| " 50 " 80 {                                          | 0                 | -20          | -35      | 8       | -30           | 0  | +8        | +20          | +30        | +42       | +30             | +70             | +115 | +155 |    |
|                                                      |                   |              | -65      | -40     |               |    | -23       | -10          |            | +12       |                 |                 | +65  | +95  |    |
| " 80 " 120 {                                         | 0                 | -23          | -55      | 10      | -35           | 0  | +9        | +23          | +35        | +50       | +40             | +90             | +140 | +190 |    |
|                                                      |                   |              | -90      | -45     |               |    | -26       | -12          |            | +15       |                 |                 | +80  | +120 |    |

|              |   |     |      |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |      |      |      |      |
|--------------|---|-----|------|-----|-----|---|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| • 120, 180 { | 0 | -27 | -80  | -12 | -40 | 0 | +10 | +27 | 0 | +40 | +18 | +60 | +50 | +100 | +170 | +230 | +150 |
| • 180, 260 { | 0 | -30 | -115 | -15 | -45 | 0 | +11 | +30 | 0 | +45 | +22 | +70 | +60 | +120 | +200 | +270 |      |
| • 260, 360 { | 0 | -35 | -160 | -18 | -50 | 0 | +12 | +35 | 0 | +50 | +26 | +80 | +70 | +140 | +230 | +310 |      |
| • 260, 500 { | 0 | -40 | -215 | -20 | -60 | 0 | +15 | +40 | 0 | +60 | +30 | +90 | +80 | +160 | +270 | +365 |      |
|              |   |     | -275 | -80 |     |   | -45 | -20 |   |     |     |     |     | +170 | +250 |      |      |



✓ Нормальные диаметры см. OCT 34.

Основные понятия о допусках и посадках и обозначения см. OCT 1001—1003.

Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 20 декабря 1929 г. как обязательный с 1 марта 1930 г. для всех посадок, кроме прессовой, при номинальных диаметрах 1—180 мм. Для предприятий, имеющих калибровое хозяйство, срок обязательного введения отодвигается до 1 января 1932 г.

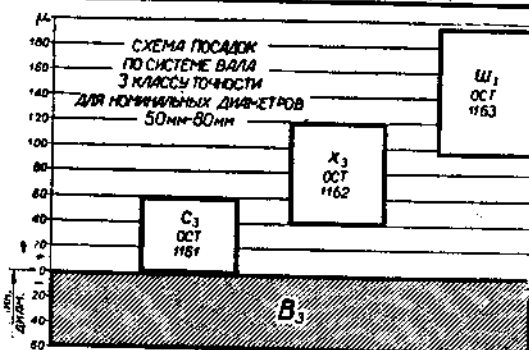
Для прессовой посадки при всех диаметрах и для остальных посадок при диаметрах свыше 180 мм до 500 мм стандарт является рекомендуемым.

Таблица 28.

|                                                                   |                                                         |                     |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------|
| СССР<br>Совет труда и обороны<br><br>Комитет<br>по стандартизации | Общесоюзный стандарт                                    | ОСТ 1023            |
|                                                                   | ДОПУСКИ и ПОСАДКИ                                       | МБИ (I. I. В.): 620 |
|                                                                   | Система вала. 3 класс точности<br>Предельные отклонения |                     |

| Номинальные диаметры<br>мм | Размеры в микронах (1 микрон = 1 μ = 0,001 мм) |       |                              |       |                           |       |                               |       |
|----------------------------|------------------------------------------------|-------|------------------------------|-------|---------------------------|-------|-------------------------------|-------|
|                            | Отклонения<br>вала<br>B <sub>3</sub>           |       | Посадки                      |       |                           |       |                               |       |
|                            |                                                |       | Скользящая<br>C <sub>3</sub> |       | Ходовая<br>X <sub>3</sub> |       | Шир.-ходов.<br>Ш <sub>3</sub> |       |
|                            |                                                |       |                              |       |                           |       |                               |       |
|                            | в.                                             | н.    | н.                           | в.    | н.                        | в.    | н.                            |       |
| от 1 до 3                  | 0                                              | - 20  | 0                            | + 20  | +                         | + 32  | +                             | + 50  |
| св. 3 „ 6                  | 0                                              | - 25  | 0                            | + 25  | +                         | + 44  | +                             | + 65  |
| „ 6 „ 10                   | 0                                              | - 30  | 0                            | + 30  | +                         | + 55  | +                             | + 85  |
| „ 10 „ 18                  | 0                                              | - 35  | 0                            | + 35  | +                         | + 70  | +                             | + 105 |
| „ 18 „ 30                  | 0                                              | - 45  | 0                            | + 45  | +                         | + 85  | +                             | + 130 |
| „ 30 „ 50                  | 0                                              | - 50  | 0                            | + 50  | +                         | + 100 | +                             | + 160 |
| „ 50 „ 80                  | 0                                              | - 60  | 0                            | + 60  | +                         | + 120 | +                             | + 195 |
| „ 80 „ 120                 | 0                                              | - 70  | 0                            | + 70  | +                         | + 140 | +                             | + 235 |
| „ 120 „ 180                | 0                                              | - 80  | 0                            | + 80  | +                         | + 165 | +                             | + 285 |
| „ 180 „ 260                | 0                                              | - 90  | 0                            | + 90  | +                         | + 195 | +                             | + 330 |
| „ 260 „ 360                | 0                                              | - 100 | 0                            | + 100 | +                         | + 225 | +                             | + 380 |
| „ 360 „ 500                | 0                                              | - 120 | 0                            | + 120 | +                         | + 255 | +                             | + 440 |
|                            |                                                |       |                              |       | +                         | + 105 | +                             | + 250 |

Нормальные диаметры см. ОСТ 34.  
Основные понятия о допусках и посадках и обозначения см. ОСТ 1001—1003.



Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 20 декабря 1929 г. как обязательный с 1 марта 1930 г. для всех посадок при номинальных диаметрах 1—180 мм. Для предприятий, имеющих калибровое хозяйство, срок обязательного введения отодвигается до 1 января 1932 г.

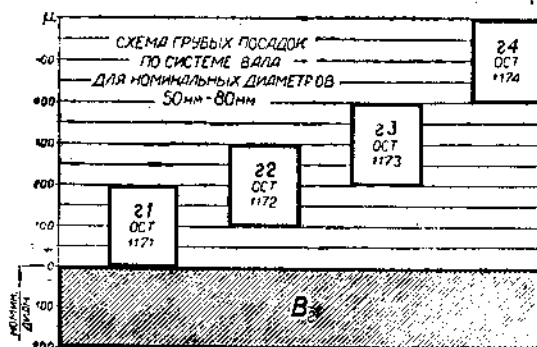
Для номинальных диаметров свыше 180 мм до 500 мм стандарт является рекомендуемым.

ТАБЛИЦА 29.

|                               |                                                                            |                     |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| СССР<br>Совет труда и обороны | Общесоюзный стандарт                                                       | ОСТ 1024            |
| Комитет<br>по стандартизации  | ДОПУСКИ и ПОСАДКИ<br>Система вала. Грубые посадки<br>Предельные отклонения | МБИ (I. I. В.): 620 |

| Номинальные диаметры<br>мм | Размеры в микронах (1 микрон = 1 μ = 0,001 мм) |                |              |              |                 |                 |    |    |
|----------------------------|------------------------------------------------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|----|----|
|                            | Отклоне-<br>ния вала<br>Bz                     | Грубые посадки |              |              |                 | Отклонения вала |    | В. |
|                            |                                                | Первая<br>z1   | Вторая<br>z2 | Третья<br>z3 | Четвертая<br>z4 |                 |    |    |
|                            |                                                | Н.             | В.           | Н.           | В.              | Н.              | В. | Н. |
| от 1 до 3                  | 0 - 60                                         | 0 + 60         | + 30 + 90    | + 60 + 120   | + 120 + 180     |                 |    |    |
| св. 3 " 6                  | 0 - 80                                         | 0 + 80         | + 40 + 120   | + 80 + 160   | + 160 + 240     |                 |    |    |
| " 6 " 10                   | 0 - 100                                        | 0 + 100        | + 50 + 150   | + 100 + 200  | + 200 + 300     |                 |    |    |
| " 10 " 18                  | 0 - 120                                        | 0 + 120        | + 60 + 180   | + 120 + 240  | + 240 + 360     |                 |    |    |
| " 18 " 30                  | 0 - 140                                        | 0 + 140        | + 70 + 210   | + 140 + 280  | + 280 + 420     |                 |    |    |
| " 30 " 50                  | 0 - 170                                        | 0 + 170        | + 80 + 250   | + 170 + 340  | + 340 + 500     |                 |    |    |
| " 50 " 80                  | 0 - 200                                        | 0 + 200        | + 100 + 300  | + 200 + 400  | + 400 + 600     |                 |    |    |
| " 80 " 120                 | 0 - 230                                        | 0 + 230        | + 120 + 350  | + 230 + 460  | + 460 + 700     |                 |    |    |
| " 120 " 180                | 0 - 260                                        | 0 + 260        | + 130 + 400  | + 260 + 530  | + 530 + 800     |                 |    |    |
| " 180 " 260                | 0 - 300                                        | 0 + 300        | + 150 + 450  | + 300 + 600  | + 600 + 900     |                 |    |    |
| " 260 " 360                | 0 - 340                                        | 0 + 340        | + 170 + 500  | + 340 + 680  | + 680 + 1000    |                 |    |    |
| " 360 " 500                | 0 - 380                                        | 0 + 380        | + 190 + 570  | + 380 + 760  | + 760 + 1100    |                 |    |    |

Нормальные диаметры см. ОСТ 34.  
Основные понятия о допусках и посадках и обозначения см. ОСТ 1001—1008.



Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 20 декабря 1929 г. как обязательный с 1 марта 1930 г. для всех посадок при номинальных диаметрах 1—180 мм. Для предприятий, имеющих калибровое хозяйство, срок обязательного введения отодвигается до 1 января 1932 г.

Для номинальных диаметров свыше 180 мм до 500 мм стандарт является рекомендуемым.

ТАБЛИЦА 30.

|                                                                     |                                                                                                        |          |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| СССР<br><br>Всесоюзный комитет<br>по стандартизации<br>при Госплане | Общесоюзный стандарт                                                                                   | ОСТ 1202 |
|                                                                     | КАЛИБРЫ РАБОЧИЕ<br><br>для валов и отверстий 1-го класса точности<br><br>Допуски на неточность и износ |          |
|                                                                     |                                                                                                        | Металл   |

## К а л и б р ы д л я в а л о в

| Номинальные диаметры<br><br>мм | Размеры в микронах (1 микрон = 1 μ = 0,001 мм) |       |                     |            |       |        |                       |                     |                                    |  |
|--------------------------------|------------------------------------------------|-------|---------------------|------------|-------|--------|-----------------------|---------------------|------------------------------------|--|
|                                | Допуски на неточность изготовления             |       |                     |            |       |        |                       |                     | Допуск на износ продольной стороны |  |
|                                | Проходная сторона                              |       | Непроходная сторона |            |       |        |                       |                     |                                    |  |
|                                | Отклонения                                     |       | Допуск              | Отклонения |       | Допуск | Предельное отклонение | Наим. гарант. износ | Средне-вероятн. износ              |  |
|                                | верхн.                                         | нижн. |                     | верхн.     | нижн. |        |                       |                     |                                    |  |
| от 1 до 3 св.                  | 0                                              | -1,5  | 1,5                 | +0,5       | -1    | 1,5    | +1                    | 1                   | 1,8                                |  |
| 3 " 6 "                        | 0                                              | -2    | 2                   | +1         | -1    | 2      | +1                    | 1                   | 2                                  |  |
| 6 " 10 "                       | 0                                              | -2    | 2                   | +1         | -1    | 2      | +1                    | 1                   | 2                                  |  |
| 10 " 18 "                      | -0,5                                           | -2,5  | 2                   | +1         | -1    | 2      | +1,5                  | 2                   | 3                                  |  |
| 18 " 30 "                      | -0,5                                           | -2,5  | 2                   | +1,5       | -1,5  | 2      | +2                    | 2,5                 | 3,5                                |  |
| 30 " 50 "                      | -0,5                                           | -3,5  | 3                   | +1,5       | -1,5  | 3      | +2                    | 2,5                 | 4                                  |  |
| 50 " 80 "                      | -0,5                                           | -3,5  | 3                   | +2         | -2    | 3      | +3                    | 3,5                 | 5,5                                |  |
| 80 " 120 "                     | -0,5                                           | -4,5  | 4                   | +2,5       | -2,5  | 4      | +3                    | 3,5                 | 6                                  |  |
| 120 " 180 "                    | -0,5                                           | -5,5  | 5                   | +2,5       | -2,5  | 5      | +3                    | 3,5                 |                                    |  |



Таблица 31.

СССР

Всесоюзный комитет  
по стандартизации  
при Госплане

Общесоюзный стандарт

ОСТ 1203

КАЛИБРЫ РАБОЧИЕ

для валов 2-го класса точности

Допуски на неточность и износ

Металл

1. Для всех валов 2-го класса точности за исключением валов X (ОСТ 1051), Л (ОСТ 10 2) и Ш (ОСТ 1053)

| Номинальные диаметры<br>мм | Размеры в микронах (1 микрон = 1 μ = 0,001 мм) |       |                     |       |                                   |                     |                       |  |  |  |
|----------------------------|------------------------------------------------|-------|---------------------|-------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------|--|--|--|
|                            | Допуски на неточность изготовления             |       |                     |       | Допуск на износ проходной стороны |                     |                       |  |  |  |
|                            | Проходная сторона                              |       | Непроходная сторона |       | Пре-дельное откло-нение           | Наим. гарант. износ | Средне-вероятн. износ |  |  |  |
|                            | Отклонения                                     |       | Отклонения          |       |                                   |                     |                       |  |  |  |
|                            | верхн.                                         | нижн. | верхн.              | нижн. |                                   |                     |                       |  |  |  |
| от 1 до 3                  | -1                                             | -3    | 2                   | +1,5  | +1,5                              | 2,5                 | 3,5                   |  |  |  |
| св. 3 " 6                  | -1                                             | -4    | 3                   | +1,5  | -1,5                              | 3                   | 4,5                   |  |  |  |
| " 6 " 10                   | -0,5                                           | -3,5  | 3                   | +1,5  | -1,5                              | 3                   | 4,5                   |  |  |  |
| " 10 " 18                  | -1                                             | -4    | 3                   | +1,5  | -1,5                              | 3                   | 4,5                   |  |  |  |
| " 18 " 30                  | -1                                             | -6    | 4                   | +2    | -2                                | 4                   | 6                     |  |  |  |
| " 30 " 50                  | -1,5                                           | -5,5  | 4                   | +2    | -2,5                              | 4,5                 | 6,5                   |  |  |  |
| " 50 " 80                  | -1,5                                           | -6,5  | 5                   | +2,5  | -3                                | 4,5                 | 7                     |  |  |  |
| " 80 " 120                 | -2                                             | -8    | 6                   | +3    | -3,5                              | 6                   | 9                     |  |  |  |
| " 120 " 180                | -2                                             | -9    | 7                   | +3,5  | -3,5                              | 7                   | 10,5                  |  |  |  |
|                            |                                                |       |                     |       |                                   |                     |                       |  |  |  |
| 180 " 260                  | -2                                             | -11   | 9                   | +4,5  | -4,5                              | 8                   | 12,5                  |  |  |  |
| " 260 " 360                | -2                                             | -13   | 11                  | +5,5  | -5,5                              | 10                  | 15,5                  |  |  |  |
| " 360 " 500                | -2                                             | -15   | 13                  | +6,5  | -6,5                              | 12                  | 18,5                  |  |  |  |

| Номинальные диаметры<br>мм |           | Размеры в микронах (1 микрон = 1 μ = 0,001 мм) |        |        |                     |       |        |                                    |                           |                              |  |
|----------------------------|-----------|------------------------------------------------|--------|--------|---------------------|-------|--------|------------------------------------|---------------------------|------------------------------|--|
|                            |           | Допуски на неточность изготовления             |        |        |                     |       |        | Допуск на износ проходной стороны  |                           |                              |  |
|                            |           | Проходная сторона                              |        |        | Непроходная сторона |       |        | Пре-<br>дельное<br>откло-<br>нение | Наим.<br>гарант.<br>износ | Средне-<br>вероятн.<br>износ |  |
|                            |           | Отклонения                                     |        | Допуск | Отклонения          |       | Допуск |                                    |                           |                              |  |
|                            |           | верхн.                                         | нижн.  |        | верхн.              | нижн. |        |                                    |                           |                              |  |
| от                         | 1 до 3    | — 0                                            | — 2    | 2      | — 1                 | — 1   | 2      | +                                  | 3                         | 4                            |  |
| св.                        | 3 " 6     | — 0,5                                          | — 3,5  | 3      | — 1,5               | — 1,5 | 3      | +                                  | 3,5                       | 5,5                          |  |
| "                          | 6 " 10    | — 1                                            | — 4    | 3      | — 1,5               | — 1,5 | 3      | +                                  | 3                         | 5,5                          |  |
| "                          | 10 " 18   | — 1,5                                          | — 4,5  | 3      | — 1,5               | — 1,5 | 3      | +                                  | 4                         | 7                            |  |
| "                          | 18 " 30   | — 2                                            | — 6    | 4      | — 2                 | — 2   | 4      | +                                  | 4                         | 8                            |  |
| "                          | 30 " 50   | — 2,5                                          | — 6,5  | 4      | — 2                 | — 2   | 4      | +                                  | 5                         | 9,5                          |  |
| "                          | 50 " 80   | — 3                                            | — 8    | 5      | — 2,5               | — 2,5 | 5      | +                                  | 5                         | 10,5                         |  |
| "                          | 80 " 120  | — 3,5                                          | — 9,5  | 6      | — 3                 | — 3   | 6      | +                                  | 6                         | 12,5                         |  |
| "                          | 120 " 180 | — 3,5                                          | — 10,5 | 7      | — 3,5               | — 3,5 | 7      | +                                  | 7,5                       | 14,5                         |  |
| "                          | 180 " 260 | — 4                                            | — 13   | 9      | — 4,5               | — 4,5 | 9      | +                                  | 8                         | 16,5                         |  |
| "                          | 260 " 360 | — 4                                            | — 15   | 11     | — 5,5               | — 5,5 | 11     | +                                  | 10                        | 19,5                         |  |
| "                          | 360 " 500 | — 4                                            | — 17   | 13     | — 6,5               | — 6,5 | 13     | +                                  | 12                        | 22,5                         |  |

Сентябрь 1931.

Утвержден Всесоюзным комитетом по стандартизации при Госплане СССР 20 августа 1931 г. как обязательный с 1 июля 1932 г. для номин. диаметров 1 мм — 180 мм; для номин. диаметров свыше 180 мм стандарт является рекомендуемым.

### Калибры рабочие для валов 2-го класса точности

OCT 1203

### 3. Для валов III (ОСТ 1053)

| Номинальные диаметры<br>мм |      |       | Размеры в микро-ах (1 микрон = 1 μ = 0,001 мм) |       |        |                     |       |        |                                    |                     |                      |
|----------------------------|------|-------|------------------------------------------------|-------|--------|---------------------|-------|--------|------------------------------------|---------------------|----------------------|
|                            |      |       | Допуски на неточность изготовления             |       |        |                     |       |        | Допуски на износ проходной стороны |                     |                      |
|                            |      |       | Проходная сторона                              |       |        | Непроходная сторона |       |        | Предельное отклонение              | Наим. гарант. износ | Средне вероят. износ |
|                            |      |       | Отклонения                                     |       | Допуск | Отклонения          |       | Допуск |                                    |                     |                      |
|                            |      |       | верхн.                                         | нижн. |        | верхн.              | нижн. |        |                                    |                     |                      |
| от 1                       | до 3 | 0     | - 4                                            | 4     | + 2    | - 2                 | 4     | + 3    | 3                                  | 5                   |                      |
| св. 3                      | 6    | - 1   | - 5                                            | 4     | + 2    | - 2                 | 4     | + 3    | 4                                  | 6                   |                      |
| " 6                        | 10   | - 1   | - 5                                            | 4     | + 2    | - 2                 | 4     | + 3    | 4                                  | 6                   |                      |
| " 10                       | 18   | - 1,5 | - 6,5                                          | 5     | + 2,5  | - 2,5               | 5     | + 4    | 5,5                                | 8                   |                      |
| " 18                       | 30   | - 2   | - 8                                            | 6     | + 3    | - 3                 | 6     | + 4    | 6                                  | 9                   |                      |
| " 30                       | 50   | - 2,5 | - 9,5                                          | 7     | + 3,5  | - 3,5               | 7     | + 5    | 7,5                                | 11                  |                      |
| " 50                       | 80   | - 3   | - 11                                           | 8     | + 4    | - 4                 | 8     | + 5    | 8                                  | 12                  |                      |
| " 80                       | 120  | - 3,5 | - 12,5                                         | 9     | + 4,5  | - 4,5               | 9     | + 6    | 9,5                                | 14                  |                      |
| " 120                      | 180  | - 3,5 | - 14,5                                         | 11    | + 5,5  | - 5,5               | 11    | + 7,5  | 11                                 | 16,5                |                      |
| " 180                      | 260  | - 4   | - 17                                           | 13    | + 6,5  | - 6,5               | 13    | + 8    | 12                                 | 18,5                |                      |
| " 260                      | 360  | - 4   | - 19                                           | 15    | + 7,5  | - 7,5               | 15    | + 10   | 14                                 | 21,5                |                      |
| " 360                      | 500  | - 4   | - 22                                           | 18    | + 9    | - 9                 | 18    | + 12   | 16                                 | 25                  |                      |

Схему построения допусков на неточность изготовления и износ калибров см. ОСТ 1201.

Условные обозначения: рабочий калибр — Р, проходная сторона рабочего калибра (или проходной калибр) Р — ПР, непроходная сторона рабочего калибра или непроходной калибр) Р — НЕ.

Примечание. Букву Р при клеймении рабочих калибров можно не наносить.

Отклонения отсчитываются:

Р — ПР для валов от верхнего отклонения вала по ОСТ 1012.

|               |   |   |   |                                      |
|---------------|---|---|---|--------------------------------------|
| <b>P — HE</b> | . | . | " | верхнего отклонения вала по ОСТ 1012 |
|               | . | . | " | нижнего " " " " 1012.                |

Пример. Отклонения вала Н ном. диам. 60 мм по ОСТ 1012: верхнее + 23 мк, нижнее + 3 мк.

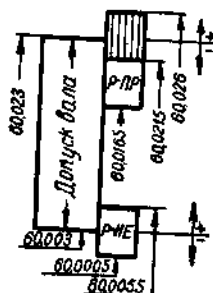
Размеры: Р — ПР наиб.  $60 \pm 0,023 - 0,0015 = 60,0215$ .

$$\text{наим. } 60 + 0,023 - 0,0065 = 60,0165.$$

$P - HE$  наиб. 60  $\pm 0,003 \pm 0,0025 = 60,0055$

наим.  $60 + 0,003 - 0,0025 = 60,0005$ .

Наиб. размер изношенного калибра:

$$60 + 0,023 + 0,003 = 60,026.$$


**СТАНДАРТ — железный пролетарский закон.**

Борьба за стандарт — борьба за качество продукции, борьба за экономию. Экономя металл, мы ускоряем темпы индустриализации СССР.

|                                                                 |                      |          |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------|----------|
| СССР<br>Всесоюзный комитет<br>по стандартизации<br>при Госплане | Общесоюзный стандарт | ОСТ 1204 |
|                                                                 |                      |          |
|                                                                 |                      | Металл   |

1. Для всех отверстий 2-го класса точности, за исключением отверстий X (ОСТ 1151), J (ОСТ 1152) и Ш (ОСТ 1153).

| Номинальные диаметры мм | Размеры в микронах (1 микрон = 1 $\mu$ = 0,001 мм) |       |                     |                                         |                     |                      |
|-------------------------|----------------------------------------------------|-------|---------------------|-----------------------------------------|---------------------|----------------------|
|                         | Допуски на неточность изготовления                 |       |                     | Допуск на износ противоположной стороны |                     |                      |
|                         | Проходная сторона                                  |       | Нeproходная сторона | Пределное отклонение                    | Наим. гарант. износ | Средневероятн. износ |
|                         | Отклонения верхн.                                  | нижн. |                     |                                         |                     |                      |
| от св.                  | 1 до 3                                             | 3     | 2                   | 1,5                                     | 2,5                 | 3,5                  |
| "                       | 3 " 6                                              | 4     | 3                   | 1,5                                     | 3                   | 4,5                  |
| "                       | 6 " 10                                             | 3,5   | 3                   | 1,5                                     | 3                   | 4,5                  |
| "                       | 10 " 18                                            | 4     | 3                   | 1,5                                     | 3                   | 4,5                  |
| "                       | 18 " 30                                            | 5     | 4                   | 2                                       | 4                   | 6                    |
| "                       | 30 " 50                                            | 5,5   | 4                   | 2,5                                     | 4,5                 | 6,5                  |
| "                       | 50 " 80                                            | 6,5   | 5                   | 2,5                                     | 4,5                 | 7                    |
| "                       | 80 " 120                                           | 8     | 6                   | 3                                       | 6                   | 9                    |
| "                       | 120 " 180                                          | 9     | 7                   | 4                                       | 7                   | 10,5                 |
| "                       |                                                    |       |                     | 6                                       |                     |                      |
| "                       | 180 " 260                                          | 11    | 9                   | 4,5                                     | 8                   | 12,5                 |
| "                       | 260 " 360                                          | 13    | 11                  | 5,5                                     | 10                  | 15,5                 |
| "                       | 360 " 500                                          | 15    | 13                  | 6,5                                     | 12                  | 18,5                 |

2. Для отверстий X (ОСТ 1151)

Продолжение.

| Номинальные диаметры<br>мм |           | Размеры в микронах (1 микрон = 1 μ = 0,001 мм) |       |        |                     |       |        |                                         |                           |                              |      |
|----------------------------|-----------|------------------------------------------------|-------|--------|---------------------|-------|--------|-----------------------------------------|---------------------------|------------------------------|------|
|                            |           | Допуски на неточность изготовления             |       |        |                     |       |        | Допуск на износ противоположной стороны |                           |                              |      |
|                            |           | Проходная сторона                              |       |        | Непроходная сторона |       |        | Пре-<br>дельное<br>откло-<br>нение      | Наим.<br>гарант.<br>износ | Средне-<br>вероятн.<br>износ |      |
|                            |           | Отклонения                                     |       | Допуск | Отклонения          |       | Допуск |                                         |                           |                              |      |
|                            |           | верхн.                                         | нижн. |        | верхн.              | нижн. |        |                                         |                           |                              |      |
| от                         | 1 до 3    | +                                              | 2     | 0      | 2                   | +1    | -1     | 2                                       | 3                         | 3                            | 4    |
| св.                        | 3 " 6     | +                                              | 3,5   | +0,5   | 3                   | +1,5  | -1,5   | 3                                       | 3,5                       | 4                            | 5,5  |
| "                          | 6 " 10    | +                                              | 4     | +1     | 3                   | +1,5  | -1,5   | 3                                       | 3                         | 4                            | 5,5  |
| "                          | 10 " 18   | +                                              | 4,5   | +1,5   | 3                   | +1,5  | -1,5   | 3                                       | 4                         | 5,5                          | 7    |
| "                          | 18 " 30   | +                                              | 6     | +2     | 4                   | +2    | -2     | 4                                       | 4                         | 6                            | 8    |
| "                          | 30 " 50   | +                                              | 6,5   | +2,5   | 4                   | +2,5  | -2,5   | 4                                       | 5                         | 7,5                          | 9,5  |
| "                          | 50 " 80   | +                                              | 8     | +3     | 5                   | +3    | -3     | 5                                       | 5                         | 8                            | 10,5 |
| "                          | 80 " 120  | +                                              | 9,5   | +3,5   | 6                   | +3,5  | -3,5   | 6                                       | 6                         | 9,5                          | 12,5 |
| "                          | 120 " 180 | +                                              | 10,5  | +3,5   | 7                   | +3,5  | -3,5   | 7                                       | 7,5                       | 11                           | 14,5 |
| "                          | 180 " 260 | +13                                            |       | +4     | 9                   | +4,5  | -4,5   |                                         | 8                         | 12                           | 16,5 |
| "                          | 260 " 360 | +15                                            |       | +4     | 11                  | +5,5  | -5,5   |                                         | 10                        | 14                           | 19,5 |
| "                          | 360 " 500 | +17                                            |       | +4     | 13                  | +6,5  | -6,5   |                                         | 12                        | 16                           | 22,5 |

Сентябрь 1931

Утвержден Всесоюзным комитетом по стандартизации при Госплане СССР 20 августа 1931 г. как обязательный с 1 июля 1932 г. для номин. диаметров 1 мм — 180 мм; для номин. диаметров свыше 180 мм стандарт является рекомендуемым.

3. Для отверстий Л (ОСТ 1152) и Ш (ОСТ 1153)

| Номинальные диаметры<br><br>мм |     |      | Размеры в микронах (1 микрон = 1 μ = 0,001 мм) |       |         |                     |       |        |                                      |                     |                       |
|--------------------------------|-----|------|------------------------------------------------|-------|---------|---------------------|-------|--------|--------------------------------------|---------------------|-----------------------|
|                                |     |      | Допуски на неточность изготовления             |       |         |                     |       |        | Допуски на износ производной стороны |                     |                       |
|                                |     |      | Проходная сторона                              |       |         | Непроходная сторона |       |        | Предельное отклонение                | Наим. гарант. износ | Средне-вероятн. износ |
|                                |     |      | Отклонения                                     |       | Допуск. | Отклонения          |       | Допуск |                                      |                     |                       |
|                                |     |      | верхн.                                         | нижн. |         | верхн.              | нижн. |        |                                      |                     |                       |
| от                             | 1   | до 3 | + 4                                            | 0     | 4       | + 2                 | - 2   | 4      | - 3                                  | 3                   | 5                     |
| св.                            | 3   | 6    | + 5                                            | + 1   | 4       | + 2                 | - 2   | 4      | - 3                                  | 4                   | 6                     |
| "                              | 6   | 10   | + 5                                            | + 1   | 4       | + 2                 | - 2   | 4      | - 3                                  | 4                   | 6                     |
| "                              | 10  | 18   | + 6,5                                          | + 1,5 | 5       | + 2,5               | - 2,5 | 5      | - 4                                  | 5,5                 | 8                     |
| "                              | 18  | 30   | + 8                                            | + 2   | 6       | + 3                 | - 3   | 6      | - 4                                  | 6                   | 9                     |
| "                              | 30  | 50   | + 9,5                                          | + 2,5 | 7       | + 3,5               | - 3,5 | 7      | - 5                                  | 7,5                 | 11                    |
| "                              | 50  | 80   | + 11                                           | + 3   | 8       | + 4                 | - 4   | 8      | - 5                                  | 8                   | 12                    |
| "                              | 80  | 120  | + 12,5                                         | + 3,5 | 9       | + 4,5               | - 4,5 | 9      | - 6                                  | 9,5                 | 14                    |
| "                              | 120 | 180  | + 14,5                                         | + 3,5 | 11      | + 5,5               | - 5,5 | 11     | - 7,5                                | 11                  | 16,5                  |
| "                              | 180 | 260  | + 17                                           | + 4   | 13      | + 6,5               | - 6,5 | 13     | - 8                                  | 12                  | 18,5                  |
| "                              | 260 | 360  | + 19                                           | + 4   | 15      | + 7,5               | - 7,5 | 15     | - 10                                 | 14                  | 21,5                  |
| "                              | 360 | 500  | + 22                                           | + 4   | 18      | + 9                 | - 9   | 18     | - 12                                 | 16                  | 25                    |

Схему построения допусков на неточность изготовления и износ калибров см. ОСТ 1201.

Условные обозначения: рабочий калибр — Р, проходная сторона рабочего калибра (проходной калибр) — Р — ПР, непроходная сторона рабочего калибра (или непроходной калибр) — Р — НЕ.

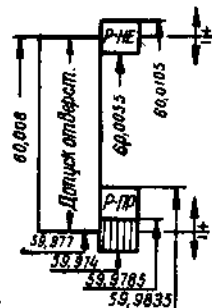
Примечание. Букву Р при клеймении рабочих калибров можно не наносить.

Отклонения отсчитываются:

R — PR для отверстий от нижнего отклонения отверстия по ОСТ 1022.

Р — НВ . . . . . верхнего . . . . . 1022.

Пример. Отклонения для отверстия Н ном. диам. 60 мм: верхнее +8 мк,  
нижнее — 23 мк.



Размеры: Р — ПР наиб.  $60 - 0,023 + 0,0065 = 59,9835$ .

наим. 60 — 0,023 + 0,0015 = 59,9785.

|        |       |    |         |          |             |
|--------|-------|----|---------|----------|-------------|
| P — HE | наиб. | 60 | + 0,008 | — 0,0025 | == 60,0105. |
|--------|-------|----|---------|----------|-------------|

наим.  $60 + 0,008 - 0,0025 = 60,0055$ .

Наим. разм. изнош. калибра: 60—0,023—0,003 = 59,974.

**СТАНДАРТ — железный пролетарский закон.**

**Борьба за стандарт — борьба за качество продукции, борьба за экономию.**

Экономия металла, мы ускоряем темпы индустриализации СССР.

Таблица 33

|                                                                 |                                                                                                                  |                     |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| СССР<br>Всесоюзный комитет<br>по стандартизации<br>при Госплане | Общий стандарт<br>КАЛИБРЫ РАБОЧИЕ<br>для валов и отверстий 3-го класса точности<br>Допуски на неточность и износ | ГОСТ 1205<br>Металл |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|

Калибры для валов  $B_3$  (ОСТ 1023) =  $C_3$  (ОСТ 1061)

| Номинальные диаметры мм | Размеры в микронах (1 микрон = 1μ = 0,001 мм) |       |        |                     |       |        |      |                                    |                           |                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------|-------|--------|---------------------|-------|--------|------|------------------------------------|---------------------------|------------------------------|
|                         | Допуски на неточность изготовления            |       |        |                     |       |        |      | Допуск на износ проходной стороны  |                           |                              |
|                         | Проходная сторона                             |       |        | Непроходная сторона |       |        |      | Пре-<br>дельное<br>отклоне-<br>ние | Наим.<br>гарант.<br>износ | Средне-<br>вероятн.<br>износ |
|                         | Отклонения                                    |       | Допуск | Отклонения          |       | Допуск |      |                                    |                           |                              |
|                         | верхн.                                        | нижн. |        | верхн.              | нижн. |        |      |                                    |                           |                              |
| от 1 до 3 св.           | 0                                             | -4    | 4      | +2                  | -2    | 4      | +3   | 3                                  | 5                         |                              |
| " 3 " 6 "               | -1                                            | -5    | 4      | +2                  | -2    | 4      | +3   | 4                                  | 6                         |                              |
| " 6 " 10 "              | -1                                            | -5    | 4      | +2                  | -2    | 4      | +3   | 4                                  | 6                         |                              |
| " 10 " 18 "             | -1,5                                          | -6,5  | 5      | +2,5                | -2,5  | 5      | +4   | 5,5                                | 8                         |                              |
| " 18 " 30 "             | -2                                            | -8    | 6      | +3                  | -3    | 6      | +4   | 6                                  | 9                         |                              |
| " 30 " 50 "             | -2,5                                          | -9,5  | 7      | +3,5                | -3,5  | 7      | +5   | 7,5                                | 11                        |                              |
| " 50 " 80 "             | -3                                            | -11   | 8      | +4                  | -4    | 8      | +5   | 8                                  | 12                        |                              |
| " 80 " 120 "            | -3,5                                          | -12,5 | 9      | +4,5                | -4,5  | 9      | +6   | 9,5                                | 14                        |                              |
| " 120 " 180 "           | -3,5                                          | -14,5 | 11     | +5,5                | -5,5  | 11     | +7,5 | 11                                 | 16,5                      |                              |
| " 180 " 260 "           | -4                                            | -17   | 13     | +6,5                | -6,5  | 13     | +8   | 12                                 | 18,5                      |                              |
| " 260 " 360 "           | -4                                            | -19   | 15     | +7,5                | -7,5  | 15     | +10  | 14                                 | 21,5                      |                              |
| " 360 " 500 "           | -4                                            | -22   | 18     | +9                  | -9    | 18     | +12  | 16                                 | 25                        |                              |

| Номинальные диаметры<br>мм |     | Размеры в микронах (1 микрон = 1μ = 0,001 мм) |       |                     |       |        |        |       |        |                       |                       | Допуски на износ проходной стороны |  |  |
|----------------------------|-----|-----------------------------------------------|-------|---------------------|-------|--------|--------|-------|--------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|--|--|
|                            |     | Допуски на неточность изготовления            |       |                     |       |        |        |       |        |                       |                       |                                    |  |  |
|                            |     | Проходная сторона                             |       | Непроходная сторона |       |        | Допуск |       |        |                       |                       |                                    |  |  |
|                            |     | Отклонения                                    |       | Отклонения          |       | Допуск | верхн. | нижн. | Допуск | Предельное отклонение | Наимен. гарант. износ | Средне-вероятный износ             |  |  |
|                            |     | верхн.                                        | нижн. | верхн.              | нижн. |        |        |       |        |                       |                       |                                    |  |  |
| от 1 до 3 св.              | 3   | +4                                            | 0     | 4                   | +2    | -2     | 4      | -3    | 3      | 3                     | 5                     |                                    |  |  |
| " 3 " 6                    | 6   | +5                                            | +1    | 4                   | +2    | -2     | 4      | -3    | 3      | 4                     | 6                     |                                    |  |  |
| " 6 " 10                   | 10  | +6,5                                          | +1,5  | 4                   | +2    | -2     | 4      | -3    | 3      | 4                     | 6                     |                                    |  |  |
| " 10 " 18                  | 18  | +8                                            | +2    | 5                   | +2,5  | -2,5   | 5      | -4    | 4      | 5,5                   | 8                     |                                    |  |  |
| " 18 " 30                  | 30  | +9,5                                          | +3    | 6                   | +3    | -3     | 6      | -5    | 5      | 6                     | 9                     |                                    |  |  |
| " 30 " 50                  | 50  | +11                                           | +4    | 7                   | +3,5  | -3,5   | 7      | -6    | 6      | 7,5                   | 11                    |                                    |  |  |
| " 50 " 80                  | 80  | +12,5                                         | +5    | 8                   | +4    | -4     | 8      | -7    | 7      | 8                     | 12                    |                                    |  |  |
| " 80 " 120                 | 120 | +14,5                                         | +7,5  | 9                   | +4,5  | -4,5   | 9      | -8    | 8      | 9,5                   | 14                    |                                    |  |  |
| " 120 " 180                | 180 |                                               | +8,5  | 11                  | +5,5  | -5,5   | 11     | -10   | 10     | 11                    | 16,5                  |                                    |  |  |
|                            |     |                                               |       |                     |       |        |        |       |        |                       |                       |                                    |  |  |
| " 180 " 260                | 260 | +17                                           | +4    | 13                  | +6,5  | -6,5   | 13     | -8    | 8      | 12                    | 18,5                  |                                    |  |  |
| " 260 " 360                | 360 | +19                                           | +4    | 15                  | +7,5  | -7,5   | 15     | -10   | 10     | 14                    | 21,5                  |                                    |  |  |
| " 360 " 500                | 500 | +22                                           | +4    | 18                  | +9    | -9     | 18     | -12   | 12     | 16                    | 25                    |                                    |  |  |

Утвержден Всесоюзным комитетом по стандартизации при Госплане СССР 20 августа 1931 г. как обязательный с 1 июля 1932 г. для номин. диаметров 1 мм — 180 мм; для номин. диаметров свыше 180 мм стандарт является рекомендуемым.

## Калибры рабочие для валов и отверстий 3-го класса

ОСТ 1205

Калибры для валов  $X_3$  и  $Ш_3$  (см. ОСТ 1013)

| Номинальные диаметры мм | Размеры в микронах (1 микрон = $\mu = 0,001$ мм) |        |        |                     |        |    |        |                                    |                     |                      |
|-------------------------|--------------------------------------------------|--------|--------|---------------------|--------|----|--------|------------------------------------|---------------------|----------------------|
|                         | Допуски на неточность изготовления               |        |        |                     |        |    |        | Допуски на износ проходной стороны |                     |                      |
|                         | Проходная сторона                                |        |        | Непроходная сторона |        |    |        | Пре-дельное отклоне-ние            | Наим. гарант. износ | Средне-вероят. износ |
|                         | Отклонения                                       |        | Допуск | Отклонения          |        |    | Допуск |                                    |                     |                      |
|                         | верхн.                                           | нижн.  |        | верхн.              | нижн.  |    |        |                                    |                     |                      |
| от 1 до 3               | — 2,5                                            | — 7,5  | 5      | — 2,5               | — 2,5  | 5  | — 3    | 5,5                                | 8                   |                      |
| 3 " 6                   | — 3,5                                            | — 8,5  | 5      | — 2,5               | — 2,5  | 5  | — 3    | 6,5                                | 9                   |                      |
| 6 " 10                  | — 4                                              | — 10   | 6      | — 3                 | — 3    | 6  | — 3    | 7                                  | 10                  |                      |
| " 10 " 18               | — 4                                              | — 12   | 8      | — 4                 | — 4    | 8  | — 4    | 8                                  | 12                  |                      |
| " 18 " 30               | — 4,5                                            | — 13,5 | 9      | — 4,5               | — 4,5  | 9  | — 4    | 8,5                                | 13                  |                      |
| " 30 " 50               | — 5,5                                            | — 16,5 | 11     | — 5,5               | — 5,5  | 11 | — 5    | 10,5                               | 16                  |                      |
| " 50 " 80               | — 6,5                                            | — 19,5 | 13     | — 6,5               | — 6,5  | 13 | — 5    | 11,5                               | 18                  |                      |
| " 80 " 120              | — 7,5                                            | — 22,5 | 15     | — 7,5               | — 7,5  | 15 | — 6    | 13,5                               | 21                  |                      |
| " 120 " 180             | — 9                                              | — 27   | 18     | — 9                 | — 9    | 18 | — 6    | 15                                 | 24                  |                      |
| 180 " 260               | — 9                                              | — 29   | 20     | — 10                | — 10   | 20 | — 8    | 17                                 | 27                  |                      |
| " 260 " 360             | — 10                                             | — 32   | 22     | — 11                | — 11   | 22 | — 9    | 19                                 | 30                  |                      |
| " 360 " 500             | — 11                                             | — 36   | 25     | — 12,5              | — 12,5 | 25 | — 11   | 22                                 | 34,5                |                      |

Калибры для отверстий  $X_3$  и  $Ш_3$  (см. ОСТ 1023)

| Номинальные диаметры<br>мм | Размеры в микронах (1 микрон = 1 μ = 0,001 мм) |       |        |                     |       |        |                                    |                     |                      |  |
|----------------------------|------------------------------------------------|-------|--------|---------------------|-------|--------|------------------------------------|---------------------|----------------------|--|
|                            | Допуски на неточность изготовления             |       |        |                     |       |        | Допуски на износ проходной стороны |                     |                      |  |
|                            | Проходная сторона                              |       |        | Непроходная сторона |       |        | Пре-дельное отклоне-ние            | Наим. гарант. износ | Средне-вероят. износ |  |
|                            | Отклонения                                     |       | Допуск | Отклонения          |       | Допуск |                                    |                     |                      |  |
|                            | верхн.                                         | нижн. |        | верхн.              | нижн. |        |                                    |                     |                      |  |
|                            |                                                |       |        |                     |       |        |                                    |                     |                      |  |



Таблица 34.

|                                                           |                                                         |          |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------|
| СССР<br>Всесоюзный комитет по стандартизации при Госплане | Общесоюзный стандарт                                    | ОСТ 1206 |
|                                                           | КАЛИБРЫ РАБОЧИЕ<br>для валов и отверстий грубых посадок |          |
|                                                           | Допуски на неточность и износ                           | Металл   |

## Калибры для валов

| Номинальные диаметры<br><br>мм |           | Размеры в микронах (1 микрон = 1 μ = 0,001 мм) |        |        |                     |        |        |        |                                    |                     |                     |
|--------------------------------|-----------|------------------------------------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|--------|------------------------------------|---------------------|---------------------|
|                                |           | Допуски на неточность изготовления             |        |        |                     |        |        |        | Допуски на износ проходной стороны |                     |                     |
|                                |           | Проходная сторона                              |        |        | Непроходная сторона |        |        |        | Предельное отклонение              | Наим. гарант. износ | Среднее откл. износ |
|                                |           | Отклонения                                     |        | Допуск | Отклонения          |        | Допуск |        |                                    |                     |                     |
|                                |           | верхн.                                         | нижн.  |        | верхн.              | нижн.  |        |        |                                    |                     |                     |
| от                             | 1 до 3    | — 6,5                                          | — 13,5 | 7      | + 3,5               | — 3,5  | 7      | + 0,5  | 7                                  | 10,5                |                     |
| св.                            | 3 " 6     | — 8                                            | — 16   | 8      | + 4                 | — 4    | 8      | + 1    | 9                                  | 13                  |                     |
| "                              | 6 " 10    | — 9,5                                          | — 18,5 | 9      | + 4,5               | — 4,5  | 9      | + 2,5  | 12                                 | 16,5                |                     |
| "                              | 10 " 18   | — 10,5                                         | — 21,5 | 11     | + 5,5               | — 5,5  | 11     | + 3,5  | 14                                 | 19,5                |                     |
| "                              | 18 " 30   | — 12,5                                         | — 25,5 | 13     | + 6,5               | — 6,5  | 13     | + 4,5  | 17                                 | 23,5                |                     |
| "                              | 30 " 50   | — 14,5                                         | — 29,5 | 15     | + 7,5               | — 7,5  | 15     | + 5,5  | 20                                 | 27,5                |                     |
| "                              | 50 " 80   | — 16                                           | — 34   | 18     | + 9                 | — 9    | 18     | + 8    | 24                                 | 33                  |                     |
| "                              | 80 " 120  | — 17,5                                         | — 38,5 | 21     | + 10,5              | — 10,5 | 21     | + 10,5 | 28                                 | 38,5                |                     |
| "                              | 120 " 180 | — 18                                           | — 42   | 24     | + 12                | — 12   | 24     | + 14   | 32                                 | 44                  |                     |
| "                              | 180 " 260 | — 20                                           | — 47   | 27     | + 13,5              | — 13,5 | 27     | + 16   | 36                                 | 49,5                |                     |
| "                              | 260 " 360 | — 21                                           | — 51   | 30     | + 15                | — 15   | 30     | + 19   | 40                                 | 55                  |                     |
| "                              | 360 " 500 | — 22                                           | — 57   | 35     | + 17,5              | — 17,5 | 35     | + 23   | 45                                 | 62,5                |                     |

## Калибры для отверстий

| Номинальные диаметры<br><br>мм |           | Размеры в микронах (1 микрон = 1 μ = 0,001 мм) |        |        |                     |        |        |                                    |                     |                     |  |
|--------------------------------|-----------|------------------------------------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|------------------------------------|---------------------|---------------------|--|
|                                |           | Допуски на неточность изготовления             |        |        |                     |        |        | Допуски на износ проходной стороны |                     |                     |  |
|                                |           | Проходная сторона                              |        |        | Непроходная сторона |        |        | Предельное отклонение              | Наим. гарант. износ | Среднее откл. износ |  |
|                                |           | Отклонения                                     |        | Допуск | Отклонения          |        | Допуск |                                    |                     |                     |  |
|                                |           | верхн.                                         | нижн.  |        | верхн.              | нижн.  |        |                                    |                     |                     |  |
| от                             | 1 до 3    | + 13,5                                         | + 6,5  | 7      | + 3,5               | — 3,5  | 7      | — 0,5                              | 7                   | 10,5                |  |
| св.                            | 3 „ 6     | + 16                                           | + 8    | 8      | + 4                 | — 4    | 8      | — 1                                | 9                   | 13                  |  |
| „                              | 6 „ 10    | + 18,5                                         | + 9,5  | 9      | + 4,5               | — 4,5  | 9      | — 2,5                              | 12                  | 16,5                |  |
| „                              | 10 „ 18   | + 21,5                                         | + 10,5 | 11     | + 5,5               | — 5,5  | 11     | — 3,5                              | 14                  | 19,5                |  |
| „                              | 18 „ 30   | + 25,5                                         | + 12,5 | 13     | + 6,5               | — 6,5  | 13     | — 4,5                              | 17                  | 23,5                |  |
| „                              | 30 „ 50   | + 29,5                                         | + 14,5 | 15     | + 7,5               | — 7,5  | 15     | — 5,5                              | 20                  | 27,5                |  |
| „                              | 50 „ 80   | + 34                                           | + 16   | 18     | + 9                 | — 9    | 18     | — 8                                | 24                  | 33                  |  |
| „                              | 80 „ 120  | + 38,5                                         | + 17,5 | 21     | + 10,5              | — 10,5 | 21     | — 10,5                             | 28                  | 38,5                |  |
| „                              | 120 „ 180 | + 42                                           | + 18   | 24     | + 12                | — 12   | 24     | — 14                               | 32                  | 44                  |  |
| „                              | 180 „ 260 | + 47                                           | + 20   | 27     | + 13,5              | — 13,5 | 27     | — 16                               | 36                  | 49,5                |  |
| „                              | 260 „ 360 | + 51                                           | + 21   | 30     | + 15                | — 15   | 30     | — 19                               | 40                  | 55                  |  |
| „                              | 360 „ 500 | + 57                                           | + 22   | 35     | + 17,5              | — 17,5 | 35     | — 23                               | 45                  | 62,5                |  |

Сентябрь 1931.

Утвержден Всесоюзным комитетом по стандартизации при Госплане СССР 20 августа 1931 г. как обязательный с 1 июля 1932 г. для номин. диам. 1 мм — 180 мм; для номин. диаметров свыше 180 мм стандарт является рекомендуемым.

В отдельных случаях, когда по характеру соединения должна быть безусловно исключена возможность получения натяга, при посадке 1 с рекомендуется табличные допуски на износ уменьшить настолько, чтобы отклонения изношенных калибров не переходили за номинальный размер.

Схему построения допусков на точность изготовления и износ калибров см. ОСТ 1201.

Условные обозначения: калибр рабочий — Р, проходная сторона рабоч. калибра (или прох. калибр) — Р — РП, непроходная сторона рабочего калибра (или непроходной калибр) — Р — НЕ.

Примечание. Букву Р при клеймении рабочих калибров можно не наносить.

Отклонения отсчитываются:

Р — РП для валов от верхн. отклонения вала по ОСТ 1014.

Р — РП для отверст. от нижн. отклонения отверст. по ОСТ 1024.

Р — НЕ для валов от нижн. отклонения вала по ОСТ 1014.

Р — НЕ для отверст. от верхн. отклонения отверст. по ОСТ 1024.

Пример: отклонения для вала с 2 ном. диам. 60 мм по ОСТ 1014: верхнее — 100 м, нижнее — 300 м.

Размеры: Р — РП для вала

наиб.  $60 - 0,100 - 0,016 = 59,884$

наим.  $60 - 0,100 - 0,034 = 59,866$

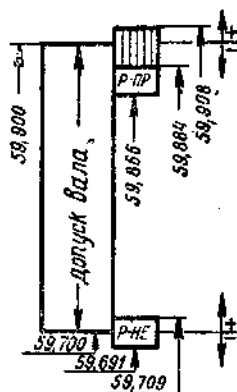
Р — НЕ для вала

наиб.  $60 - 0,300 + 0,009 = 59,709$

наим.  $60 - 0,300 - 0,009 = 59,691$

Наиб. размер изнош. калибра:

Р — РП  $60 - 0,100 + 0,008 = 59,908$ .



**СТАНДАРТ — железный пролетарский закон.**

Борьба за стандарт — борьба за качество продукции, борьба за экономию.

Экономия металла, мы ускоряем темпы индустриализации СССР.

Таблица 35.

Припуски на шлифовку незакаленных валов DIN 60.

| Диаметры      |                    |    | Длина валов |               |                |                 |                 |         |
|---------------|--------------------|----|-------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|---------|
|               |                    |    | до 400      | от 400 до 800 | от 800 до 1200 | от 1200 до 1600 | от 1600 до 2000 | от 2000 |
| до 50         | наибольший припуск | .. | + 0,4       | + 0,45        | + 0,55         | + 0,6           | + 0,7           | + 0,8   |
|               | наименьший         | .. | + 0,25      | + 0,3         | + 0,4          | + 0,45          | + 0,5           | + 0,6   |
| от 50 до 120  | наибольший         | .. | + 0,45      | + 0,45        | + 0,55         | + 0,6           | + 0,7           | + 0,8   |
|               | наименьший         | .. | + 0,3       | + 0,3         | + 0,4          | + 0,45          | + 0,5           | + 0,6   |
| от 120 до 180 | наибольший         | .. | + 0,55      | + 0,55        | + 0,55         | + 0,6           | + 0,7           | + 0,8   |
|               | наименьший         | .. | + 0,4       | + 0,4         | + 0,4          | + 0,45          | + 0,5           | + 0,6   |
| от 180 до 260 | наибольший         | .. | + 0,6       | + 0,6         | + 0,6          | + 0,6           | + 0,7           | + 0,8   |
|               | наименьший         | .. | + 0,45      | + 0,45        | + 0,45         | + 0,45          | + 0,5           | + 0,6   |
| от 260 до 360 | наибольший         | .. | + 0,7       | + 0,7         | + 0,7          | + 0,7           | + 0,7           | + 0,8   |
|               | наименьший         | .. | + 0,5       | + 0,5         | + 0,5          | + 0,5           | + 0,5           | + 0,6   |
| от 360        | наибольший         | .. | + 0,8       | + 0,8         | + 0,8          | + 0,8           | + 0,8           | + 0,8   |
|               | наименьший         | .. | + 0,6       | + 0,6         | + 0,6          | + 0,6           | + 0,6           | + 0,6   |

Таблица 36.

Отклонения отверстия в контрольных кольцах для разверток по DIN 369.

 $\mu$  ( $1 \mu = 0,001 \text{ мм}$ ).

| Система          | Для отверстий      | Сокращенное обозначение | Номинальные диаметры отверстия в миллиметрах |              |               |                |                |                |                |                 |                  |
|------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------|--------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
|                  |                    |                         | 3                                            | Свыше 3 до 6 | Свыше 6 до 10 | Свыше 10 до 18 | Свыше 18 до 30 | Свыше 30 до 50 | Свыше 50 до 80 | Свыше 80 до 120 | Свыше 120 до 150 |
| Система отверст. | Осн. отв. 1 кл.    | eB                      |                                              | + 5          | + 7           | + 8            | + 10           | + 12           | + 13           | + 15            | + 17             |
|                  | Осн. отв. 2 кл.    | B                       | + 6                                          | + 8          | + 10          | + 12           | + 15           | + 17           | + 20           | + 23            | + 27             |
|                  | Осн. отв. 3 кл.    | sB                      | + 12                                         | + 17         | + 20          | + 23           | + 30           | + 33           | + 40           | + 47            | + 53             |
| Система вал      | 1-й класс точности | eF                      |                                              | - 10         | - 13          | - 16           | - 20           | - 24           | - 27           | - 30            | - 33             |
|                  |                    | eT                      |                                              | - 7          | - 8           | - 10           | - 13           | - 14           | - 17           | - 19            | - 22             |
|                  |                    | eH                      |                                              | - 3          | - 3           | - 4            | - 5            | - 6            | - 7            | - 7             | - 8              |
|                  |                    | eS                      |                                              | + 1          | + 2           | + 2            | + 3            | + 3            | + 3            | + 4             | + 4              |
|                  |                    | eG                      |                                              | + 5          | + 7           | + 8            | + 10           | + 12           | + 13           | + 15            | + 17             |
|                  | 2-й класс точности | P                       | - 10                                         | - 14         | - 20          | - 26           | - 32           | - 43           | - 55           | - 67            | - 78             |
|                  |                    | F                       | - 6                                          | - 8          | - 10          | - 12           | - 15           | - 18           | - 20           | - 22            | - 25             |
|                  |                    | T                       | - 3                                          | - 4          | - 5           | - 6            | - 7            | - 8            | - 10           | - 12            | - 13             |
|                  |                    | H                       | 0                                            | 0            | 0             | 0              | 0              | 0              | 0              | 0               | 0                |
|                  |                    | S                       | + 3                                          | + 4          | + 5           | + 6            | + 8            | + 9            | + 10           | + 11            | + 12             |
|                  |                    | G                       | + 6                                          | + 8          | + 10          | + 12           | + 15           | + 17           | + 20           | + 23            | + 27             |
|                  |                    | EL                      | + 9                                          | + 11         | + 15          | + 19           | + 23           | + 26           | + 30           | + 34            | + 38             |
|                  |                    | L                       | + 16                                         | + 24         | + 28          | + 33           | + 41           | + 48           | + 57           | + 65            | + 77             |
|                  |                    | LL                      | + 29                                         | + 38         | + 47          | + 55           | + 68           | + 80           | + 93           | + 110           | + 127            |
|                  |                    | WL                      | + 43                                         | + 53         | + 70          | + 87           | + 103          | + 120          | + 140          | + 160           | + 187            |
| Система          | 3-й класс точности | sG                      | + 12                                         | + 17         | + 20          | + 23           | + 30           | + 33           | + 40           | + 47            | + 53             |
|                  |                    | sL                      | + 23                                         | + 31         | + 38          | + 46           | + 54           | + 62           | + 77           | + 92            | + 107            |
|                  |                    | sWL                     | + 50                                         | + 67         | + 83          | + 100          | + 123          | + 147          | + 167          | + 207           | + 233            |

Таблица 37.

|                                                                   |                                           |                    |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------|
| СССР<br>Совет труда и обороны<br><br>Комитет<br>по стандартизации | Общесоюзный стандарт                      | ОСТ 437            |
|                                                                   | СВЕРЛА СПИРАЛЬНЫЕ<br>Допуски по диаметрам | МБИ (Л.В.): 621.95 |

мм

| Диаметры сверл               | Сверла<br>шлифованные |        |             | Сверла<br>нешлифованные |        |             |
|------------------------------|-----------------------|--------|-------------|-------------------------|--------|-------------|
|                              | Отметки<br>допуска    |        | До-<br>пуск | Отметки<br>допуска      |        | До-<br>пуск |
|                              | наиб.                 | наим.  |             | наиб.                   | наим.  |             |
| До 3 мм включительно         | 0                     | — 0,02 | 0,02        | 0                       | — 0,04 | 0,04        |
| Свыше 3 мм до 10 мм включит. | 0                     | — 0,03 | 0,03        | 0                       | — 0,05 | 0,05        |
| " 10 " " 18 " "              | 0                     | — 0,04 | 0,04        | —                       | —      | —           |
| " 18 " " 30 " "              | 0                     | — 0,05 | 0,05        | —                       | —      | —           |
| " 30 " " 50 " "              | 0                     | — 0,06 | 0,06        | —                       | —      | —           |
| " 50 " " 80 " "              | 0                     | — 0,08 | 0,08        | —                       | —      | —           |

Апрель 1929 г.

Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны  
5 марта 1929 г. как обязательный с 1 января 1930 г.

## Замечания к таблицам 38—46.

Ниже мы помещаем таблицы, содержащие ряд указаний и примеров, которыми можно руководствоваться при выборе посадок в каждом отдельном случае практики. Из этих примеров учащийся легко заключит, что в вопросе назначения посадок имеется много неясного и условного.

Для того чтобы правильно выбрать посадку, необходимо учесть как условия работы данной детали, так и условия ее изготовления. Часто приходится применять различные посадки, для того чтобы учесть какие-либо добавочные обстоятельства, на первый взгляд легко упускаемые из вида (например требование особенно легкой разборки). Таблица 38 заимствована из 4-й книги DIN <sup>1)</sup> и составлена для этой системы допусков. Однако она полностью может быть использована и при постановке допусков по ОСТ.

Необходимо оговориться, что данные таблицы не являются непреложными законами и приводятся исключительно лишь для предварительных общих соображений, при отсутствии других более точных данных. Окончательно допуски можно установить только на основании опытного материала, полученного путем анализа условий изготовления, сборки и работы данного рода механизмов.

Далее мы приводим ряд таблиц (39—45), применявшихся на заводе Русский Дизель при производстве стационарных 4-тактных двигателей Дизеля.

<sup>1)</sup> См. русский перевод К. Граменца „Пригонки и допуски“. Оргаметалл, Москва. В этой книге содержится ряд других таблиц, дающих примеры применения посадок DIN в различных областях техники.

Мы заменили заводские обозначения посадок DIN наиболее подходящими посадками ОСТ<sup>1)</sup>. Обращаем внимание на то, что в таблицах совершенно отсутствуют посадки тугая (Т) и плотная (П). Это объясняется тем, что из нормалей Русского Дизеля соответственные посадки DIN (Т и S) выкинуты.

Везде применена система отверстия, и следовательно отверстия 2-го класса обозначены А, а отверстия 3-го класса А<sub>3</sub>. Напомним, что согласно ОСТ посадки обозначаются одной буквой, во 2-м классе без значков (Г, С, Х и т. д.), а в третьем со значком (С<sub>3</sub>, Х<sub>3</sub> и т. д.).

Завод, не будучи в состоянии во всех случаях обеспечить изготовление точных отверстий, широко применил комбинированные посадки отверстий 3-го класса с валами 2-го. Такие посадки мы обозначаем дробью, например:  $\frac{A_3}{C}, \frac{A_3}{Pr}$ . Это значит, что отверстие изготавливается по предельной

пробке 3-го класса, а вал по скобам 2-го: соответственно, по скобе С (скользящая посадка) и скобе Пр (прессовая). Такие комбинированные посадки не могут оказаться туже, чем соответственные посадки второго класса, но часто оказываются свободнее.<sup>2)</sup>

Интересно, что во многих случаях посадки выбраны так, что заранее предусмотрена возможность слесарной пригонки (т. е. посадка взята заводом более плотная, чем это требуется). Завод имеет даже свою специальную посадку 3-го класса (отсутствующую у DIN), дающую возможность получить путем небольшой слесарной пригонки посадку характера плотной при работе по допускам 3-го класса.

В случае применения гладких валиков в шарнирах неизбежен отказ от работы по системе отверстия (см. гл. IV). Для того чтобы не вводить новых калибров, таблицы предусматривают отказ при изготовлении отверстия в серье от работы по предельным калибрам, рекомендуя делать это отверстие по браковочной стороне пробки А<sub>3</sub>, пользуясь ею также, как пользуются нормальным калибром. Так как валики шлифованы по скобе Н, то очевидно зазор всегда обеспечен. Приводимые таблицы из области дизелестроения показывают, как завод крупного машиностроения пользовался предельными калибрами при невозможности добиться полной взаимозаменяемости. При улучшении технологического процесса, несомненно, многие посадки можно будет осуществить с большей определенностью (например переходя с 3-го на 2-й класс точности).

Таблица 46 дает ряд посадок, применяющихся в производстве малых электромоторов. Эти примеры взяты из практики завода Электросила, где таковые моторы (типа А) производились массовым (поточным) порядком. Приведенные посадки выработаны опытным путем и дают вполне удовлетворительные результаты. Ручная пригонка совершенно исключена. Рекомендуем обратить внимание на широкое использование „настроенных“ револьверных станков. Некоторые операции, упомянутые в таблице, будут более подробно описаны в следующих главах книги.

При некоторой спорности вопроса о выборе посадок, приведенные примеры дают общее представление о том, какого рода соображения могут влиять на выбор той или иной посадки в каждом частном случае.

<sup>1)</sup> Такая замена не вносит какой-либо неточности, так как самый выбор посадки до некоторой степени условен.

<sup>2)</sup> Такая практика предполагает, что при расточке отверстий токарь будет всегда держаться ближе к приемной стороне и допуск 3-го класса, вообще говоря, не будет использован.

Примеры посадок по DIN.<sup>1)</sup>

## 1-й и 2-й КЛАССЫ ТОЧНОСТИ.

1-й класс точности касается только неподвижных посадок: глухой, тугой, напряженной и плотной, а также скользящей, когда предъявляются особо высокие требования в смысле однородности изготовления.

2-й класс касается как неподвижных посадок, так и подвижных.

|                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Прессовая посадка Р. [Ближайшая посадка ОСТ Пр].</p>  | <p>Прессовая посадка применяется в таких частях, которые должны безусловно плотно сидеть и насаживаться под значительным давлением. До применения прессовой посадки необходимо в каждом новом случае, на основании указанных натягов, а если нужно, то и опытным путем, тщательно исследовать, удовлетворяет ли посадка предъявленным требованиям. Прочность соединения зависит от формы и материала пригоняемых частей. Для известных прессовых соединений крупного машиностроения требуются более значительные натяги.</p> | <p>Общее машиностроение.</p> <p>Бронзовые зубчатые венцы на чугунных шестернях; втулки в подшипниках, шестернях и шатунах; соединительные муфты.</p> <p>Электромашиностроение.</p> <p>Листы для сердечников якорей, ступицы вентиляторов, подшипниковые шиты у двигателей для моторных вагонов, корпуса индукторов.</p>                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>Глухая посадка еF и F. [Ближайшая посадка ОСТ—Г].</p> | <p>Глухая посадка применяется в таких частях, которые должны безусловно плотно сидеть и могут быть соединены или разобраны только под давлением. Соединяемые части должны быть обеспечены против проворачивания.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>Станкостроение.</p> <p>Зубчатые венцы на шестернях, втулки в подшипниках, планшайбы на шпинделях лобовых станков, насаженные буртики на шпинделях и валах.</p> <p>Автостроение.</p> <p>Втулки в ступицах колес.</p> <p>Поршневые машины.</p> <p>Коромысла и кривошипы на валах (если неприменима прессовая посадка), рубашка поршневых золотников в цилиндрах.</p> <p>Общее машиностроение.</p> <p>Вставные напфы валцов, червячные шестерни, а также все части, испытывающие при своем вращении удары, как, напр., кулачные шайбы и приводные</p> |

<sup>1)</sup> Выдержка из 4-й книги DIN.

|                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                    | шестерни на валах сотрясательных аппаратов, коксо- и камнедробилок и т. д. (если неприменима прессовая посадка); бронзовые венцы на чугунных зубчатых и червячных шестернях; колеса на осях узкоколейных жел. дорог, цельные муфты на концах валов, роторы динамомашин, рычаги на валах, разъемные фрикционные муфты и шестерни на валах двигателей (напр., для трамваев).                           |
| Тугая посадка еТ и Т.<br>[Ближайшая посадка ОСТ Т].       | Тугая посадка применяется в таких частях, которые должны всегда прочно сидеть и могут быть собраны только с значительным усилием при помощи ручников. Соединяемые части должны быть обеспечены против проворачивания.                              | Станкостроение.<br>Шестерни, к которым по соображениям разборки неприменима посадка Р, но которые должны сидеть безусловно плотно и должны быть обеспечены стопорами против продольного смещения и шпонками против проворачивания; ременные шкивы, внутренние кольца шариковых подшипников на валах.                                                                                                 |
| Напряженная посадка еН и Н.<br>[Ближайшая посадка ОСТ—Н]. | Напряженная посадка применяется в таких частях, которые должны плотно сидеть и могут быть собраны или разобраны при помощи ручника без значительных усилий. Соединяемые части должны быть обеспечены против проворачивания и продольного смещения. | Станкостроение.<br>Части, которые туго насаживаются на шпонках и лишь изредка снимаются, втулки в шестернях, шестерни на рабочем шпинделе (токарные станки), фланцы соединительных муфт, внутренние кольца шариковых подшипников, маховики, рукоятки и т. п. на валах.                                                                                                                               |
|                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                    | Автостроение.<br>Рычаги и шестерни, внутренние кольца шариковых подшипников и т. д. на валах, если требуется возможность разборки без особых приспособлений.<br><br>Поршневые машины.<br>Шестерни распределительного механизма или привода регулятора, а также эксцентрики на распределительных валах; маховики на валах.<br><br>Регуляторы.<br>Кулисы и опорная пята, вгоняемые вкладыши и втулки в |

корпусах подшипников или рычагах и на валах, туго насаживаемые коромысла, приводные колеса и ременные шкивы, поводки и т. п., кои насаживаются на шпонках и редко разбираются, ползуны регулируемого впускного эксцентрика для эксцентриковых регуляторов.

#### Общее машиностроение.

Рабочие колеса турбин, соединительные муфты, шестерни, тормозные диски, рабочие шкивы, маховики на валах, кривошипы для передачи небольших усилий, равно как вообще все ведущие и ведомые части, если они насажены на конец или на утолщение вала и если более плотной посадки не требуется; внутренние кольца шариковых подшипников на валах для больших нагрузок, якоря на валах, вгоняемые цельные втулки подшипников, грундбуксы, втулки сальников, втулки шарниров, закаленные втулки для рычагов распределительного механизма и т. д.

Плотная посадка еS и S.  
[Ближайшая посадка ОСТ—П].

Плотная посадка применяется в таких частях, которые могут быть собраны или разобраны от руки или при помощи деревянного молотка.

#### Станкостроение.

Части, подлежащие частой разборке и закрепленные шпоной или шурупом, шейки неподвижных осей в опорах, часто разбираемые втулки подшипников или маховички, наружные кольца шариковых подшипников в кожухах, сменные шестерни, буксы.

#### Автостроение.

Наружные кольца шариковых подшипников в кожухах, центрирующие заточки, установочные кольца.

#### Поршневые машины.

Цилиндрические посадки поршневых штоков в крейцкопфах, цапфы вилки распределительного механизма.

|                                                             |                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                             |                                                                                                                          | <p>Общее машиностроение.</p> <p>Внутренние кольца шариковых подшипников, центробежные колеса на валах.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p>Скользкая посадка eG и G. [Ближайшая посадка OСТ—С].</p> | <p>Посадка скользкая применяется в таких частях, которые при смазке еще передвигаются вручную.</p>                       | <p>Станкостроение.</p> <p>Шпиндель задней бабки, перечины радиальносверлильных станков, на колоннах, расточные головки на борштангах, установочные кольца, сменные шестерни на валах, фрезера на оправках, рукоятки на маховичках, штифт указателя в делительных кругах.</p> <p>Поршневые машины.</p> <p>Все части, которые переменяются одна в другой без зазора, с незначительным давлением и с присасыванием, напр., поршни масляных катарактов, свободные втулки поршневых пальцев.</p> <p>Общее машиностроение.</p> <p>Наружные кольца шариковых подшипников в кожухах, спальные диски соединительных муфт, цельные шкивы и фрикционные муфты, насаживаемые на вал со шпонками, центрирующие фланцы трубопроводов и клапанов.</p> |
| <p>Посадка движения EL. [Ближайшая посадка OСТ D].</p>      | <p>Посадка движения применяется в таких частях, которые должны передвигаться одна в другой, но без заметного зазора.</p> | <p>Станкостроение.</p> <p>Ползуны долбежных станков, шестерни на пружинных шпонках, сменные шестерни, холостые части соединительных муфт для точных передач, шпинделя делительных головок, подшипники шпинделя на патронных и на шлифовальных станках, передвижные шестерни в коробках перебора, штифты указателя в направляющих втулках делительных головок.</p> <p>Поршневые машины.</p> <p>Подшипники шатунов, шпинделя бессальниковых клапанов в распределительных механизмах паровых машин, поршни индикаторов.</p>                                                                                                                                                                                                               |

|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                             | <p><b>Регуляторы.</b></p> <p>Регулирующие, распределяющие и изодромные поршни для непрямой регулировки.</p> <p><b>Общее машиностроение.</b></p> <p>Сцепные муфты.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p>Ходовая посадка L.<br/>[Ближайшая посадка ОСТ X].</p>        | <p>Ходовая посадка применяется в таких частях, которые должны перемещаться одна в другой с заметным зазором.</p>                                                                                                            | <p><b>Станкостроение.</b></p> <p>Обыкновенные подшипники для валов перебора и т. п., распорные кольца или фрикционные муфты, основные подшипники токарных, фрезерных и сверлильных станков.</p> <p><b>Автостроение.</b></p> <p>Карданные валы, коленчатые валы, кулачковые валы во втулках или подшипниках, подшипники шатунов.</p> <p><b>Регуляторы.</b></p> <p>Все подшипники регуляторов и инерционных коробок, втулки и ползуны на валах, ползуны в направляющих.</p> <p><b>Общее машиностроение.</b></p> <p>Подшипники в коробках шестерен и червячных передач.</p> |
| <p>Легкоходовая посадка LL.<br/>[Ближайшая посадка ОСТ—Л].</p>  | <p>Легкоходовая посадка применяется в таких частях, которые должны перемещаться одна в другой с значительным зазором.</p>                                                                                                   | <p><b>Станкостроение.</b></p> <p>Ходовые винты суппортов, валы с несколькими подшипниками.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p>Широкоходовая посадка WL.<br/>[Ближайшая посадка ОСТ—Ш].</p> | <p>Широкоходовая посадка применяется в таких частях, которые должны перемещаться одна в другой с весьма значительным зазором, равным в среднем <math>1\frac{1}{2}</math>-кратному среднему зазору легкоходовой посадки.</p> | <p><b>Общее машиностроение.</b></p> <p>Точные трансмиссии и контрприводы, весьма быстро вращающиеся машины; особые случаи, требующие весьма значительного зазора при большой точности, вкладыши подшипников турбогенераторов.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

## 3-Й КЛАСС ТОЧНОСТИ.

3-й класс точности применяется в том случае, когда требования, предъявляемые к однородности посадки, не так велики, как во втором классе, но когда все-таки должен быть сохранен известный характер каждой посадки. 3-й класс точности касается подвижных посадок. Соответственно большим колебаниям зазоров, каждая посадка захватывает область нескольких смежных посадок 2-го класса.

Скользкая посадка sC.  
[Ближайшая посадка OST C<sub>2</sub>].

Скользкая посадка применяется в таких частях, которые должны легко входить одна в другую и перемещаться, без соблюдения присасывающей посадки скольжения 2-го класса.

Ходовая sL.  
посадка  
[Ближайшая посадка OST—X<sub>3</sub>].

Ходовая посадка применяется в таких частях, которые должны перемещаться одна в другой с заметным, даже значительным зазором.

## Общее машиностроение.

Установочные кольца, рукоятки, шестерни, цельные рабочие шкивы, соединительные муфты и т. д., которые должны надеваться на вал.

## Автостроение.

Осевые буксы (передних колес).

## Поршневые машины.

Коренные подшипники коленчат. валов, подшипники шатунов, крейцкопфы в направляющих, направляющие поршневых штоков, штоки золотников, шпиндель клапана двигателей внутреннего сгорания, а также валы с 3 подшипниками и валы сильно нагреваемых частей двигателей внутреннего сгорания, поршни и поршневые золотники в цилиндрах, плунжеры в их втулках, эксцентриковые хомуты.

## Общее машиностроение.

Подшипники динамомашин, вальцев, центробежных насосов, насосов с зубчатой передачей и валов для вентиляторов, холостые канатные шкивы, сальники, регулируемые соединительные муфты и т. д.

## Паровозостроение.

Цапфы золотникового крейцкопфа, кулисные камни, подшипники распределительных валов.

Широкоходная посадка sWL.  
[Ближайшая посадка OST W<sub>3</sub>].

Широкоходовая посадка применяется в таких частях, которые должны перемещаться в других с весьма значительным зазором.

## Автостроение.

Подшипники для моторных плугов.

|                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                              | <p>Общее машиностроение.</p> <p>Осевые буксы повозок, подшипники сельскохозяйственных машин, предназначенные для передвижения по неровной почве, подшипники трансмиссий, холостые шкивы.</p> <p>Паровозостроение.</p> <p>Центрирующие выступы на крышках цилиндров и золотниковых коробок, части сальников, поршневые кольца (по ширине), цапфы коромысла.</p>                                                                                             |
| 4-й КЛАСС ТОЧНОСТИ [грубые посадки].                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <p>4-й класс точности применяется в таких частях, где допускаются значительные зазоры и требуются большие допуски на неточность изготовления или при очень свободных посадках, во избежание заедания вследствие образования ржавчины.</p> |                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <p>Грубая I посадка g<sub>1</sub>.<br/>[Ближайшая посадка ОСТ 2 1].</p>                                                                                                                                                                   | <p>Грубая I посадка применяется в таких частях, которые должны легко входить одна в другую, однако, с возможно малым зазором, несмотря на большие допуски на неточность изготовления.</p>                                                    | <p>Общее машиностроение.</p> <p>Распорные трубки; части, которые после соединения подлежат сварке.</p> <p>Грубое машиностроение.</p> <p>Части, которые зажимаются или закрепляются на валах шпильками или шурупами.</p> <p>Аппаратостроение.</p> <p>Подшипники для рычажных выключателей, отверстия в рукоятках и рычагах, части пишущих машин.</p> <p>Паровозостроение.</p> <p>Направляющие золотникового штока, шарнирные болты для топочных дверей.</p> |
| <p>Грубая II посадка g<sub>2</sub>.<br/>[Ближайшая посадка ОСТ 2 2].</p>                                                                                                                                                                  | <p>Грубая II посадка применяется в частях с большими допусками, подвижность которых должна во всяком случае обеспечиваться известным минимальным зазором, но с тем, чтобы не могли образоваться недопустимо большие максимальные зазоры.</p> | <p>Вообще во всех случаях, когда грубая I посадка становится слишком тесной (если части имеют случайно крайний размер), напр., при весьма свободных посадках с применением тянутого материала с точностью до 10 PE.</p>                                                                                                                                                                                                                                    |

|                                                                        |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                        |                                                                                                                                               | <p>Общее машиностроение.</p> <p>Поршневые кольца (плоская пригонка), съемные рычаги и рукоятки, оси рычагов и вилок, подшипники для роликов.</p> <p>Автостроение.</p> <p>Подшипники для пусковых рукояток, отверстия в рессорных коробках, служащих одновременно направляющими для рессор.</p> <p>Точная механика.</p> <p>Части, которые — напр. также и в никелированном виде — должны входить одна в другую с соблюдением взаимозаменяемости, подшипники осей рычагов и шарниров, цапфы стоек с зажимными втулками, оси аппаратов, часто перемещаемые в осевом направлении.</p> |
| <p>Грубая III посадка<br/>гг.<br/>[Ближайшая посадка<br/>ОСТ г 3].</p> | <p>Грубая III посадка применяется в таких частях с большими допусками, которые должны иметь минимальный зазор в 10 PE.</p>                    | <p>Общее машиностроение.</p> <p>Подшипники для сельскохозяйственных машин, машины для домашнего хозяйства.</p> <p>Автостроение.</p> <p>Оси вилок тормозной тяги.</p> <p>Аппаратостроение.</p> <p>Собачки пусковых рычагов, подшипники осей поворотных выключателей, пистонные контакты, кожухи из листового железа.</p> <p>Вагоностроение (ж.-дор.).</p> <p>Шворни, буферные плиты.</p>                                                                                                                                                                                           |
| <p>Грубая IV посадка<br/>гг.<br/>[Ближайшая посадка<br/>ОСТ г 4].</p>  | <p>Грубая IV посадка применяется в таких частях с большими допусками, которые должны сидеть очень свободно с минимальным зазором в 20 PE.</p> | <p>Паровозо- и вагоностроение.</p> <p>Вал регулятора на паровозах, дверцы дымовой коробки, рессорные и тормозные подвески, подшипники тормозного вала, буферные тарелки, втулки роликов раздвижных дверей в ж.-д. и трамвайных вагонах, валики спящего прибора для паровозов.</p> <p>Аппаратостроение.</p> <p>Кожухи из листового железа.</p>                                                                                                                                                                                                                                     |

## Рычаги и рычажный валик двигателя Дизеля.

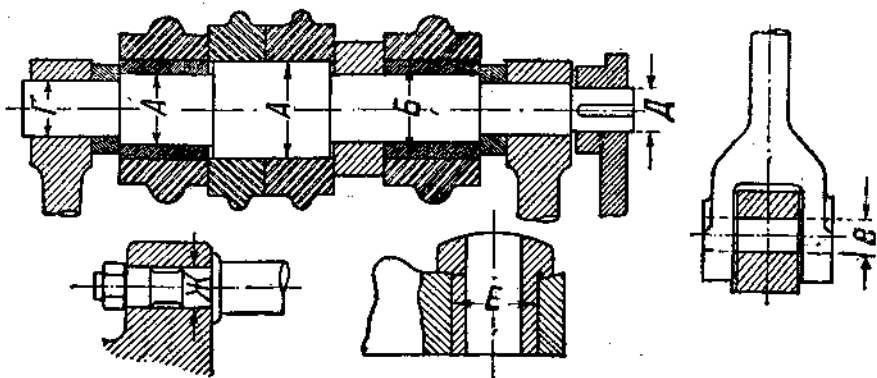


Рис. 152.

Размер А. Посадка рычага на валике ходовая с зазором, обеспечивающим хорошую смазку. Наиболее рациональная и простая  $\frac{A_3}{X}$ .

Размер Б. Бронзовая втулка запрессовывается в отверстие. Возможные посадки Г и более простая по выполнению  $\frac{A_3}{\text{Пр}}$ .

Размер В. Цапфа ролика должна сидеть плотно в рычаге. Посадка ролика на цапфе ходовая. В виду того, что диаметр цапфы по всей длине постоянный, при установлении допусков приходится отступить от системы единого отверстия. Цапфа делается по Н, отверстие в рычаге по А, отверстие в роликах по браковочной стороне  $A_3$ .

Размер Г. Подшипник колонки разрезной. Посадка ходовая.

В виду необходимости дать некоторый запас на шабренье при сборке допуск устанавливается  $\frac{A_3}{H}$ .

Размер Д. Рукоятка закрепляется плотно на рычажном валике. Посадка  $\frac{A_3}{\Gamma}$ .

Размер Е. Подъемная втулка нефтяного рычага имеет посадку  $\frac{A_3}{\Gamma}$ .

Размер Ж. Хвост колонки должен давать правильную установку, в крышке посадка может быть ходовая. Наиболее подходящей и простой по изготовлению является  $\frac{A_3}{C}$ .

<sup>1</sup> См. стр. 265.

Таблица 40.

## Валы двигателя Дизеля.

(Распределительный, передаточный и др.).

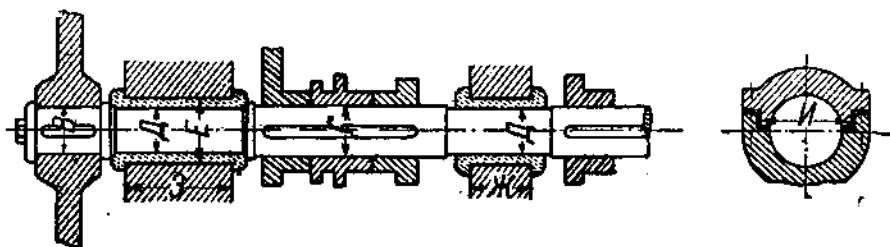


Рис. 154.

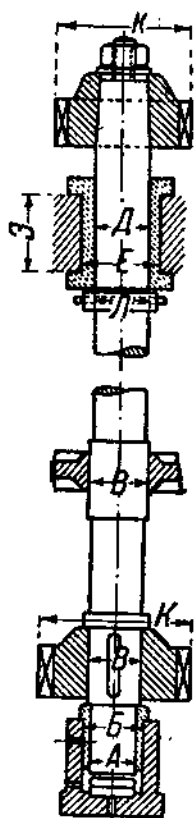


Рис. 153.

Размер А. Втулка подпятника неразрезная. Посадка точная. Зазор должен обеспечивать хорошую смазку. При вставке втулки в подпятник внутренний диаметр ее слегка деформируется. Посадка  $\frac{A_3}{X}$ .

Размер Б. Бронзовая втулка сидит в подпятнике неподвижно. В то же время должна быть обеспечена легкая выемка втулки в случае износа. В виду затруднительности изготовления отверстия высшей степени точности надлежит применять более легкие по выполнению посадки  $\frac{A_3}{H}$ .

Размер В. Для всех шестерен, сидящих плотно на валу, необходима посадка Н. (Шпонки и шпоночные канавки делаются по специальным калибрам, обеспечивающим плотную пригонку их.)

Примечание: Если шестерня связывается с валом откидной защелкой (насос), то надлежит применять посадку  $\frac{A_3}{X}$ .

Размер Г. Посадка точная. Возможные посадки Н и С. В виду того, что 1) валы на последней операции не шлифуются, а опиляются, т. е. получают не строго цилиндрическими и 2) втулка кулачной шайбы длинна, на практике наиболее рациональной оказалась посадка С при  $\varnothing Г \geq 80$  мм.

Примечание: При реверсивном распределительном устройстве с перемещением кулачных шайб вдоль оси вала, кулачные шайбы надеваются на муфту (шлифованную) с тем же допуском. Сама муфта движется по распределительному валу. Посадка точная Х (и вал, и внутреннее отверстие муфты шлифуются).

Размер Д. Посадка ходовая. Принимая во внимание необходимость припуска на шабрение при сборке и возможность регулирования зазора прокладками, надлежит применять посадку  $\frac{A_3}{H}$ .

Размер Е. Вкладыш должен легко выниматься и проворачиваться. Как и для размера Д по условиям сборки посадка  $\frac{A_3}{H}$  (возможно расшабривание постели вкладыша и опиловка его наружной поверхности).

Размер Ж. В неупорных подшипниках посадка вкладыша на постель, скользящая со средней степенью точности пригонки. Подходящая посадка  $C_3$ . (Возможен незначительный зазор.)

Размер З. В упорных подшипниках посадка напряженная. Продольное перемещение вкладыша недопустимо. При невозможности работы по 2-му классу применяется специальная посадка со слесарной опиловкой.

Размер И. Во избежание поперечного перемещения верхней половины вкладыша посадка замка крышки подшипника должна быть полуподвижной (скользящей.) Наиболее рациональна была бы посадка С.

В виду того, что строжка подшипника и крышки с указанной степенью точности невозможна, применяется менее определенная, но более легкая в выполнении на станках специальная посадка (возможен небольшой зазор или небольшой натяг, требующий небольшой опиловки).

Размер К. Наружный диаметр винтовых шестерн для более точного нарезания зубьев надлежит делать по предельной скобе  $C_3$ .

Размер Л. Упорные кольца (с закреплением с помощью цилиндрических или конических штифтов) могут иметь посадку  $\frac{A_3}{H}$  или С (в зависимости от обработки вала).

Таблица 41.

## Регулятор двигателя Дизеля.

подпятник SKF

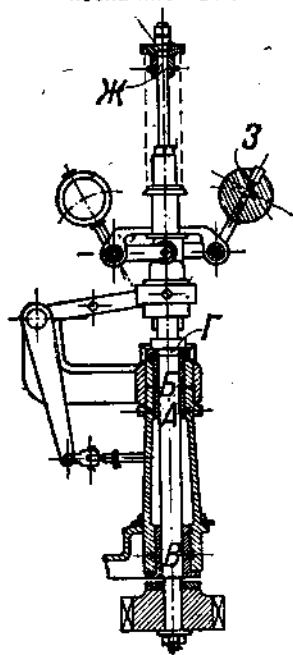


Рис. 155.

Размер А. Посадка неразрезного вкладыша в корпусе стойки  $\frac{A_3}{H}$ ; для вкладышей, у которых наружный диаметр превосходит 50 мм при длине  $L \geq 2d$  достаточно плотной оказывается  $\frac{A_3}{C}$ .

Размер Б. Кронштейн закрепляется стопорным болтом. Посадка  $C_3$ .

Размер В. Посадка вала ходовая. В виду того, что вкладыш при посадке его в корпус стойки деформируется, внутренняя расточка его делается по  $A_3$ . Вал обрабатывается по Х.

Размер Г. Посадка маслособиранителя на верхнем вкладыше  $\frac{A_3}{H}$ .

Размер Д. Посадка муфты регулятора ходовая точная Х (вал шлифуется).

Размер Е. Державка маятниковых рычагов сидит на валу неподвижно. Посадка точная Н.

Размер Ж. Колпачок—направляющая пружины имеет ходовую посадку средней степени точности  $C_3$ .

Размер З. Посадка грузов на маятниковых рычагах скользящая  $\frac{A_3}{C}$ .

Размер И. Посадка маятниковых рычагов на цапфе С.

Размер К. Ролик маятникового рычага имеет ходовую посадку Х.  
 Размер Л. Верхнее и нижнее кольца подпятника калибруются по наружному диаметру. Посадка С.

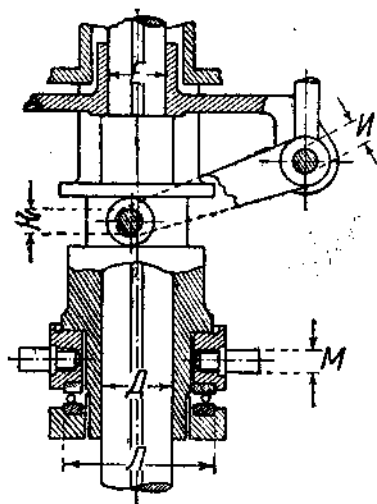


Рис. 156.

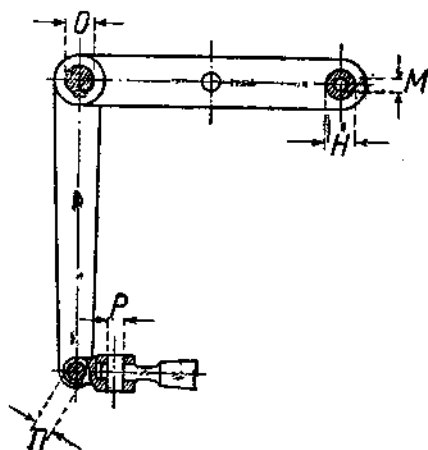


Рис. 157.

Размер М. Посадка ходовая. В виду того что втулка цапфы муфты при вставке в рычаг деформируется, внутренний диаметр ее делается по  $A_3$ . Допуск для цапфы по Х.

Размер Н. Посадка цапфы в рычаге Г.

Размер О. Посадка перестановочного и составного рычагов Н. Посадка валика в кронштейне ходовая Х.

При вставной втулке в кронштейне посадка  $\frac{A_3}{X}$ ; посадка втулки Г.

Размер П. Серьга имеет на цапфе перестановочного рычага ходовую посадку Х.

Размер Р. Цапфа сидит в серьге неподвижно. Допуски для цапфы Н; для отверстия в серьге А. Отверстие в тяге делается по непроходной стороне  $A_3$ .

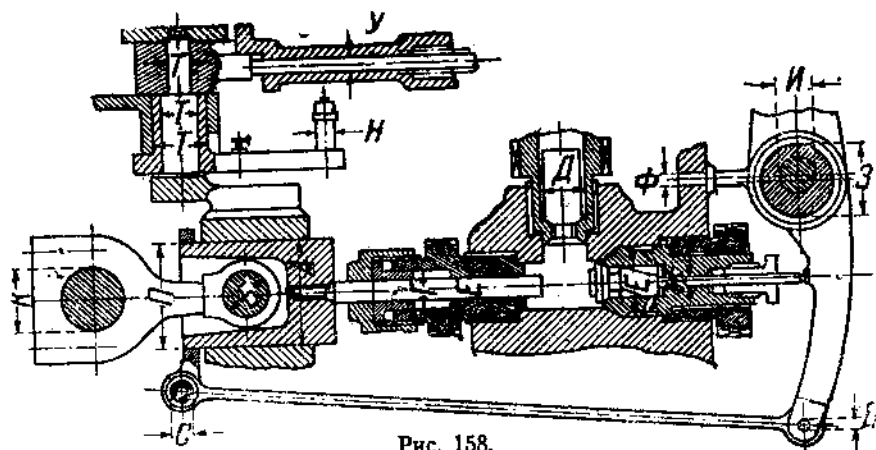


Рис. 158.

Размер А. Ползун разгружает плунжер от боковых давлений. Посадка Х. Для ползун, связанных резьбой с плунжерами, имеющими сальниковое уплотнение, посадка более легкая  $\frac{A_3}{X}$ .

Размер Б. Гладкая цапфа ползуна делается по Н. Отверстия в ползуне развертываются по А, в шатуне по непроходной стороне  $A_3$ . Те же допуски для вильчатых соединений отсечных тяг (размер Б<sup>1</sup>) и эксцентров.

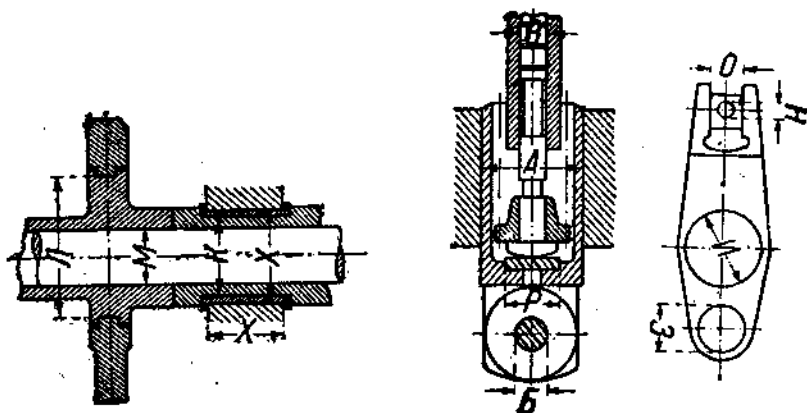


Рис. 159.

Размер В. Для плунжеров с сальником посадка  $\frac{A_3}{X}$  (плунжера, связанные с ползуном резьбой, шлифуются заодно с ползуном. Сальник на резьбе развертывается при сборке).

Размер Г. Букса сальника делается со скользящей посадкой во избежание перекоса  $\frac{A_3}{C}$  (внутренний диаметр развертывается по  $A_3$ ).

Размер Д. Посадка клапанов в стаканах ходовая  $X_2$ .

Размер Е. Для облегчения притирки конуса стакана всасывающего клапана посадка его делается ходовой  $X_1$ .

Размер Ж. Посадка шпинделя или толкача всасывающего клапана ходовая  $\frac{A_3}{X}$ .

Размеры З, И, Н. Пригонка деталей регулировки насоса (валики, эксцентрики, рычаги, тяги ручной регулировки и приводов к регуляторам и т. п.) должна быть точной. Посадка ходовая  $X$ .

Размер К. Шейки валов (коренные и мотылевые) обрабатываются с припуском на последующую сборку. Посадка  $\frac{A_3}{H}$ .

Размер Л. Бугель эксцентрика. Посадка ходовая  $\frac{A_1}{X}$ .

Размер М. Внутренний валик насоса. Посадка ходовая точная  $X$ .

Размер О. Ползушка. Допуски средней точности  $C_3$ . При сборке, окончательная ходовая пригонка.

Размер П. Бугель ползуна. Посадка неподвижная точная  $G$ .

Размер Р. Упорная шайба. Посадка  $\frac{A_2}{T}$ .

Размер С. Вставная втулка цапфы. Посадка  $G$ .

Размер Т. Рычаги выключения и регулирования. Посадки ходовые  $X$ .

Размер У. Рукоятка выключения. Посадка для направления ходовая  $X_2$ .

Размер Ф. Хвост колодки отсечного валика служит для направления. Посадка скользящая  $C_3$ .

Размер Х. Посадка для деталей подшипников. См. табл. 40, допуски для валов.

Таблица 43.

Всасывающий и выпускной клапана двигателя Дизеля.

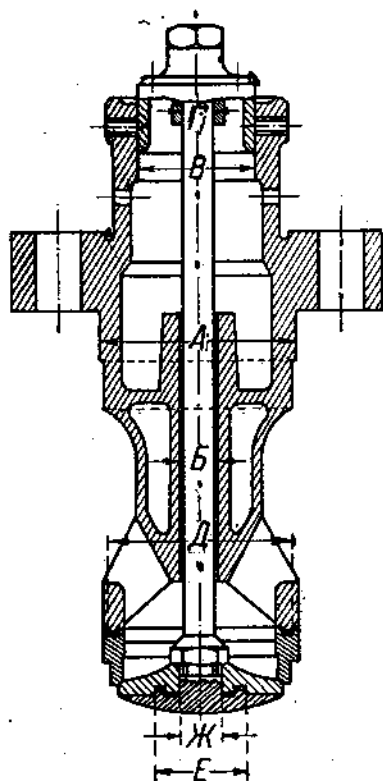


Рис. 160.

Размер А. Посадка корпуса клапана в крышке рабочего цилиндра предусматривает зазор на температурное расширение порядка 0,15—0,2 мм. Излишне большой зазор (0,35—0,40 мм) может вызвать прорыв газов из-под клапана.

Применяется посадка  $\frac{A_3}{L}$ .

Размер Б. Во избежание заедания, шпindel клапана делается на 0,2 мм меньше диаметра отверстия в корпусе. Отверстие развертывается по  $A_2$ . Шпindel шлифуется по С.<sup>1</sup>

Размер В. Колпачок клапана дает направление шпинделю. Посадка ходовая  $\frac{A_3}{X}$ .

Размер Г. Колпачок сидит на шпинделе плотно, но не туго, чтобы не затруднять разборки клапана. Посадка скользящая  $\frac{A_3}{C}$ .

Размеры Д и Е. У центрирующих буртиков посадка скользящая. Достаточно средняя степень точности  $C_8$  (только по наружной стороне буртика).

Размер Ж. Посадка более плотная чем у буртика Е —  $\frac{A_3}{H}$ .

<sup>1</sup> Номин. диам. для шпинделя здесь принят не нормальный; ось на 0,2 мм меньше размера отверстия.

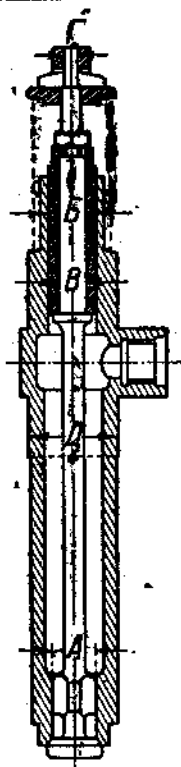


Рис. 161.

Размер А. Направляющая клапана может ходить с зазором, так как основное направление клапану дает верхний ползун. Посадка ходовая  $X_3$ .

Размер Б. Ползун, кроме направления, должен также давать надлежащее уплотнение. Посадка ходовая  $X$ .

Размер В. Посадка ползуна на шпindelь клапана скользящая С.

Размер Г. Колпачок должен легко сниматься со шпинделя клапана. Посадка ходовая  $X_3$ .

Размер Д. Корпус клапана сидит в крышке с зазором, предусматривающим разницу температур клапана и крышки. Посадка облегчает притирку клапана. Посадка  $X_3$ .

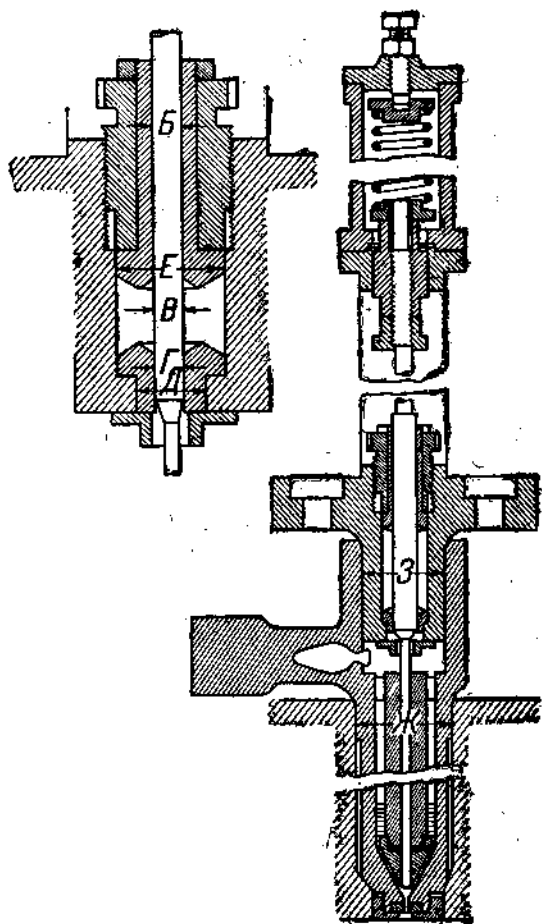


Рис. 162.

Размер Ж. Верхний буртик стакана служит направляющей при притирке нижнего конуса. Посадка ходовая  $X_3$  (обеспечивает зазор на температурное расширение клапана).

Размер 3. Направляющая среднего корпуса облегчает пригибку верхнего конуса. Посадка  $\frac{A_3}{C}$ .

Размер И. Направляющие буртики гильзы иглы, также как и наружный диаметр распылительных шайб, имеют ходовую посадку  $H_3$ .

Размер К. Посадка распылительных шайб на гильзе скользящая С<sub>3</sub>.

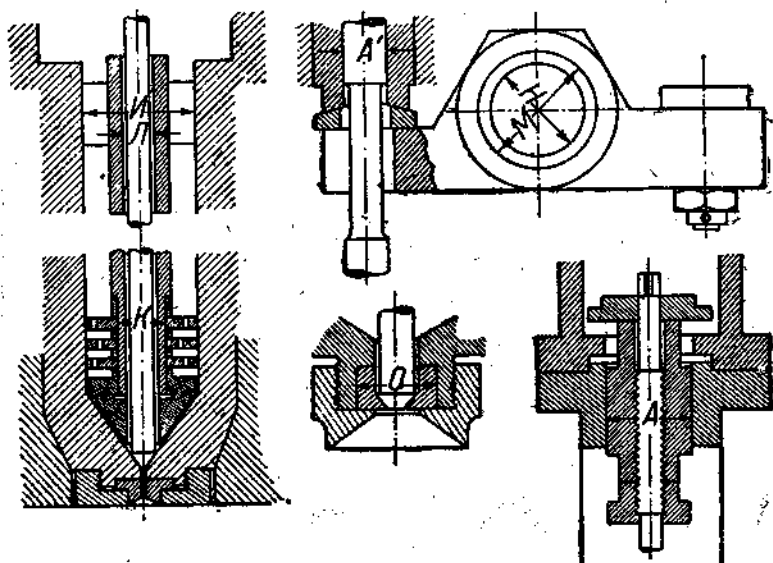


Рис. 163.

Размер Л. Во избежание заедания иглы нефтяного клапана ходит в гильзе с зазором 0,2—0,3 мм.

При больших длине и диаметре иглы посадка в нижней части гильзы делается легкоходовой  $\frac{A_3}{L}$ .

Для иглы, работающей без сальникового уплотнения, посадка движения Д.

Размер М. Вставная втулка сидит в рычаге неподвижно. Посадка  $\frac{A_3}{L}$  при наличии стопоров, и прессовая  $\frac{A_3}{Pr}$  если стопора не предусмотрены.

Размер Н. Посадка цапфы в корпусе клапана неподвижная. Посадка рычага на цапфе ходовая. При гладкой цапфе допуск на цапфу делается по Н, соответствующая расточка в корпусе клапана по А, отверстие в рычаге делается по непроходной стороне  $A_3$ . При ступенчатой цапфе посадка рычага  $X_3$ .

Размер О. Посадка диафрагмы бескомпрессорного двигателя точная С.

Таблица 46.

Допуски и посадки, применявшиеся при изготовлении малых электромоторов трехфазного тока.

Эти допуски применялись к серии моторов мощностью 0,5 — 6,8 kW. Размеры, приводимые ниже, относятся к одному из типов. На заводе была принята система отверстия.

|                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>I. Вал.</p>                                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вал точится из пруткового материала, разрезанного на куски длиной 416 мм. Припуск на подрезку оставляется 3 мм на всю длину при допуске — 1 мм.</li> <li>2. Зацентрированные заготовки протачиваются на много-резцовых станках в две операции, причем на одном станке точатся сразу в один проход все уступы вала с одной стороны, а на другом — с другой. Припуски и допуски под шлифовку по DIN (см. табл. 35).</li> <li>3. Шлифовка шеек производится для следующих посадок.               <ol style="list-style-type: none"> <li>а) Под шкив (<math>\varnothing 22</math>). Напряженная (Н).</li> <li>б) Шейки в подшипниках (<math>\varnothing 25</math>). Ходовая (Х).</li> <li>в) Под железо ротора (<math>\varnothing 3</math>). Специальная (см. гл. I § 5, Б).</li> </ol> </li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p>II. Корпус<br/>(чугунная<br/>отливка).</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расточка под железо статора (<math>\varnothing 195</math>). Отверстие 3-го класса (<math>A_3</math>).</li> <li>2. Черновая обточка буртиков под подшипниковые шиты производится на полуавтомате в патроне (специальное приспособление для закрепления). Буртики точатся с припуском 1 мм на диаметр (<math>\varnothing 262</math>) с допуском скользящей посадки 3-го класса (<math>C_3</math>). Здесь допуск выдерживается исключительно с целью дать возможность, при всех последующих установках корпуса в различные приспособления, гарантировать определенное положение оси изделия. Центровка получается путем введения заточки корпуса в выточку приспособления.</li> <li>3. Чистовая обточка корпуса производится после его обсервирования, запрессовки в него пакета железа, шлифовки последнего изнутри, обмотки статора и пропитки. Статор при этом деформируется — и без рассматриваемой операции не удавалось достигнуть полной concentричности. Обточка ведется на оправке на <i>настроенном</i> револьверном станке. Резцы устанавливаются путем снятия пробных стружек на одном корпусе, из целого ряда протачиваемых без смены резцов. Это обстоятельство, а также малая длина буртика (около 5 мм) дают возможность работать по второму классу. Применяется посадка движения (Д). Сначала пробовали посадку П, которая по смыслу являлась наиболее подходящей (неподвижное соединение шита с корпусом), но оказалось, что посадка получается чрезмерно тугая и требует большой ручной пригонки. Тогда перешли к посадке С, но и она оказалась слишком плотной. Окончательно остановились на посадке Д, которая, как показала практика, достаточно обеспечивала плотность посадки шита на корпус, не требуя в то же время ручной работы при сборке. Объяснение этому факту следует искать в неизбежных овалах и прочих деформациях как корпуса, так и шитов.</li> </ol> |

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| III. Подшипниковый щит.          | Обрабатывается на настроенных revolverных станках. Заточка под корпус ( $\varnothing 261$ ) растачивается резцом с допуском отверстия второго класса (А). Центральное отверстие для вкладыша ( $\varnothing 35$ ) проходится машинной разверткой с допуском также 2-го класса (А). |
| IV. Бронзовая втулка подшипника. | Точится на автомате, причем отверстие проходится машинной разверткой ( $\varnothing 25$ ) по 2-му классу (А). Верх шлифуется на оправке с допусками напряженной посадки (Н).                                                                                                       |
| V. Шкив (чугун).                 | Точится на revolverном станке. Отверстие ( $\varnothing 22$ ) проходится машинной разверткой с допуском 2-го класса (А). Верх ( $\varnothing 90$ мм) оставляется из-под резца с допуском $\pm 2$ мм.                                                                               |

Отв. редактор Н. С. Ачеркан.

Техн. редактор Р. С. Певзнер.

МАШМЕТИЗДАТ № 40/А. Индекс МС-10-5-2. Слано в набор 7/III-32 г. Подписано в печать 7/VII-32 г.  
 Тираж 10 000. Формат бумаги 62×94. Коллч. бум. листов 8<sup>3/4</sup>. Коллч. печ. знаков на бум. листе 114 816  
 Заказ № 330. Ленгоризд № 48 457. Выход в свет июль 1932 г.

7-я тип. Отгиз РСФСР им. Бузарица. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.