

Депозитарий

Д. С. ЖЕВАХОВ

ИНЖ. МЕХАНИК

~~621.18~~  
~~ЖК 45~~

# МОНТАЖ ПАРОВЫХ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ

13362  
1955.12.17  
1/305546

РЕСПУБЛИКАНСКОЕ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО



ОНТИ ГОСУДАРСТВЕННОЕ НКТП  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО УКРАИНЫ  
Харьков 1934 Киев

ПОСТАВЛЕНО

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Выполнение пятилетнего плана развития промышленности и электрификации СССР создало собственную базу по производству энергетического оборудования. За пять лет введены в строй мощные энергетические установки с паровыми турбогенераторами. Если в первые годы восстановления и стройки мы прибегали к помощи зарубежных фирмы и зарубежного монтажного персонала, то в настоящее время (в 1933 году) мы почти целиком освобождаемся от импорта и переходим к монтажу крупных турбоагрегатов, изготовленных союзными заводами.

Такой сдвиг в промышленности СССР неизбежно связан с потребностью в новых кадрах, вполне отвечающих современным условиям.

Развитие турбостроения, идущее быстрыми шагами вперед, одновременно требует квалифицированного монтажного персонала для установки агрегатов на месте. Это заставило некоторые вузы и техникумы включить в их программы курс «Монтаж паровых турбогенераторов», чтобы будущие инженеры и техники уже в учебном заведении получили основные понятия по монтажным работам.

Настоящая книга является несколько обработанным курсом «Монтажа паровых турбогенераторов», читанного автором в Киевском энергетическом институте.

Вместе с тем настоящая книга имеет целью несколько обобщить разрозненные материалы по монтажу паровых турбогенераторов и пополнить крайне бедную в этой отрасли техническую литературу.

Книга написана на основании опыта монтажных работ с использованием всех литературных источников, которые в той или иной мере затрагивают вопросы монтажа паровых турбин.

Большое внимание уделено тем «мелочам», которые зачастую перерастают в крупные неполадки. Многие вопросы разработаны совершенно заново (такелажные работы, подготовительные работы, чистка, подготовка фундамента, установка конденсатора, организация монтажных работ и др.).

Мотивы для рисунков в большинстве взяты из практики, частью же использованы лучшие образцы из текущей литературы по турбостроению.

Материал систематизирован применительно к последовательному ходу монтажных работ и таким образом может служить некоторым пособием при производстве монтажа на месте.

Книга рассчитана на студентов вузов, инженеров и мастеров, хорошо знакомых с паровыми турбинами; поэтому совершенно опущено описание паровых турбин и процессов, в них происходящих.

Первый опыт такой систематизации, естественно, не может достаточно полно охватить все многосторонние вопросы монтажной практики и в этом отношении чрезвычайно ценными будут все замечания и указания, особенно лиц, ведущих монтаж турбин, деловую критику которых, советы и пожелания приму с глубокой благодарностью.

Инж. мех. Д. Жевахов

Киев  
18 марта 1933 г.

## 1. ПРИЕМКА НА ЗАВОДЕ, УПАКОВКА И ОТПРАВКА

Началом монтажного периода турбогенератора следует считать уже тот момент, когда изготовленный на заводе турбогенератор собран, и представители приемщика приглашены для осмотра и пропуска собранной на стане завода машины.

Пропуск на заводе лишь в редких случаях может быть произведен при нормальных условиях работы турбогенератора, так как котельная установка завода не всегда приспособлена к такому испытанию; особенно это касается мощных турбогенераторов в 50 000 квт и тепловых турбогенераторов. Испытание на заводе таких машин крайне затруднительно.

Обычно при заводском испытании ограничиваются пропуском турбогенератора вхолостую, доводя число оборотов до нормального.

Начальные параметры пара могут быть снижены. В этом случае полученные результаты при исчислении расхода пара на холостой ход машины приводятся к нормальным условиям работы по специальным кривым либо таблицам, которые должны быть даны заказчику заблаговременно. Эти поправочные кривые строятся на основании теоретических соображений при расчете турбогенератора.

В процессе заводского испытания могут быть определены лишь чисто механические свойства агрегата.

После остановки турбины не следует торопиться со вскрытием цилиндров, так как холодный воздух, попадая в нагретые паром цилиндры, может вызвать коробление дисков и диафрагм.

После испытания следует требовать осмотра следующих деталей: червячного колеса и червяка передачи от главного вала к регулятору, шестерни масляного насоса, лабиринтных уплотнений, вкладышей опорных подшипников, сегментов и вкладышей упорных подшипников, лопаточных венцов и направляющих аппаратов. Все эти детали не должны иметь следов износа, царапин, затертых мест. Особенно надо следить за сегментами и вкладышами упорных и опорных подшипников. После испытания турбины необходимо снять шаблоны с шеек валов. При помощи этих шаблонов в дальнейшем при работе турбины можно будет определить осадку подшипников, т. е. правильную работу баббита и масляной системы.

Вся работа по приемке ведется отделом технического контроля завода, с которым и следует вести переговоры в период испытания. Что касается вспомогательных агрегатов, как то: циркуляционного

насоса, конденсатных насосов и т. п., то испытание таковых на заводе-изготовителе может быть произведено отдельно, так как обычно приемочное испытание турбогенератора производится при стационарных специально приспособленных для испытаний на станде насосах и конденсаторе.

Вполне достаточно, когда длительность заводского испытания составляет около 4-х часов с момента развития турбиной нормального числа оборотов, так как за этот промежуток времени с достаточной ясностью может быть выяснен характер работы машины. После такого пропуска следует разобрать основные трущиеся части: подшипники, регулятор, отдельные части масляной системы и тщательным осмотром их установить качество изготовления и пригонки отдельных частей. В случае невязки или порчи отдельных деталей при первом пропуске, заводское испытание следует повторить, чтобы в последующем избежать на месте установки задержек, связанных с пересылкой запасных частей для замены испорченных или неправильно работающих. Второе испытание следует производить в течение более длительного периода времени (до 6 часов), считаясь однако с тем, что для завода это связано с большими расходами топлива и электрической энергии, безвозвратно теряемыми. Протокол заводского испытания необходимо сравнить с нормами на паровые турбогенераторы и гарантийными цифрами<sup>1</sup>. На стр. 7 приводим примерный протокол заводского испытания.

Весьма существенным вопросом является разборка собранного на станде агрегата, упаковка и отправка его на место установки.

При этом процессе следует жестко и педантично подходить ко всякой мелочи. Проверка содержимого ящиков должна быть поручена ответственному лицу—контролеру. Упаковочные ведомости должны быть положены в каждый ящик, а копии их должны быть отправлены заказчику заблаговременно до получения им ящиков с частями.

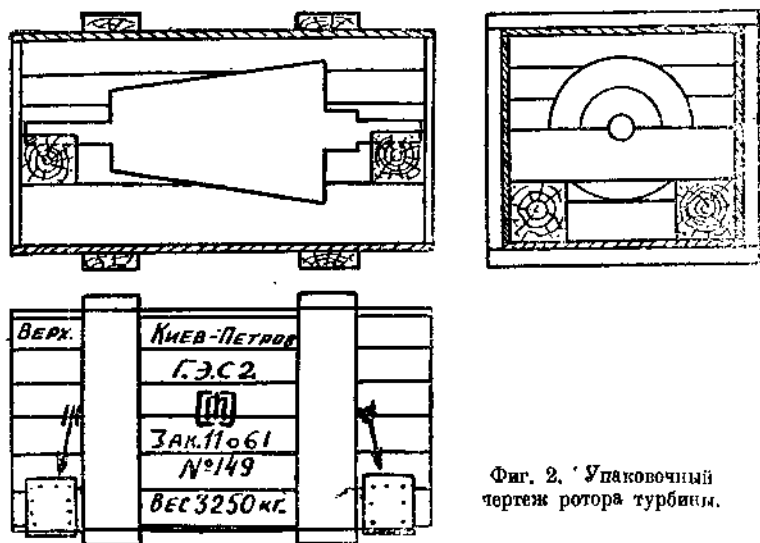
По качеству упаковку можно разделить на так называемую «морскую», приспособленную для дальних перевозок и нескольких перегрузок, и упаковку для железнодорожного транспорта с однократной нагрузкой и разгрузкой. Первая выполняется значительно прочнее с железной оковкой ящиков, с прочными опорами для тяжелых частей и приспособляется к возможным толчкам при перегрузочных операциях. Вторая, более слабая, имеет целью защитить части от механических повреждений в дороге и должна быть достаточно прочна, чтобы выдержать нагрузку на заводе и разгрузку на месте установки агрегата.

Для всех тяжелых частей должны быть заблаговременно составлены чертежи упаковки, чтобы при погрузке и разгрузке можно было ориентироваться в местонахождении центра тяжести данного ящика и таким образом избежать возможных неприятностей при такелажных операциях на месте разгрузки (см. фиг. 2 на стр. 8).

<sup>1</sup> См. Нормы ВТОСТ общ. № 1, 4, 5 1929 год. Издание Всесоюзного теплотехнического института Феликса Дзержинского, Москва, 1930 г.



Места захвата тросами должны быть помечены на заводе. На ящиках с тяжелыми частями эти места должны быть обиты 3—4 миллиметровым железом, чтобы избежать продавливания досок и порчи упакованных частей. На каждом ящике должны быть представлены: 1) марка завода, 2) адрес места назначения, 3) номер заказа, 4) номер ящика, соответствующий номеру упаковочной ведомости либо спецификации, 5) вес данного ящика брутто и нетто. Кроме того, могут быть добавочные указания, как например: «не переворачивать», «верх», «осторожно, не бросать» и т. д. в зависимости от характера частей упакованных в данный ящик.



Фиг. 2. Упаковочный чертеж ротора турбины.

Громоздкие части вроде конденсатора могут быть не обиты полностью, но трубные решетки и все отверстия труб должны быть закрыты плотными досчатыми щитами, притянутыми болтами либо проволокой к фланцам.

Электрические части турбогенератора, статор и ротор должны быть упакованы полностью. Ящики изнутри должны быть обиты непроницающей влагу промасленной бумагой, этой же бумагой следует обернуть ротор полностью, а также на статоре лобовые части обмотки. Все трущиеся и неокрашенные части турбогенератора во избежание ржавления следует окрасить жидкой краской либо густо смазать техническим салом.

Трубы можно упаковывать либо в решетки (ящики с решетчатыми стенками и дном), либо (особенно мелкие) паковать в пучки, стянутые проволокой.

Крупные трубы могут идти без упаковки, однако при обязательном условии установки на всех фланцах предохранительных щитов и заглушек для предохранения от возможных ударов и порчи точеных

поверхностей. На всех неупакованных трубах, как и на ящиках с частями турбогенератора, обязательна, конечно, маркировка.

Отправку частей желательно производить в той последовательности, в какой они будут браться при монтаже. Однако не всегда это возможно выдержать ввиду специфических условий экспедиции на заводе. В этом случае приходится считаться с необходимостью иметь на месте монтажа достаточную площадку для разгрузки турбогенератора полностью.

## II. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

При получении частей турбогенератора на месте монтажа возможны положения, когда мостовой край машинного зала не закончен. Тогда разгрузка, в случае отсутствия других грузоподъемных приспособлений, представляет очень дорогую и трудоемкую процедуру. Как альтернатив можно рекомендовать устройство над железнодорожными путями «виселицы» П-образного типа. Повесив на такую виселицу тали достаточной грузоподъемности, можно значительно облегчить разгрузку, приподняв ящик с частями над железнодорожной платформой, выкатывая платформу и затем опуская ящик для оттягивания на место. Но такое устройство возможно лишь для сравнительно небольших грузов в 10—15 т, что же касается больших деталей, как то: статор генератора, цилиндры и др., то разгрузка таковых сопряжена с большими затруднениями, устройством специальных платформ, применением домкратов, лебедок и проч. После разгрузки доставка таких частей на место монтажа требует устройства специальных мощных тележек. Подобный способ разгрузки сопряжен с такими трудностями, что практика показывает нерациональность получения такого рода грузов, прежде чем на месте монтажа мы не располагаем вполне законченным и испытанным мостовым краном в машинном зале.

В настоящее время на всех станциях железнодорожный путь обычно введен в машинный зал, поэтому при наличии мостового крана разгрузка вагонов не представляет существенных затруднений.

Во время разгрузки ящики и отдельные части следует располагать так, чтобы в дальнейшем избежать ненужных и вредных грузовых операций.

В первую голову следует оставить свободными такие части, которые понадобятся при начале монтажа: конденсатор, рама генератора и турбины, стулья и фундаментные плиты под подшипники, фундаментные болты, нижние части цилиндров и статор.

Не следует навивать ящики во много этажей, так как нижние при этом могут быть раздавлены и, кроме того, может случиться, что нужная в данный момент часть находится внизу, и придется заниматься излишним перебиранием ящиков с постоянным риском повреждения частей. Кроме того, при спешке возможны аварии, когда задержка в подаче части грозит простоем на монтаже.

Распаковывание ящиков должно быть поручено одному лицу, достаточно квалифицированному мастеру, мастеру или технику

который в присутствии монтажного инженера вскрывает ящики, сливает их содержимое с упаковочной ведомостью, составляет акты о поломках, порче, недостатках и является ответственным лицом при выдаче тех или иных частей по мере хода монтажных работ.

Не следует допускать разламывания и порчи ящиков при вскрытии, так как упаковочный материал может быть в дальнейшем использован для опор, опалубки, изготовления щитов, заглушек и т. п. вспомогательных работ во время монтажа.

При раскупорке должны быть в достаточном количестве припасены гвоздодеры и лапчатые ломы. Материал ящиков должно аккуратно складывать в стороне и расходовать, как и всякий лесной материал, учитывая расход, а не разбрасывая по всей монтажной площадке.

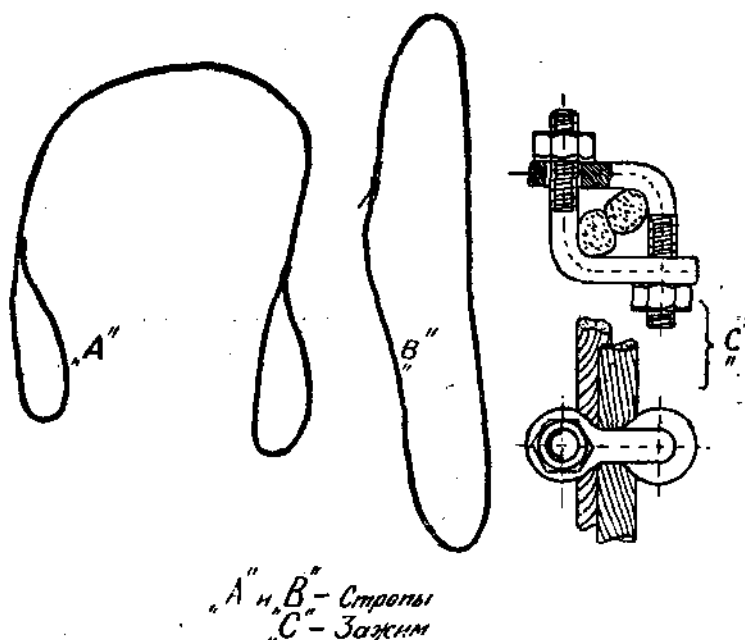
Сгруппировав бумагу, щепки необходимо тотчас же убирать с площадки во избежание пыли, грязи и главным образом пожара, что всегда возможно при неосторожном обращении с паяльными лампами, автогенным аппаратом, курении и т. д.

К моменту получения отдельных частей турбогенератора нужно позаботиться о приобретении и ряда материалов, необходимых для бесперебойной работы в дальнейшем. Примерный перечень материалов может быть сведен к следующему (количества взяты для турбогенераторов от 5000 до 24 000 квт конденсационного и теплофикационного типа):

|                                                                                                       |                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1. Тряпок чистых стиранных . . . . .                                                                  | 250—1000 кг      |
| 2. Пакли чесанной . . . . .                                                                           | 250—500 кг       |
| 3. Керосина . . . . .                                                                                 | 250—500 »        |
| 4. Олеонафта . . . . .                                                                                | 150—300 »        |
| 5. Цилиндрового масла (Вапор) . . . . .                                                               | 25—50 »          |
| 6. Наждачного полотна разных № . . . . .                                                              | 500—600 л        |
| 7. Картон 5 мм . . . . .                                                                              | 50—80 л          |
| 8. Бумаги оберточной . . . . .                                                                        | 100 листов       |
| 9. Брезентов вагонных . . . . .                                                                       | 2—3 шт.          |
| 10. Мешков крапивных . . . . .                                                                        | 30 шт.           |
| 11. Подкладок железных размером $\delta = 15, 10,$<br>5, 3, 2, 1, 0,5 мм $80 \times 150$ мм . . . . . | 300—500 шт.      |
| 12. Досок 2" 9 арш. . . . .                                                                           | 10—15 »          |
| 13. Войлока технического . . . . .                                                                    | 5 м <sup>2</sup> |
| 14. Бревен 5 верш. $\times$ 5 в. рш. $\times$ 12 арш. . . . .                                         | 10—20 шт.        |
| 15. Гвоздей 5" . . . . .                                                                              | 6 ящ.            |
| 16. Гвоздей 3" . . . . .                                                                              | 6 »              |
| 17. Масла вареного . . . . .                                                                          | 150 кг           |
| 18. Масла льняного . . . . .                                                                          | 20 »             |
| 19. Масла костяного . . . . .                                                                         | 5 бут.           |
| 20. Шеллака сухого . . . . .                                                                          | 5—10 кг          |
| 21. Графита высшего сорта . . . . .                                                                   | 10—15 кг         |
| 22. Каната пенькового 2" . . . . .                                                                    | 100—250 м        |
| 23. Каната пенькового 3/4" . . . . .                                                                  | 200 м            |
| 24. Шпагата манильского . . . . .                                                                     | 10 мотков        |

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| 25. Троса стального 1" . . . . .  | 100 м     |
| 26. Троса 1/2" . . . . .          | 100 »     |
| 27. Троса 1/4" . . . . .          | 50 »      |
| 28. Клингерита 3—5 мм . . . . .   | 10 листов |
| 29. Асбестового картона . . . . . | 10 »      |
| 30. Асбестовой ваты . . . . .     | 50 кг     |
| 31. Кальки бумажной . . . . .     | 2 листа   |

Следует заблаговременно озаботиться изготовлением из полученных тросов «строп» и петель (см. фиг. 3).



Фиг. 3. Стропы и зажимы.

Можно рекомендовать следующие размеры строп и петель:

1. Стропы кольцевые (длина взята по окружности):
 

|                                               |       |
|-----------------------------------------------|-------|
| $l = 3$ м трос $1\frac{1}{2}$ " . . . . .     | 2 шт. |
| $l = 6$ м " $1\frac{1}{2}$ " . . . . .        | 2 »   |
| $l = 12-15$ м трос $1\frac{1}{2}$ " . . . . . | 2 »   |
| $l = 25-50$ м " 1" . . . . .                  | 2 »   |
2. Стропы петлевые (длина взята от петли до петли):
 

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| $l = 12-20$ м трос 1" . . . . . | 1 шт. |
| $l = 6-10$ м " 1" . . . . .     | 1 шт. |

Петлевые стропы следует по размерам ориентировать на длину и вес роторов турбины с таким расчетом, чтобы точка подвеса ротора

(крюк крана) находилась на высоте по крайней мере в  $1\frac{1}{2}$ —2 раза большей, чем расстояние между опорами ротора на петлях (см. фиг. 38).

Для изготовления строп следует приглашать знакомых с этим делом лиц. В большинстве случаев такими лицами являются бывшие моряки, атаманы барж и т. д.

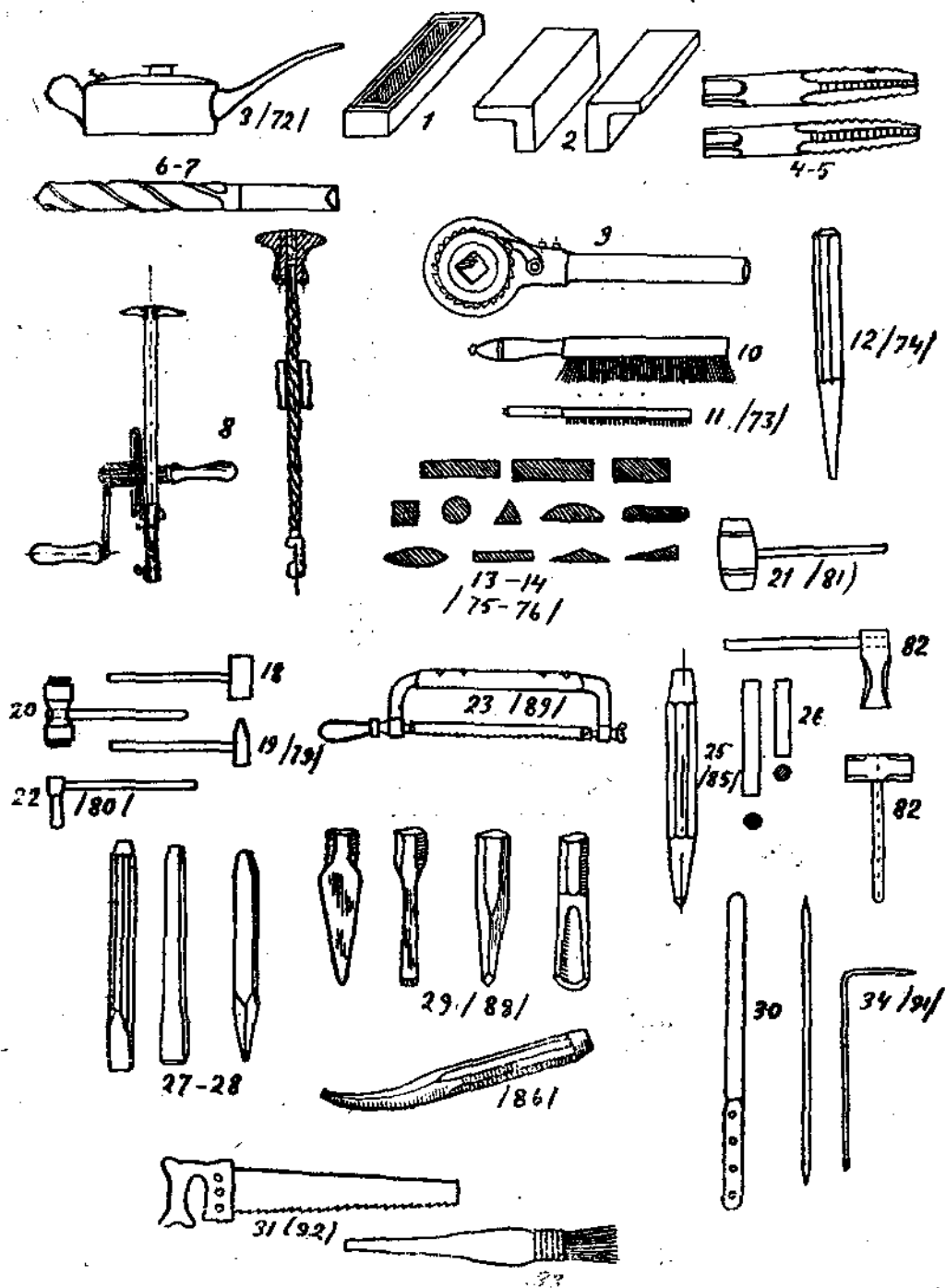
Кроме того, необходимо иметь в запасе зажимы для тросов. Простейшие зажимы могут быть изготовлены тут же на месте (см. фиг. 3) из железа в  $\frac{1}{2}$ ". Таких зажимов следует иметь 25—50 шт.

Монтажный инструмент обычно составляет принадлежность монтажного персонала, посылаемого заводом-поставщиком на место работы.

Монтажный инструмент разделяется по специальностям монтажных бригад на комплект для чисто турбинного монтажа и комплект для трубопроводного монтажа. Каждый комплект должен быть уложен в отдельный окованный железом прочный ящик-сундук, запирающийся на замок. Каждый ящик должен иметь инструментальную книжку, в которой находится список инструментов и графы о выдаче, приеме и отметки о порче и утере. Примерная спецификация инструмента может быть следующая (см. фиг. 4, 5, 6)

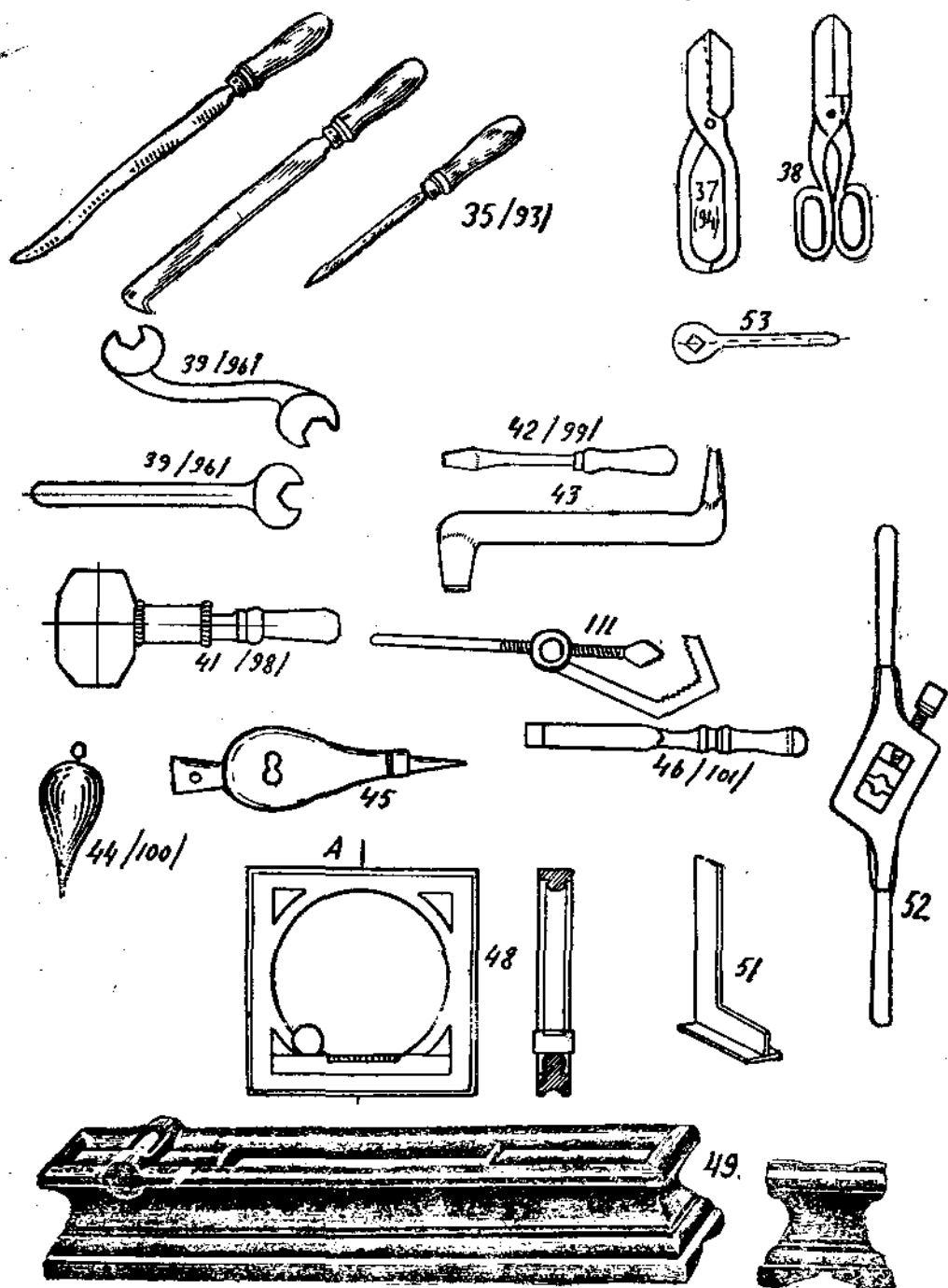
#### Инструменты механической бригады

|                                                                |              |
|----------------------------------------------------------------|--------------|
| 1. Брусok 170 × 50 × 25 мм . . . . .                           | 1 шт.        |
| 2. Оловянные щетки к тискам . . . . .                          | 2 »          |
| 3. Масленки жестяные . . . . .                                 | 3 »          |
| 4. Метчики $\frac{5}{16}$ "—1" . . . . .                       | 9 комплектов |
| 5. Метчики газовые $\frac{3}{4}$ " и $\frac{7}{8}$ " . . . . . | 2 »          |
| 6. Сверла спиральные 2,5—9 мм . . . . .                        | 14 шт.       |
| 7. Сверла спиральные 11—24 мм . . . . .                        | 10 »         |
| 8. Бормашина ручная . . . . .                                  | 1 »          |
| 9. Трещотка малая . . . . .                                    | 1 »          |
| 10. Щетка для верстака . . . . .                               | 1 »          |
| 11. Щетка для напильников . . . . .                            | 1 »          |
| 12. Пробойники 5—8 мм . . . . .                                | 4 »          |
| 13. Напильники трехгранные драчовые . . . . .                  | 2 »          |
| Напильники полукруглые . . . . .                               | 2 »          |
| » круглые . . . . .                                            | 3 »          |
| » квадратные . . . . .                                         | 2 »          |
| » плоские . . . . .                                            | 3 »          |
| 14. Напильники трехгранные личные . . . . .                    | 2 »          |
| » полукруглые . . . . .                                        | 2 »          |
| » круглые . . . . .                                            | 2 »          |
| » квадратные . . . . .                                         | 2 »          |
| » плоские . . . . .                                            | 3 »          |
| 15. Рашпиль . . . . .                                          | 1 »          |
| 16. Ручки к напильникам . . . . .                              | 20 шт.       |
| 17. Тиски ручные . . . . .                                     | 1 »          |
| 18. Молотки свинцовые . . . . .                                | 2 »          |
| 19. Молотки ручные . . . . .                                   | 2 »          |

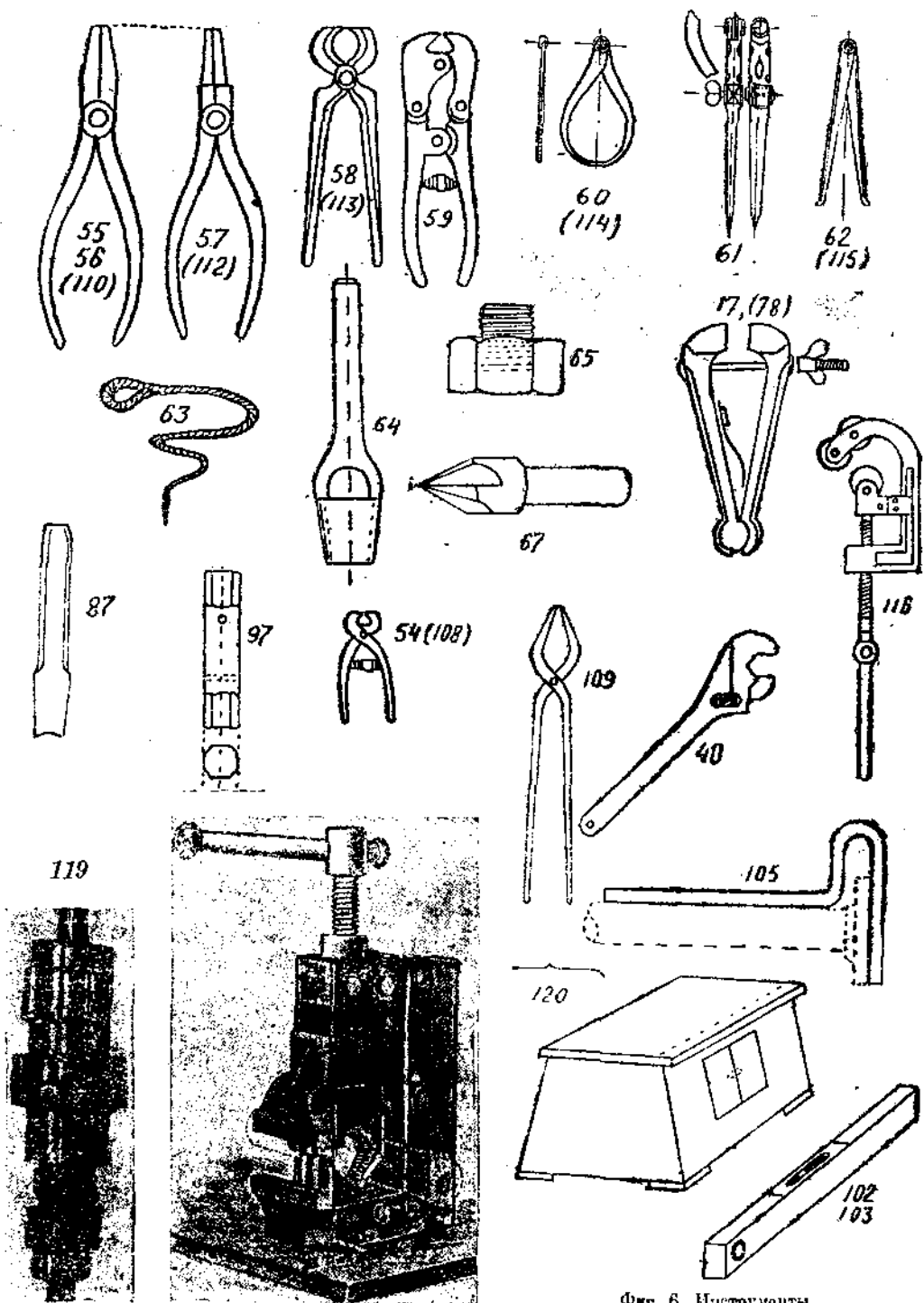


Фиг. 4. Инструменты.

|                                                                             |       |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------|
| 20. Молотки кожаные . . . . .                                               | 1 шт. |
| 21. Молотки деревянные . . . . .                                            | 1 »   |
| 22. Молотки заклепочные . . . . .                                           | 1 »   |
| 23. Станки ножовочные . . . . .                                             | 2 »   |
| 24. Полотна ножовочные . . . . .                                            | 24 »  |
| 25. Кернер . . . . .                                                        | 1 »   |
| 26. Выколотки красной меди . . . . .                                        | 2 »   |
| 27. Зубила разные . . . . .                                                 | 5 »   |
| 28. Зубила плоские . . . . .                                                | 2 »   |
| 29. Кровцмессели . . . . .                                                  | 2 »   |
| 30. Нож для бумаги . . . . .                                                | 1 »   |
| 31. Ножовки для дерева . . . . .                                            | 2 »   |
| 32. Линейка металлическая L = 500 мм с делениями                            | 1 »   |
| 33. Кисти № 17 . . . . .                                                    | 2 »   |
| 34. Чертилки . . . . .                                                      | 2 »   |
| 35. Шабер плоский . . . . .                                                 | 1 »   |
| 35а. Шаберы трехгранные . . . . .                                           | 2 »   |
| 35б. Специальные шаберы . . . . .                                           | 2 »   |
| 36. Ножницы для бумаги . . . . .                                            | 1 »   |
| 37. Ножницы для жести . . . . .                                             | 1 »   |
| 38. Ножницы для войлока . . . . .                                           | 1 »   |
| 39. Ключи гаечные 11—60,5 мм . . . . .                                      | 12 »  |
| 40. Ключи шведские . . . . .                                                | 6 »   |
| 41. Ключи французские . . . . .                                             | 2 »   |
| 42. Отвертки . . . . .                                                      | 3 »   |
| 43. Отвертка угловая . . . . .                                              | 1 »   |
| 44. Отвес со струной . . . . .                                              | 1 »   |
| 45. Мех для обдувания . . . . .                                             | 1 »   |
| 46. Стамески . . . . .                                                      | 2 »   |
| 47. Угольники 90° . . . . .                                                 | 1 »   |
| 48. Квадратный ватерпас 150 × 150 мм (точность 0,35 мм на 1 м) . . . . .    | 1 »   |
| 49. Ватерпас для валов длиной 250 мм (точность 0,2—0,3 мм на 1 м) . . . . . | 1 »   |
| 50. Угольник деревянный . . . . .                                           | 1 »   |
| 51. Угольник вертикальный . . . . .                                         | 1 »   |
| 52. Клупы . . . . .                                                         | 2 »   |
| 53. Воротки одноконечные . . . . .                                          | 1 »   |
| 54. Кусачки . . . . .                                                       | 1 »   |
| 55. Плоскогубцы . . . . .                                                   | 2 »   |
| 56. Плоскоострогубцы с изолированной резиновой ручкой . . . . .             | 1 »   |
| 57. Круглогубцы . . . . .                                                   | 1 »   |
| 58. Клещи . . . . .                                                         | 1 »   |
| 59. Рычажные клещи . . . . .                                                | 1 »   |
| 60. Кронциркули . . . . .                                                   | 2 »   |
| 61. Циркуль разметочный . . . . .                                           | 1 »   |
| 62. Внутромер . . . . .                                                     | 1 »   |



Фиг. 5. Инструменты.

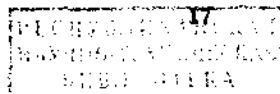


Фиг. 6. Инструменты.

|                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| 63. Шпигцштранг . . . . .             | 2 шт. |
| 64. Просечки . . . . .                | 4 »   |
| 65. Установочные винты . . . . .      | 2 »   |
| 66. Свинцовая проволока:              |       |
| 2 мм . . . . .                        | 1 кг  |
| 3 » . . . . .                         | 1/2 » |
| 4 » . . . . .                         | 1/2 » |
| 67. Шарошка . . . . .                 | 1 »   |
| 68. Ленты-калибры (щупы) . . . . .    | 5 »   |
| 69. Инструментальная книжка . . . . . | 1 »   |
| 70. Замки висячие . . . . .           | 2 »   |
| 71. Ящик сундук . . . . .             | 1 »   |

### Инструменты трубопроводной бригады

|                                                                  |       |
|------------------------------------------------------------------|-------|
| 72. Масленки жестяные . . . . .                                  | 2 шт. |
| 73. Щетки для напильников . . . . .                              | 1 »   |
| 74. Пробойники . . . . .                                         | 5 »   |
| 75. Напильники драчовые:                                         |       |
| »       »   полукруглые . . . . .                                | 1 »   |
| »       »   круглые . . . . .                                    | 2 »   |
| »       »   трехгранные . . . . .                                | 1 »   |
| »       »   плоские . . . . .                                    | 2 »   |
| 76. Напильники личные:                                           |       |
| »       »   полукруглые . . . . .                                | 1 »   |
| »       »   трехгранные . . . . .                                | 1 »   |
| »       »   плоские . . . . .                                    | 1 »   |
| 77. Ручки к напильникам . . . . .                                | 13 »  |
| 78. Тиски ручные . . . . .                                       | 1 »   |
| 79. Молоток 1000 г. . . . .                                      | 2 »   |
| 80. Молотки заклепочные . . . . .                                | 2 »   |
| 81. Молотки деревянные . . . . .                                 | 2 »   |
| 82. Гладилки . . . . .                                           | 2 »   |
| 83. Молотки двусторонние . . . . .                               | 1 »   |
| 84. Рашпиль . . . . .                                            | 1 »   |
| 85. Кернер . . . . .                                             | 2 »   |
| 86. Зубила разные . . . . .                                      | 5 »   |
| 87. Крейцовки . . . . .                                          | 3 »   |
| 88. Кройцмессели . . . . .                                       | 2 »   |
| 89. Ножовочные станки . . . . .                                  | 2 »   |
| 90. Ножовочные полотна . . . . .                                 | 36 »  |
| 91. Чертилки . . . . .                                           | 2 »   |
| 92. Ножовки для дерева . . . . .                                 | 1 »   |
| 93. Шаберы трехгранные . . . . .                                 | 1 »   |
| 94. Ножницы для железа . . . . .                                 | 1 »   |
| 95. Ножницы для картона . . . . .                                | 1 »   |
| 96. Ключи гасчные 11, 14, 17, 22, 27, 32, 36,<br>41 мм . . . . . | 8 »   |
| 97. Торцевые ключи . . . . .                                     | 4 »   |



1/305546

|                                                          |        |
|----------------------------------------------------------|--------|
| 98. Ключи французские . . . . .                          | 2 шт.  |
| 99. Отвертки . . . . .                                   | 2 »    |
| 100. Отвес . . . . .                                     | 1 »    |
| 101. Стамески . . . . .                                  | 2 »    |
| 102. Деревянный ватерпас 300 мм. . . . .                 | 1 »    |
| 103. Деревянный ватерпас 600 » . . . . .                 | 1 »    |
| 104. Угольник плоский 100 × 150 мм. . . . .              | 1 »    |
| 105. Угольник фланцевый 350 × 450 мм . . . . .           | 1 »    |
| 106. Угольник плоский 200 × 130 мм . . . . .             | 1 »    |
| 107. Воротки раздвижные . . . . .                        | 1 »    |
| 108. Кусачки . . . . .                                   | 1 »    |
| 109. Клещи кузнечные . . . . .                           | 1 »    |
| 110. Плоскогубцы . . . . .                               | 1 »    |
| 111. Трубные ключи 3" и 6" . . . . .                     | 2 »    |
| 112. Круглогубцы . . . . .                               | 1 »    |
| 113. Клещи . . . . .                                     | 1 »    |
| 114. Крошциркуль . . . . .                               | 2 »    |
| 115. Внутромеры . . . . .                                | 2 »    |
| 116. Труборезы . . . . .                                 | 2 »    |
| 117. Клупп американский . . . . .                        | 1 »    |
| 118. Полевой горн . . . . .                              | 1 »    |
| 119. Вальцовки . . . . .                                 | 1 »    |
| 120. Трубный верстак с тисками . . . . .                 | 1 »    |
| 121. Автогенный аппарат с принадлежностями . . . . .     | 1 »    |
| 122. Карбид кальция . . . . .                            | 200 кг |
| 123. Кислородные баллоны . . . . .                       | 3 шт.  |
| 124. Проволока железная сварочная 3, 4, 5 мм . . . . .   | 200 кг |
| 125. Чугунные палочки для сварки чугуна . . . . .        | 30 »   |
| 126. Электрический горн для разогрева заклепок . . . . . | 1 шт.  |
| 127. Инструментальная кияжка . . . . .                   | 1 »    |
| 128. Сундук . . . . .                                    | 1 »    |
| 129. Замки висячие . . . . .                             | 2 »    |

Инструменты, перечисленные в этих спецификациях, общеизвестны.

Вполне понятно, что все вышеперечисленные инструменты не могут полностью обслужить все рабочие операции во время монтажа.

Необходимо уже на месте установки турбогенератора позаботиться, чтобы была самая примитивная мастерская для производства кузнечных, токарных, сверлильных и строгальных работ. Минимальное оборудование такой мастерской должно состоять из: кузницы, где был бы установлен один горн и наковальня, и токарной мастерской, где были бы установлены:

а. Токарный станок длиной до 3-х метров с высотой центров 150—200 мм.

б. Сверлильный станок простой или радиальный для сверления отверстий до 2".

в. Поперечно-строгальный станок (шепинг) с ходом каретки 300—500 мм.

Все станки желательно иметь, конечно, с электрическим приводом. Необходимо с первых же шагов ввести на монтажных работах строгий учет и сдачу инструмента после работы в конце рабочего дня мастеру по инструментальным маркам. В противном случае, при разбросанности работы на монтаже уже в первые дни придется считаться с большими потерями инструментов, что не только составит лишний расход, но зачастую может послужить даже тормозом в работе, чего ни в коем случае допущено быть не может.

### III. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Основной операцией, которую приходится производить при разбивках на монтажных работах, является материализация прямых линий, т. е. перенесение осей агрегата с чертежа на монтажную площадку.

Для этой цели обычно применяют стальную струну толщиной 0,3—0,5 мм, натягиваемую с одной или с обеих сторон грузами.

Груз берут по весу равным  $\frac{2}{3}$  разрывающего. Линия, разбитая при помощи струны между двумя точками, есть абсолютно прямая линия в горизонтальной проекции площадки, на которой производится разбивка.

В том случае, когда встречается необходимость применять струну при разбивках по вертикали, надо считаться с провесом, который при значительной длине струны вызывает большое отклонение от прямой линии.

В этом случае может быть введена поправка на провес струны, которая выражается формулой:

$$H = \frac{m \cdot n \cdot g}{2S},$$

где  $m$  — расстояние от точки крепления струны на опоре до данного сечения струны, выраженное в метрах;

$n$  — расстояние от данного сечения струны до другой точки крепления струны, выраженное в метрах;

$g$  — вес одного погонного метра струны данного материала и диаметра, выраженный в граммах.

$S$  — вес груза (натяжение струны) в килограммах.

Значения поправок при длине струны в 8 м приведены на фиг. 7, где:

диаметр струны  $d = 0,3$  мм,

вес груза  $S = 7,5$  кг,

вес 1 м струны  $g = 0,582$  г.

При длине струны до 5 м провесом практически можно пренебречь и считать струну прямой линией, конечно, при условии натяжения струны грузом, равным  $\frac{2}{3}$  разрывающего.

Значительно большей точности при разбивках по вертикали можно добиться, применяя проверочные линейки.

ПОРАЩЕН

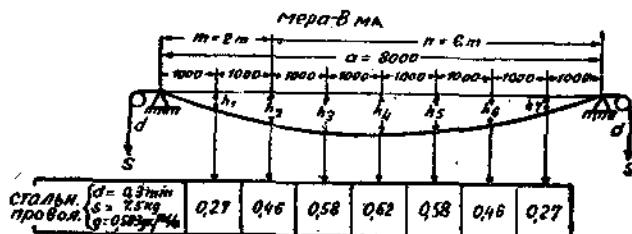
Простейшая проверочная линейка изготавливается размерами  $1000 \times 50 \times 10$  мм из стали.

Если обозначить через  $L$  длину линейки,  $B$  ее ширину и  $S$  — толщину, то практически при соотношении

$$L = 12B$$

прогиб линейки можно считать равным нулю.

Значительно более удобной при монтажных работах следует считать двухметровую линейку двутаврового сечения высотой 120 мм, что соответствует профилю двутавровой балки № 12 (см. фиг. 8).



Фиг. 7. Поправка на провес струны.

Стенка балки имеет круговые вырезы для облегчения веса линейки и уменьшения влияния собственного веса на величину прогиба.

Проверенными поверхностями линейки являются верхняя и нижняя полки двутавра, которые должны быть взаимно параллельными.

Непосредственно накладывать линейку на поверхности и детали машин, подлежащие установке в одной плоскости, не желательно по двум причинам:



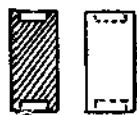
Фиг. 8. Проверочная линейка.

1) поверхности могут иметь выступы, на которые линейка ложится не всей плоскостью,

2) соприкосновение полированной проверенной плоскости линейки с шероховатыми поверхностями точеных и строганных деталей со временем уменьшает точность линейки — она истирается.

Поэтому рекомендуется применять опорные цилиндры с проверенными полированными торцами (см. фиг. 9). На торцах сделаны выточки, чтобы гарантировать более совершенное соприкосновение линейки с торцом цилиндра. Такие цилиндрические опоры 100 мм высотой и 40 мм диаметром, занимая небольшую площадь, позволяют проверять поверхности, на которые непосредственно установить линейку было бы затруднительно либо совершенно невозможно.

Проверочные линейки надо тщательно оберегать от толчков, ударов и падений, для чего следует иметь для линейки обитый мягким сукном либо бархатом футляр, в котором и хранить линейку после окончания работы. Необходимо заботиться, чтобы не допустить ржавления линейки, для чего следует смазывать ее техническим салом либо вазелином. Перед началом работы следует тщательно удалить смазку с полированных поверхностей линейки мягкой тряпкой, так как при точных работах слой смазки сможет оказать влияние на точность измерения.



Фиг. 9. Опорные цилиндры.

Изготовленные на заводах линейки должны иметь паспорт, где бы указывалась точность, допущенная при изготовлении. Допустимое отклонение проверенного края линейки от прямой линии может быть дано таким выражением:

$$\pm \left( 0,005 + \frac{L}{50\,000} \right) \text{ мм,}$$

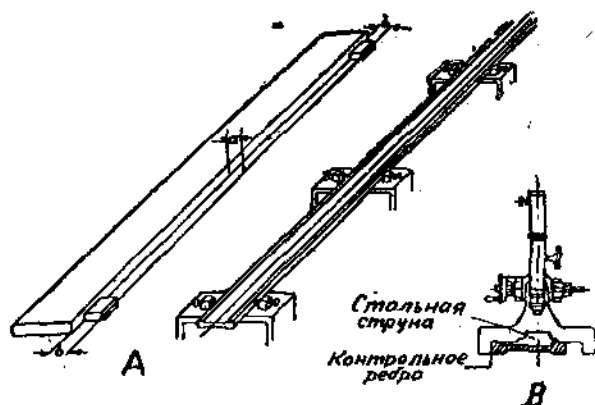
где  $L$  — длина линейки в миллиметрах.

Проверка линейки может быть произведена двумя способами. Оба способа построены на сравнении проверенной плоскости линейки с идеальной прямой, в качестве которой берется натянутая струна.

По первому способу (см. фиг. 10) вплотную к струне прикладываются две плитки Иогансена равных размеров. Затем к плиткам придвигается вплотную линейка. Третья плитка Иогансена продвигается

в пространстве между линейкой и струной, причем зазор между струной и плиткой по всей длине линейки должен быть одинаков.

Неточности определяются при помощи щупа. Второй способ, более точный, основан на применении микроскопа, который можно продвигать вдоль линейки на особых салазках, край которых скользит по пре-

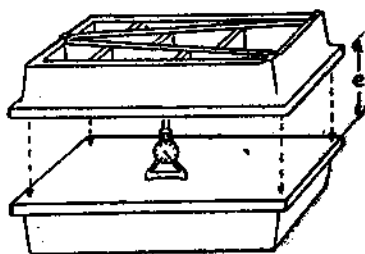


Фиг. 10. Проверка линейки.

веряемой плоскости линейки. В поле микроскопа имеются две пересекающиеся нити. Вдоль линейки натянута струна. Объектив микроскопа скользит над струной, причем струна устанавливается так, чтобы начало и конец струны, соответствующие началу и концу линейки, совпадали с пересечением нитей в объективе микроскопа (см. фиг. 10). Двигая салазки с микроскопом по краю линейки, наблюдают отклонение оси струны от пересечения нитей. Построив

в масштабе диаграмму отклонений, можно таким образом получить паспорт линейки.

Проверочная плита изготавливается обычно на заводе из особых сортов совершенно однородной стали. Для получения абсолютно точных проверочных плит требуется взаимное притирание минимум трех проверочных плит между собой. Притирание производят, намазывая краской поверхности проверочных плит и притирая их между собой до такого состояния, когда по всей поверхности плиты краска совершенно стирается, не оставаясь во впадинах.



Фиг. 11. Определение прогиба проверочной плиты.

Проверка проверочных плит может быть произведена либо путем накладывания на плиту проверочной линейки в различных направлениях, либо следующим образом: две плиты проверяются по водяному зеркалу, затем одна из них поворачивается на  $180^\circ$  и располагается над другой плитой таким образом, что можно тщательно проверить равномерность расстояния между обеими плитами для всех точек таковых. Лучше всего расположить верхнюю плиту углами на четырех плитках Иогансена одинаковых размеров, а затем соответствующим измерительным прибором с циферблатом определить стрелу прогиба верхней плиты в разных точках.

Для проверочного испытания можно подвести опору под середину плиты и, удалив опорные пластинки на углах, определить расстояние всех четырех углов от нижней плиты (см. Фиг. 11).

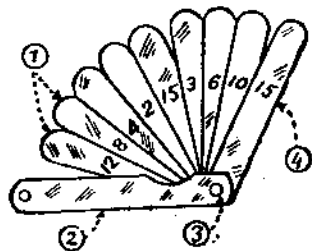
Щуп (см. фиг. 12) представляет собой набор калиброванных пластинок, изготовленных из стали.

Набор пластинок обычно принят следующий: 0,20, 0,15, 0,12, 0,10, 0,08, 0,06, 0,04, 0,03, 0,02 мм; более тонкие пластинки изготовить уже затруднительно.

Проверка щупа может быть произведена при помощи микрометра.

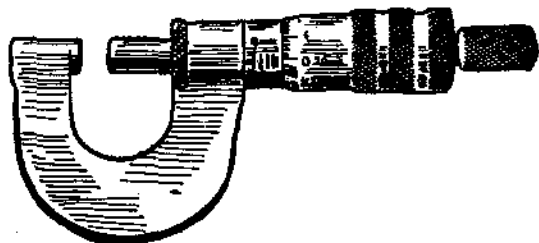
Необходимо иметь в виду, что при работе щупом не допускается вдвигание пластинок с силой между двумя поверхностями, зазор между которыми измеряется, так как это истирает концы щупа, лишает пластинки равномерной толщины по всей плоскости и приводит щуп в негодность, вызывая ошибки в измерении, что может повести весьма вредным последствиям при точных установках.

Микрометр (фиг. 13) применяется для измерения весьма тонких пластинок, проволоки и т. п. Точность микрометра 0,01 мм при нарезке винта в 1 мм и 0,005 мм при нарезке винта 0,5 мм. Край цилиндрической гильзы микрометра разделен обычно на 50



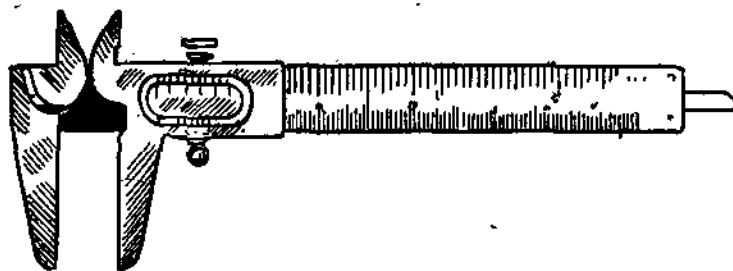
Фиг. 12. Щуп.

частей. Полный поворот гильзы на 360 градусов дает целый миллиметр или 0,5 мм в зависимости от того, какого типа принята нарезка: в 1 мм или 0,5 мм. Тогда доли миллиметра выражаются долями поворота гильзы. На конце гильзы имеется насеченный венчик для вращения гильзы от руки, причем соединение между венчиком и гильзой выполнено так, что сохраняется возможность скольжения венчика при вращении, если трение превосходит некоторую величину. Такое устройство преследует цель достигнуть всегда одинакового нажима между концом винта и опорной подушкой, так как при измерении изделий из мягкого металла (медь, свинец) возможны вдавливания винта в металл, следовательно, искажение результатов измерения.



Фиг. 13. Микрометр.

**Штангенциркуль** (Фиг. 14) применяется при измерениях расстояния между двумя точками или плоскостями и представляет собой видоизмененную мерную линейку. На скользящей ножке штангенциркуля имеется нониус. Для точных установок ножки и нониуса служит микрометрический винт. Точность измерения может быть доведена при обыкновенном ходовом штангенциркуле до 0,1 мм, а при более точных — до 0,02 мм. Точные штангенциркули после 200—250 измерений теряют свою точность, должны быть проверены, а паспорт их необходимо изменить.



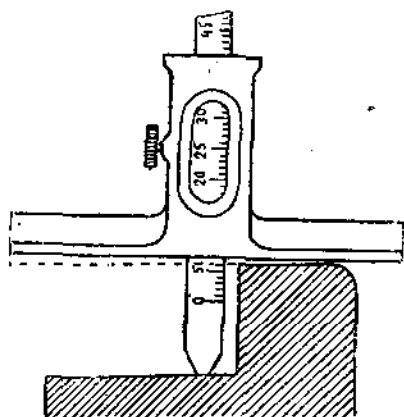
Фиг. 14. Штангенциркуль.

Видоизменением штангенциркуля является **глубиномер** (Фиг. 15). Глубиномер также может быть изготовлен с нониусом и микрометрическим винтом; достижимая точность измерения аналогична таковой же для штангенциркуля. Следует помнить как в отношении штангенциркуля, так и в отношении глубиномера, что точность измерения зависит от правильного расположения инструмента. Необходимо следить, чтобы плоскости ножек полностью прилегали к поверхностям, расстояние между которыми измеряется.

На фиг. 15 показано неправильное положение при замере глубиномером. При этом происходит искажение замера в сторону его увеличения.

**Ватерпас (уровень)** (Фиг. 5, п. 49). Основную часть ватерпаса составляет трубка, запаянная с двух концов, заполненная эфиром, имеющая пузырек, в котором собираются пары эфира. Трубка вделана в оправу — деревянную или металлическую, в зависимости от назначения ватерпаса.

**Стеклянная трубка изогнута по окружности.** Чем больше радиус этой окружности, тем точнее ватерпас. Радиус окружности принимают в зависимости от требуемой



Фиг. 15. Глубиномер.

точности ватерпаса от 5 до 250 м. В зависимости от назначения ватерпаса оправе придают различную форму: так, на фиг. 6 (п. 102) изображен ватерпас для каменных работ, для прокладки трубопроводов и для приближенной установки в горизонтальной плоскости; на фиг. 5 (п. 49) изображен ватерпас для установки валов. Оправа такого ватерпаса имеет специальный профиль, позволяющий поставить ватерпас вдоль по валу; фиг. 5 (п. 48) изображает квадратный ватерпас универсального типа, позволяющий делать установку валов и, кроме того, устанавливая в вер-

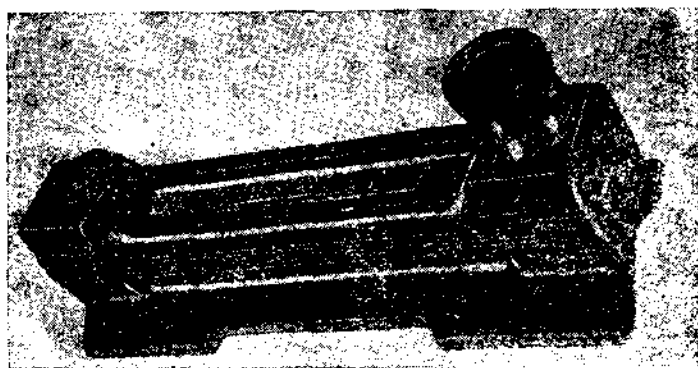
тикальном направлении отдельные поверхности машинных частей. При помощи этого ватерпаса, пользуясь его верхней плоскостью, можно производить горизонтальную установку деталей, имеющих точеные и шлифованные поверхности в нижней их части (напр., крышки цилиндров турбины). На стеклянной поверхности трубки нанесены деления. Цена деления, т. е. точность ватерпаса, может быть определена следующим образом. На проверочную плиту или другую шлифованную поверхность кладут метровую линейку, а на последнюю устанавливают ватерпас. Замечают деления, на которых при этом стоит воздушный пузырек. Затем под один край линейки подкладывают пластинки щупа, подбирая их таким образом, чтобы пузырек сдвинулся на одно деление. Толщина подкладки в миллиметрах даст нам цену деления, т. е. точность ватерпаса в миллиметрах на метр. Так, напр., если подложены пластинки толщиной в 0,25 мм, то точность ватерпаса выражается в 0,25 мм на 1 м или каждое деление даст нам уклон в  $\frac{1}{25000}$ .

Точность современных ватерпасов колеблется в пределах 1,0—0,1 мм.

Проверка ватерпаса производится путем последовательной установки ватерпаса на проверочной плите по одному и тому же направлению, но с поворотом ватерпаса на 180°. Вначале устанавливают ватерпас на плите, очерчивают его местоположение карандашом и за-

мечают деления, на которых остановится воздушный пузырек. Затем поворачивают ватерпас на  $180^\circ$ , следя, чтобы оправа его лежала на очерченном карандашом месте, и снова замечают деления, на которых станет воздушный пузырек. Если число делений и долей делений, которые прошел воздушный пузырек в первом случае равно числу делений с долями, которые прошел воздушный пузырек во втором случае, то ватерпас верен. В противном случае его необходимо проверить и исправить.

В настоящее время входит в употребление ватерпас или уровень Кука (фиг. 16), который снабжен микрометрическим винтом.



Фиг. 16. Уровень Кука.

Такая конструкция дает возможность не только определять не-точность установки в горизонтальной плоскости, но также определять наклон поверхности, на которой он установлен.

Верхняя часть ватерпаса представляет собой уровень, который соединен со всей нижней опорной частью при помощи микрометрического винта.

Поворот винта вызывает подъем или опускание одного конца верхней части уровня.

Движение верхней части уровня вызывает передвижение указателя по шкале, помещенной в торцевой части прибора.

Средняя линия шкалы соответствует положению уровня, параллельному его нижней опорной части.

При установке уровня на негоризонтальных поверхностях пузырек его уйдет в сторону. При помощи микрометрического винта можно поставить пузырек уровня на середину стеклянной трубки; при этом конец уровня поднимается или опускается на величину, равную толщине прокладки, которую следует подложить под опорную часть уровня либо вынуть из-под нее, чтобы получить горизонтальное положение уровня.

Стрелка, переместившись по шкале, даст толщину необходимой прокладки, которую можно определить по делениям шкалы.

Умножая эту величину на расстояние ватерпаса до того места детали, под которое можно подвести прокладку, получим ее необходимую толщину.

Для проверки ватерпаса в последнее время применяется особый прибор (фиг. 17), снабженный микрометрическим винтом и контрольным ватерпасом, который дает возможность определить точность данного ватерпаса и степень ошибки при измерениях.

Ватерпас, как точный прибор, требует бережного к себе отношения. Особенно следует заботиться, чтобы нижняя поверхность оправы,

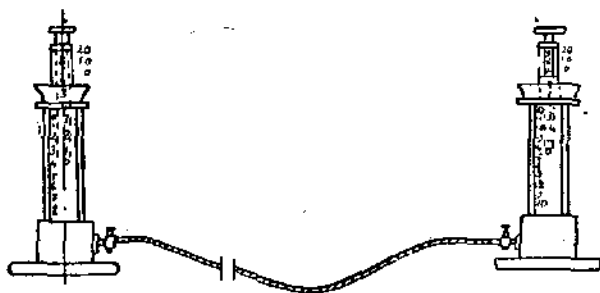


Фиг. 17. Прибор для градуировки уровней.

которая соприкасается с устанавливаемыми плоскостями, не подвергалась ударам и повреждениям, так как при этом ватерпас теряет точность. При работах с очень точными ватерпасами последние рекомендо-

уется применять только после предварительной установки детали менее точным ватерпасом, так как в противном случае будет потеряно много времени на установку.

Каждый ватерпас необходимо снабдить футляром, у точных ватерпасов оклеенным сукном либо бархатом. Нижнюю поверхность металлических ватерпасов необходимо предохранять от ржавления, смазывая ее вазелином.

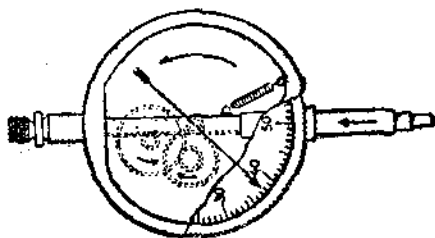


Фиг. 18. Уровень Ленева.

Уровень Ленева (см. фиг. 18) применяется в тех случаях, когда нивелируемые плоскости находятся на значительном расстоянии друг от друга, так что перекрыть это расстояние линейкой не представляется возможным.

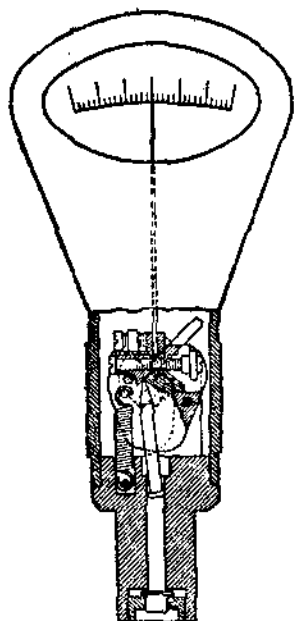
Уровень Ленева представляет собой два сообщающихся сосуда, соединенных между собой резиновой трубкой достаточной длины. На стенках сосудов имеются деления и передвижные шкалы для установки.

Прежде чем начать работу этим уровнем, оба сосуда ставят на плоскость (проверочная плита, металлическая доска и т. д.), предварительно установленную по уровню. Затем в сосуды наливается подкрашенная вода так, чтобы в обоих сосудах поверхность воды была на отметке нуль. Затем проверяют, нет ли пробок в резиновой трубке. После этого уровень может быть взят в работу. Надо помнить, что вода в сосудах испаряется, особенно когда работа производится в помещениях с высокой температурой (как, например, в машинном зале с действующими уже турбогенераторами); поэтому перед каждым применением уровня необходимо его проверить вышеуказанным способом.



Фиг. 19. Мерительные часы.

Для весьма точных измерений, выражаемых в микронах, применяются так называемые индикаторы. Общий принцип таких индикаторов состоит в воздействии перемещений на весьма малое плечо двуплечего рычага, другим концом которого служит стрелка, скользящая по шкале.



Фиг. 20. Микрометр Круппа.

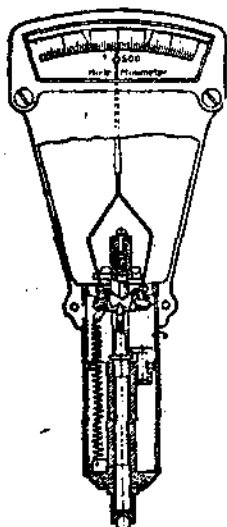
Этот принцип в различных системах индикаторов видоизменен тем или иным способом; так, например, в мерительных часах (фиг. 19) передача осуществляется при помощи ряда зубчаток, в микротасте (фиг. 20) — при помощи эксцентричной головки стрелки, в миллиметре — при помощи короткого плеча (фиг. 21).

Точность, достигаемая индикаторами, составляет 0,01—0,03 мм для простых мерительных часов и от 0,003—0,005 мм для микротастов и миллиметров. Проверку подобного рода приборов ни в коем случае не следует делать кустарными способами на месте. Необходимо от времени до времени отправлять такие приборы на завод-изготовитель либо в палату мер и весов для проверки и определения степени точности, причем в каждом случае надо требовать паспорт прибора.

Приборы этого типа надо оберегать от измерения величин, которые значительно превосходят предельную длину, измеряемую прибором. Обычно такой предельной длиной является 1 мм; поэтому вначале всю установку следует произвести менее точным прибором — простым

индикатором (см. фиг. 22), а затем уже проверить и уточнить при помощи вышеуказанных точных индикаторов.

Подобные приборы необходимо оберегать от толчков, ударов, ржавления, высокой температуры и влаги. Каждый прибор должен быть снабжен футляром, приспособленным специально для него; эти футляры составляют обычно неотъемлемую принадлежность прибора. Всякого рода исправления, смазывание и наладивание таких приборов собственными силами, как об этом говорилось уже выше, категорически запрещены.



Фиг. 21. Миниметр.

Работы, при которых применяются индикаторы, связаны обычно с установкой валов, дисков, колес и муфт при определении эксцентриситета таковых, который не должен превышать допускаемых для каждого данного случая норм.

Во всех случаях индикаторы имеют специальные зажимные установочные приспособления, при помощи которых эти приборы закрепляются на неподвижных частях турбогенераторов (стульях подшипников, цилиндрах и т. д.). Для каждого данного случая трудно, конечно, предусмотреть конструкцию закрепляющего устройства, поэтому зачастую на месте приходится тем или иным способом изготовлять фасонную скобу, кронштейн и т. д.

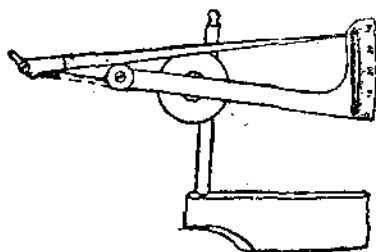
На фиг. 23 приведены наиболее часто встречающиеся случаи применения индикатора (мерительных часов).

А. Проверка правильности посадки на вал дисковой муфты. При затяжке шпоуки зачастую муфта может быть перекошена и получить некоторый эксцентриситет.

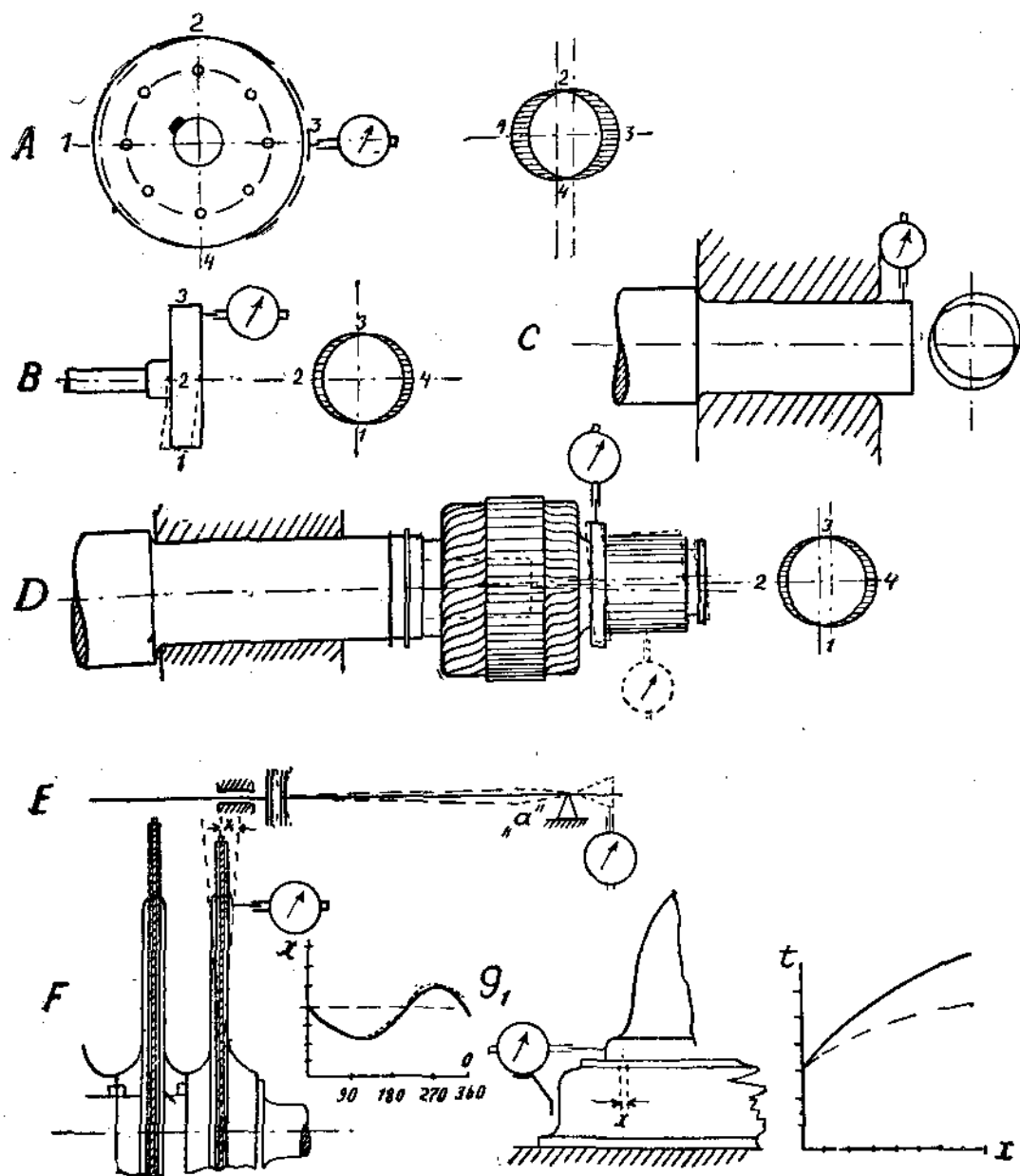
При работе муфты с эксцентриситетом имеет место так называемое «биение» муфты. В данном случае мы имеем дело с радиальным биением муфты.

Допускаемая величина радиального биения муфты составляет 0,04—0,06 мм при допустимом радиальном биении вала 0,01—0,02 мм.

Определение величины биения производится индикатором (мерительными часами), прикрепленным к неподвижной детали исследуемой машины. Наметив мелом на муфте 4 диаметрально противоположные точки 1, 2, 3 и 4 и поворачивая муфту на 90, 180, 270, 360°, замечаем показания индикатора и на основании этих показаний строим



Фиг. 22. Индикатор.



Фиг. 23. Проверочные работы с применением мерительных часов.

круговую диаграмму, на которой откладываем величины, характеризующие в некотором масштабе отклонения, наблюдаемые по индикатору. Тогда получаем полную картину неправильности насадки и можем приступить к исправлению.

**В.** На той же фиг. 23 изображено исследование при помощи индикатора аксиального биения муфты. Метод замера такой же, как и в случае *А*, но в этом случае допуск на неточность должен лежать в пределах 0,03—0,04 мм для муфты диаметром 400—500 мм.

В этом случае также полезно построить круговую диаграмму, характеризующую отклонение от нормальной насадки.

**С.** Определение искривления вала. В этом случае необходимо ослабить болты, крепящие корпус подшипника к ступе и крышку подшипника к корпусу. Затем укрепляют индикатор к ступе подшипника с помощью жесткой скобы той или иной формы, пригнав таковую по месту, и поворачивают вал последовательно на 90, 180, 270, и 360°, наблюдая отклонения индикатора. Отклонения не должны превышать 0,005—0,007 мм.

**Д.** Проверка правильности посадки возбuditеля на вал ротора генератора. Проверку обычно производят по кольцу, насаженному на коллектор. Кроме того, следует произвести проверку индикатором коллектора, так как биение коллектора вызывает быстрое срабатывание щеток, искрение и порчу коллектора. В этом случае поступают так же, как и в предыдущих. Строят диаграмму для двух мест замера и, определив характер биения, исправляют его, производя замеры после каждого исправления. Допускаемое биение для турбогенераторов с числом оборотов 3000 должно составлять на кольце возбuditеля 0,015—0,025 мм.

**Е.** Проверка правильности затяжки муфты при валах, состоящих из двух половин, соединенных жесткой муфтой. В данном случае, затянув муфту, вместо подшипника подводят вкладыш, подвешенный к канатному тросу, и с помощью индикатора определяют радиус окружности основания, получающегося при вращении конуса. Более детально этот случай будет разобран далее при описании методов центровки валов. Допускаемое отклонение при этом не должно превышать 0,005—0,007 мм.

**Ф.** Определение «восьмерки» турбинного диска. Чтобы не испортить индикатора, необходимо вначале проверить величину отклонения диска менее точным прибором, например, штангенциркулем или глубиномером, проворачивая диск, сидящий на валу, на 90, 180, 270 и 360°, и затем уже применить индикатор. Прикрепив индикатор на жесткой скобе к корпусу цилиндра, путем проворачивания определяют отклонение диска от плоскости, перпендикулярной оси вала и проходящей через середину ступицы. В этом случае также имеет смысл построить диаграмму, которая будет характеризовать профиль искоробленного диска. По оси ординат откладываем показания индикатора, по оси абсцисс — угол поворота

диска. Таким образом диаграмма даст полную картину деформации обода покоробленного диска, после чего можно иметь суждение в методах исправления дефекта.

**Г. Определение характера температурных деформаций в корпусе либо рамах цилиндра.** Такой случай может иметь место, когда требуется исследовать взаимные перемещения отдельных частей турбины под влиянием нагрева.

Приведенный на фиг. 23 случай **Г** изображает исследование сдвига корпуса цилиндра под влиянием нагрева. По обе стороны цилиндра на обоих лапах устанавливаются индикаторы, прикрепленные к фундаментной раме машины. Под влиянием нагрева машины лапа корпуса будет скользить по плите (речь идет о скользящей опоре корпуса).

Построив диаграмму по показаниям индикаторов и термометра, получим кривую температурных сдвигов. Сравнивая диаграммы обоих индикаторов, получим суждение о правильности перемещений, если кривые совпадают, либо о перекосе при нагреве, если обнаружится разный характер кривых, построенных для обеих сторон цилиндра.

Применение указанных способов более детально разбирается, дальше в соответствующих отделах книги.

#### **IV. ТАКЕЛАЖНЫЕ РАБОТЫ**

Такелажными работами принято называть все работы, связанные с разгрузкой, перемещением и установкой частей турбогенератора, для последующего монтажа и сборки.

На такелажные работы следует обращать особое внимание во весь период монтажа, ставя их под постоянный контроль технически грамотного лица.

Подбор персонала для такелажных работ должен быть проведен особенно тщательно, так как, помимо физической силы, при этих работах требуется быстрая сообразительность, находчивость, знание приемов вязки и захватывания грузов, если так можно выразиться, — «чувство веса и центра тяжести» и, кроме того, твердая дисциплина и четкая согласованность в работе. Для успешного проведения работ необходимо создавать бригаду с момента прихода первых частей на монтажную площадку и не менять ее состава до полного окончания всех монтажных работ. Лишь в этом случае можно добиться привычки отдельных работников друг к другу и твердой товарищеской дисциплины внутри бригады. Контингент для комплектования подобных бригад может быть в готовом виде получен из моряков палубных команд, знакомых со всеми такелажными операциями по роду своей предыдущей работы, что особенно касается руководителя бригады — бригадира, на которого в период монтажных работ ложится огромная ответственность за целостность всех частей турбогенератора, добросовестную увязку и проверку всего такелажка.

Основными элементами оборудования при такелажных работах являются канаты, тросы, цепи, крюки, блоки, тали и кран.

Этому оборудованию должен быть уделен максимум внимания. Все части этого оборудования необходимо держать под постоянным контролем, не жалея средств на производство испытаний на месте монтажа или в специальной лаборатории. В особенности это касается канатов, тросов и цепей.

Ко всякому элементу такелажного оборудования необходимо иметь заводские паспорта, а если таковых нет, составить их на месте, пользуясь данными испытаний и результатами работы лаборатории. При таком условии значительно облегчится подбор нужного такелажного оборудования для каждого участка работы, и можно будет избежать дополнительных расчетов для каждого индивидуального случая, поскольку без лабораторного анализа расчеты служат более для очистки совести и вводится коэффициент «авось», который раз навсегда должен быть изгнан с монтажной площадки.

Такелаж необходимо подвергать периодической проверке для выяснения степени его износа. Канаты с протертыми прядями, тросы с лопнувшими жилками и стрентами, имеющие резкие перегибы (заломы), тали с заевшими механизмами должны быть немедленно удалены с площадки, причем удалены так, чтобы они более не попадались под руки работающих, которые при спешке могут их снова пустить в работу.

Проверка такелажа должна производиться мастером (шефмонтером) совместно с бригадиром такелажной бригады, и в всяком случае браковки такелажа должен составляться краткий акт с указанием причин браковки.

Приводим краткие данные об основных составляющих элементах такелажного оборудования для размеров наиболее употребительных в практике.

Пеньковые канаты должны быть изготовлены из чесанной пеньки с длинным волокном. Нормальные размеры и основные данные приводим в следующей таблице:

Таблица пеньковых канатов

| d<br>(мм) | Разрываю-<br>щий груз<br>кг | Вес 1 м в кг       |             |
|-----------|-----------------------------|--------------------|-------------|
|           |                             | Неосмолен-<br>ного | Осмоленного |
| 12,1      | 740                         | 0,112              | 0,128       |
| 20,2      | 2 050                       | 0,320              | 0,384       |
| 36,2      | 5 240                       | 0,770              | 0,900       |
| 48,6      | 11 470                      | 1,760              | 2,110       |
| 64,7      | 20 500                      | 3,070              | 3,780       |

Запас прочности при такелажных работах, не связанных с подъемом людей, при пеньковых канатах следует брать 6—8-кратный.

Необходимо заметить, что прочность осмоленных канатов на 15—20% меньше, чем неосмоленных.

Тросы принимаются в бухтах по весу. Основное требование, которое необходимо предъявлять при приемке, — отсутствие заломов, разорванных жилков и помятых участков. Остальные качества определяются паспортом, прилагаемым к каждой бухте. Спецификация наиболее ходовых размеров приведена в помещаемой ниже таблице.

Таблица стальных тросов

| Тип троса           | d<br>(мм) | Вес<br>1 м<br>(кг) | Расчетный разрывающий груз при<br>напряжении в кг/см <sup>2</sup> |         |         |
|---------------------|-----------|--------------------|-------------------------------------------------------------------|---------|---------|
|                     |           |                    | 13 000                                                            | 16 000  | 18 000  |
| 6×19=114 . . . .    | 6,5       | 0,135              | 1 860                                                             | 2 290   | 2 570   |
| 1 пеньковая . . . . | 13        | 0,54               | 7 450                                                             | 9 170   | 10 810  |
| сердцевина . . . .  | 19        | 1,289              | 16 760                                                            | 20 620  | 23 300  |
| 6×37=222 . . . .    | 26        | 2,38               | 32 640                                                            | 40 180  | 45 200  |
| 1 пеньковая . . . . | 37        | 4,78               | 65 510                                                            | 80 620  | 90 700  |
| сердцевина . . . .  | —         | —                  | —                                                                 | —       | —       |
| 6×61=366 . . . .    | 25        | 2,21               | 30 260                                                            | 37 250  | 41 900  |
| 1 пеньковая . . . . | 36        | 4,61               | 63 150                                                            | 77 730  | 87 440  |
| сердцевина . . . .  | 48        | 7,89               | 107 990                                                           | 482 910 | 149 530 |

П р и м е ч а н и е. В данной таблице в графе «тип троса» первый сомножитель показывает число стренг, второй сомножитель — число проволок в стренге.

Запас прочности при такелажных работах, не связанных с подъемом людей, у стальных тросов следует брать 4—5-кратный.

Цепи представляют собой элемент, требующий наибольшего надзора, ухода и жестких норм приемки.

Железные цепи, получаемые с завода, рекомендуется перед употреблением отжечь. Эта операция должна быть поручена лицу с достаточной квалификацией, дабы отжиг не повлек за собой порчу цепи.

Определение качества цепей значительно труднее, чем канатов и тросов, поэтому и «коэффициент неизвестности» в этом случае больше. При внешнем осмотре цепей трудно заметить пороки в сварке звеньев, которые могут быть выражены внутренними раковинами, поэтому на площадке обязательно надо произвести испытание цепей. При работе с цепями следует помнить, что, в отличие от разрыва тросов и канатов, разрыв цепи происходит мгновенно, и принять необходимые меры предосторожности в этом случае не удастся. Поэтому такелажные работы с помощью цепей должно производить крайне осмотрительно.

Следует даже рекомендовать избегать вести такелажные работы с помощью цепей (исключая, конечно, талей и кранов, где цепи ра-

работают в специальных условиях с допускаемыми радиусами перегиба, в на специальных блоках).

Величина груза, допускаемого к подъему данной цепью, может быть приближенно определена по следующей формуле:

$$Q = 800 d^2 \text{ кг,}$$

где  $d$  — в сантиметрах

Основные данные для калиброванных цепей приведены в следующей таблице:

Таблица калиброванных цепей

| Диаметр цепи в мм | Допускаемая нагрузка в случае |       |       | Вес 1 м коротко-звенной цепи кг | Диаметр цепи в мм | Допускаемая нагрузка в случае |        |        | Вес 1 м коротко-звенной цепи кг |
|-------------------|-------------------------------|-------|-------|---------------------------------|-------------------|-------------------------------|--------|--------|---------------------------------|
|                   | I                             | II    | III   |                                 |                   | I                             | II     | III    |                                 |
|                   | кг                            | кг    | кг    |                                 |                   | кг                            | кг     | кг     |                                 |
| 5                 | 250                           | 200   | 125   | 0,58                            | 20                | 4 000                         | 3 200  | 2 000  | 8,93                            |
| 6                 | 260                           | 288   | 180   | 0,81                            | 21                | 4 410                         | 3 528  | 2 205  | 9,90                            |
| 7                 | 490                           | 342   | 245   | 1,10                            | 22                | 4 840                         | 3 872  | 2 420  | 10,87                           |
| 8                 | 640                           | 512   | 320   | 1,44                            | 23                | 5 290                         | 4 232  | 2 645  | 11,90                           |
| 9                 | 810                           | 648   | 405   | 1,82                            | 24                | 5 760                         | 4 608  | 2 880  | 12,94                           |
| 10                | 1 000                         | 800   | 500   | 2,25                            | 26                | 6 760                         | 5 408  | 3 380  | 15,18                           |
| 11                | 1 210                         | 968   | 605   | 2,72                            | 28                | 7 840                         | 6 272  | 3 920  | 17,61                           |
| 12                | 1 440                         | 1 152 | 720   | 3,24                            | 30                | 9 000                         | 7 200  | 4 500  | 20,22                           |
| 13                | 1 690                         | 1 352 | 845   | 3,80                            | 33                | 10 890                        | 8 712  | 5 445  | 24,46                           |
| 14                | 1 960                         | 1 568 | 980   | 4,41                            | 36                | 12 960                        | 10 368 | 6 480  | 29,11                           |
| 15                | 2 250                         | 1 800 | 1 125 | 5,06                            | 39                | 15 210                        | 12 168 | 7 605  | 34,16                           |
| 16                | 2 560                         | 2 048 | 1 280 | 5,76                            | 43                | 18 490                        | 14 792 | 9 245  | 41,53                           |
| 17                | 2 890                         | 2 312 | 1 445 | 6,50                            | 46                | 21 160                        | 16 928 | 10 580 | 47,53                           |
| 18                | 3 240                         | 2 592 | 1 620 | 7,28                            | 49                | 24 010                        | 19 208 | 12 005 | 53,82                           |
| 19                | 3 610                         | 2 888 | 1 805 | 8,14                            | 52                | 27 040                        | 21 632 | 13 520 | 60,73                           |

Запас прочности при работах с цепями следует брать от 6- до 8-кратного, конечно, если работы не связаны с подъемом людей. При периодическом контроле цепей следует обращать внимание на степень истирания цепи и на качество сварок. В случае сомнений лучше совсем отказаться от цепи и употребить ее лишь на менее важные работы, не связанные с ответственными монтажными операциями.

**Б л о к и.** В основном блоки мало поддаются порче и могут служить много лет. Ответственной частью блока нужно считать ось и верхнюю часть обоймы в изгибах и в месте крепления крюка, если таковой имеется.

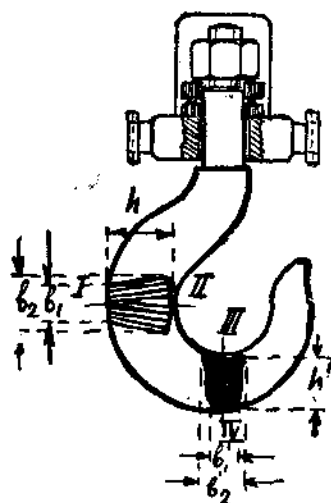
Лучше применять блоки без спиц с цельной стенкой. Во время приемки необходимо обращать внимание, помимо осей и обоймы, на состояние реборд блока, которые наиболее часто подвергаются порче и обламываются, особенно в тех случаях, когда блоки чугунные.

Следует обращать внимание на устройство смазки в блоках, так как невозможность смазки в блоках — явление рядовое, которое приводит к весьма серьезным последствиям: заеданию во время работы, быстрому износу оси, разбалтыванию и перекосу.

Диаметр блоков зависит от толщины отдельных проволок тросов  $\delta$  и от допускаемого общего напряжения троса  $\sigma$ .

Для лебедок с ручным приводом можно принять приблизительно

$$D = 400 \delta.$$



Фиг. 24. Крюк.

Крюк к. Обычный материал крюков — кованое железо. Опасным сечением крюка следует считать сечение по I, II (фиг. 24). Наиболее изнашивающаяся часть — место крепления крюка к обойме, особенно при простых конструкциях, применяемых при такелажных работах. В этой части сопряжения крюка с обоймой следует немедленно производить необходимые исправления, а если таковые без капитального ремонта произвести уже невозможно, надо убрать крюк

с монтажной площадки, передав его на ремонт в соответствующие мастерские.

Ниже приводим таблицу ходовых размеров крюков с указанием допустимой грузоподъемности их.

Таблица крюков

| Подъемная<br>сила т | Отверстие<br>мм | Нарезка |         |                      | Высота<br>гайки мм | Цалфа<br>мм    |                |                | Поперечное<br>сечение I—II |                |                | Поперечное<br>сечение III—IV |                             |                             |
|---------------------|-----------------|---------|---------|----------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------|----------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                     |                 | d<br>мм | d<br>мм | d <sub>г</sub><br>мм |                    | d <sub>0</sub> | d <sub>2</sub> | d <sub>3</sub> | h                          | b <sub>1</sub> | b <sub>2</sub> | h <sup>1</sup>               | b <sub>1</sub> <sup>1</sup> | b <sub>2</sub> <sup>1</sup> |
| 1                   | 70              | 1       | 25,4    | 21,33                | 35                 | 35             | 37             | 42             | 50                         | 40             | 18             | 38                           | 35                          | 20                          |
| 2,5                 | 80              | 1 1/2   | 38,1    | 32,7                 | 40                 | 40             | 42             | 47             | 70                         | 55             | 25             | 60                           | 50                          | 30                          |
| 5                   | 100             | 1 3/4   | 44,4    | 37,9                 | 55                 | 55             | 57             | 65             | 95                         | 80             | 30             | 75                           | 60                          | 32                          |
| 7,5                 | 110             | 2       | 50,8    | 43,6                 | 65                 | 65             | 68             | 75             | 115                        | 95             | 40             | 95                           | 75                          | 42                          |
| 10                  | 120             | 2 1/4   | 57,1    | 49,0                 | 75                 | 75             | 78             | 85             | 130                        | 110            | 45             | 110                          | 90                          | 48                          |
| 12,5                | 140             | 2 1/2   | 63,5    | 55,4                 | 80                 | 80             | 83             | 90             | 145                        | 125            | 48             | 125                          | 105                         | 53                          |
| 15                  | 150             | 2 3/4   | 68,8    | 60,5                 | 85                 | 85             | 88             | 95             | 160                        | 140            | 54             | 140                          | 110                         | 58                          |
| 20                  | 160             | 3 1/4   | 82,5    | 72,6                 | 90                 | 90             | 94             | 104            | 170                        | 150            | 58             | 150                          | 120                         | 63                          |
| 25                  | 190             | 3 1/2   | 89,9    | 79,0                 | 110                | 100            | 104            | 114            | 190                        | 165            | 64             | 165                          | 135                         | 72                          |
| 30                  | 205             | 3 3/4   | 95,2    | 84,4                 | 130                | 105            | 109            | 120            | 205                        | 180            | 70             | 180                          | 145                         | 77                          |
| 50                  | 205             | 4 3/4   | 120,6   | 108,4                | 150                | 145            | 149            | 160            | 255                        | 230            | 88             | 225                          | 190                         | 95                          |

Та ли представляют собой уже сложный механизм из комплекса цепей, блоков, крюка и добавочной червячной передачи.

Как правило, тали должны испытываться после получения с завода в присутствии представителя местного отдела труда по нормам НКТ и лишь тогда могут быть пущены в работу. За талиями необходим весьма тщательный уход, так как этот сравнительно сложный механизм нестационарного типа при переносе с места на место легко подвергается ударам, засорению и порче.

Особенно надо следить за чисткой и смазкой талей.

Мест, подвергающихся порче, у талей обычно два:

1. Грузовая звездочка, износ которой приводит к опасным соскакиваниям цепи, толчкам и ударам, которые могут повести к разрыву цепи.

2. Червячная передача, износ которой может выразиться в истирании винтового колеса, червяка или упорного подшипника на червяке. Это приводит к заеданию всего механизма и остановке работы зачастую в самый ответственный момент при подъеме груза.

Ни под каким видом не следует допускать в работу тали, имеющие один из вышеперечисленных дефектов (само собой разумеется, что следует применить все сказанное выше относительно отдельных деталей, как то: цепь, крюк, блоки).

Повреждение талей быстро прогрессирует и может повести к тяжелым последствиям как для работающих, так и для поднимаемых грузов.

Домкраты применяются для подъема и передвигания частей оборудования и отдельных деталей. По конструкции их можно разделить на реечные и винтовые. Грузоподъемность домкратов от 2 до 20 т, высота подъема от 0,3 до 0,5 м.

Работая с домкратом, следует устанавливать его всегда правильно, т. е. так, чтобы он нажимал на поднимаемый груз всей поверхностью верхней и нижней пят.

Косая установка домкрата создает эксцентричные усилия во всем механизме и приводит к быстрой порче и износу.

Домкрат в такой же мере, как и тали, представляет собой сравнительно сложный механизм и требует ухода, т. е. чистки и смазки. Особенно подвержены порче реечные домкраты.

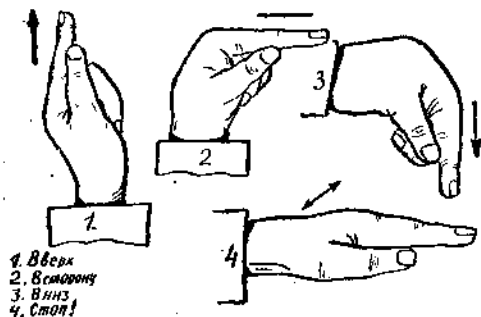
При выдаче домкратов на работы следует всегда проверить исправное состояние собачек на трещотках, так как зачастую в реечных домкратах такая неисправность может повести к несчастным случаям с людьми от удара быстровращающейся рукоятки при сидящем домкрате, не говоря уже о повреждениях поднимаемого груза либо машинной детали.

Мостовые краны. В начале монтажных работ следует детально ознакомиться с мостовым краном, который будет служить основным механизмом при работах. Такое знакомство и знание «характера» крана окажется очень полезным при выборе методов производства такелажных работ.

Следует ознакомиться с протоколами испытания крана, произведенными в присутствии технического инспектора местного отдела

труда. Помимо этого необходимо лично проверить скорости крана: скорость передвижения моста и тележек, скорость подъема грузовых крюков и главным образом исправное действие тормозов.

Неисправный тормоз может быть причиной крупных аварий при монтажных работах. Необходимо в начале монтажных работ проверить знания и быстроту соображения кранового машиниста, от которого в большой степени зависит безопасность и быстрота исполнения монтажных работ.



Фиг. 25. Мимическая команда.

мимическую команду, как это указано на фиг. 25.

При работе краном командовать должно одно лицо — шеф-монтер. Все остальные лица для кранового машиниста не должны существовать. Только такая организация работы гарантирует от путаницы и обезлички на монтажной площадке.

Все приведенные выше таблицы для канатов, тросов, цепей, блоков, крюков, талей и крапов взяты ориентировочно, так как в настоящее время в связи с введением норм и стандартов многие размеры таблиц изменены, но интерполированием по таблицам мы всегда с достаточной точностью можем получить необходимые нам сведения, которые положим в основу расчетов при такелажных работах.

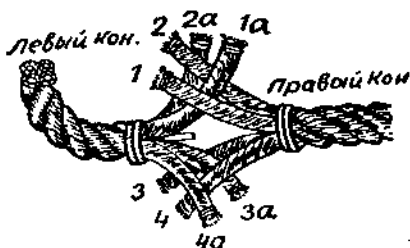
Надежная вязка и подвеска машинных деталей при монтажных работах согласно выработанных практикой способов в значительной мере сокращает время, необходимое для проведения монтажа, и дает гарантию безопасности при операциях с тяжелыми деталями современных турбогенераторов.

Простейшая операция с канатами и тросами, которую приходится применять в ряде случаев, это сращивание двух концов.

Фиг. 26 показывает наращивание конца троса путем зачалки. Ручная зачалка тросов, особенно большого диаметра, представляет

По своим психотехническим качествам крановый машинист должен удовлетворять примерно тем же требованиям, что и вагоновожатый трамвая или шофер автомобиля.

Команду крану не следует подавать голосом, так как зачастую это невозможно ввиду шума в машинном зале, особенно если работают ранее установленные тербогенераторы. Следует применять



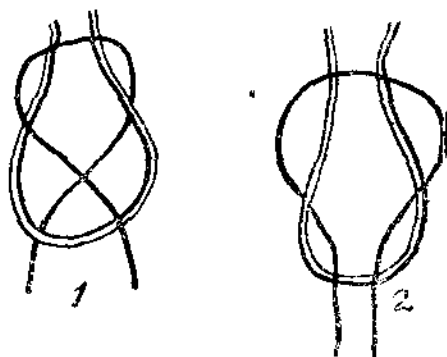
Фиг. 26. Сращивание троса.

затруднительную операцию, требующую минимум двух, а то и трех человек. При тонких тросах и канатах такой метод можно рекомендовать, как дающий хорошую надежность. Концы отдельных строп при этом способе рекомендуется оплывать во избежание расплетания. Фиг. 27 и 28 показывают два типа узлов. Чтобы тросы не заламывались, в образовавшуюся петлю рекомендуется вставлять деревянную круглую колодку.

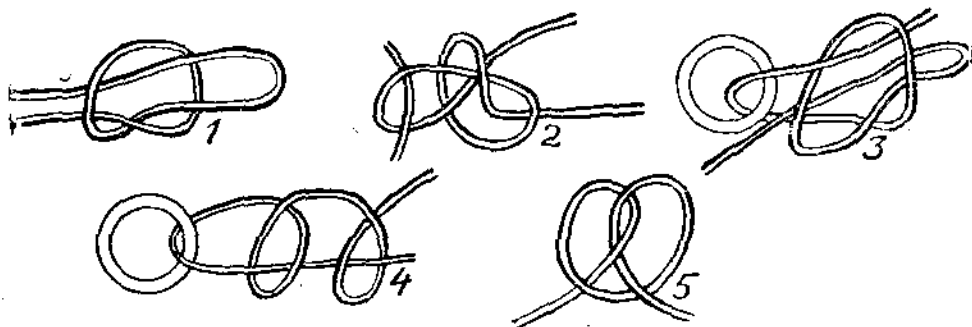
Не следует нарощенные тросы и канаты применять при точных такелажных работах (закрывание крышек турбины, укладка ротора и т. д.), так как места сращения под влиянием груза затягиваются, давая удлинение троса и нарушая тем установленное положение детали. Если все же этого избежать нельзя, то следует, подвесив деталь, дать ей повисеть невысоко над уровнем площадки минут 5—10, а затем снова проверить ватерпасом положение и, если оно нарушено, произвести заново перевязку. Повторяем, что подобный метод работы в значительной мере задержит ход монтажа, поэтому его следует всемерно избегать.

Правильная подвеска на крюк предохраняет от скольжения троса по крюку и потери равновесия детали. Фиг. 29 показывает правильный способ подвески к крюку при тросах и канатах, если крюк одинарный.

Правильная подвеска на крюк предохраняет от скольжения троса по крюку и потери равновесия детали. Фиг. 29 показывает правильный способ подвески к крюку при тросах и канатах, если крюк одинарный.



Фиг. 27. Узлы.

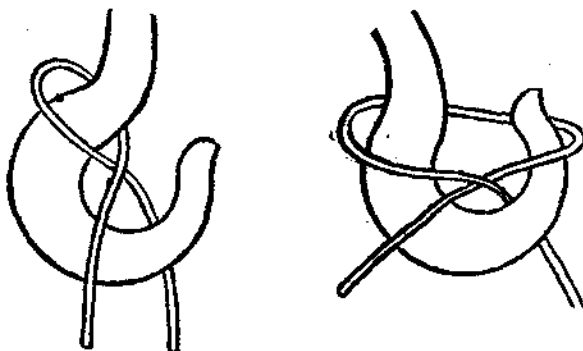


Фиг. 28. Петли.

Фиг. 30 показывает правильную подвеску ящика в случае двойного крюка. В обоих случаях тросы и канаты одной ветви зажаты тросами либо канатами другой ветви, что гарантирует от скольжения по крюку.

На фиг. 30 подвеска ящика выполнена при помощи кольцевой стропы.

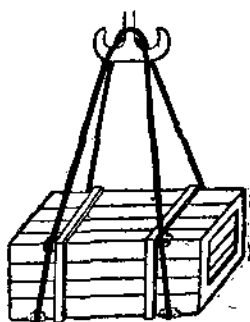
Подвески простых деталей при помощи кольцевых строп показаны на фиг. 31 для куска трубы и на фиг. 32 для небольшого ящика, в котором центр тяжести расположен близко к середине ящика.



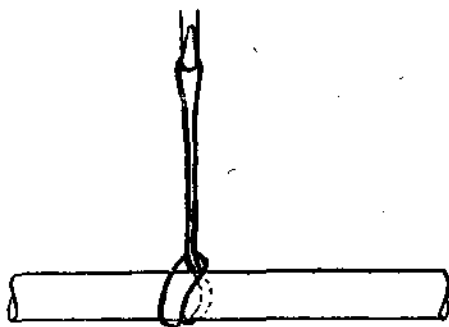
Фиг. 29. Подвеска на крюк.

Фиг. 33 дает представление о применении петлевых строп при операциях с роторами турбин. Необходимо выдержать зависимость  $h = 1,2 + 1,5 L$ , тогда ротор будет значительно устойчивее.

В последнее время для укладки роторов применяются балансиры.



Фиг. 30. Подвеска на двойной крюк.



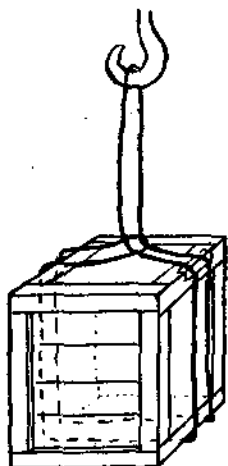
Фиг. 31. Подвеска трубы.

На фиг. 34 изображены два типа балансиров. Одна конструкция состоит из толстостенной трубы, играющей роль траверсы  $a$ , двух щек  $b$ , двух разъемных серег  $c$  и из латунных либо красномедных подкладок  $d$ . В зависимости от длины роторов траверса может быть удлинена с помощью вставок. Подкладки изготовляются по диаметру валов.

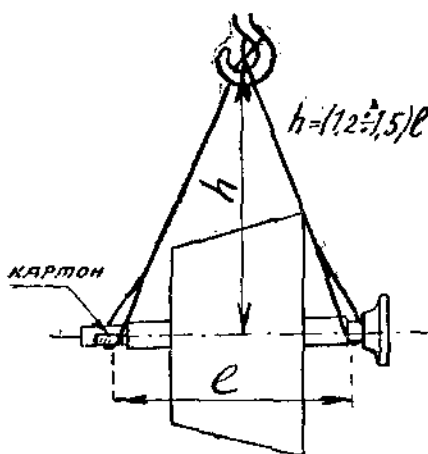
Другой тип состоит из швеллера, подвешенного к крюку крана на цепях с винтовыми стяжками. К швеллеру крепятся крюки для

подвешивания ротора с помощью строп. Вся система при вращении строп может быть изменена так, что ось ротора будет иметь наклон в ту или другую сторону. Для каждого ротора должен быть при этой конструкции отдельный балласт, либо положение крюков на траверсе можно менять, просверлив добавочные отверстия в швеллере.

Такие приспособления дают полную гарантию устойчивого равновесия при работах с роторами турбин.



Фиг. 32. Подвеска ящика.



Фиг. 33. Подвеска ротора.

Особых трудов требует подвеска несимметричных деталей, так как при этом нахождение центра тяжести и оси симметрии теоретическим путем представляет значительные затруднения, следовательно приходится добиваться состояния равновесия детали в желательном положении путем ряда проб.

Фиг. 35 показывает способ подвески части фундаментной рамы генератора агрегата в 10 000 квт, при котором положение равновесия детали найдено путем ряда проб.

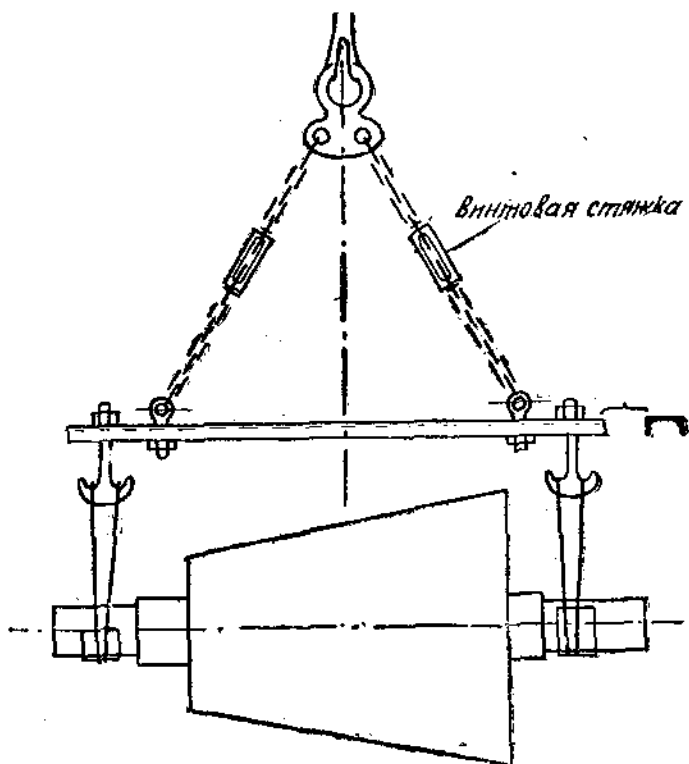
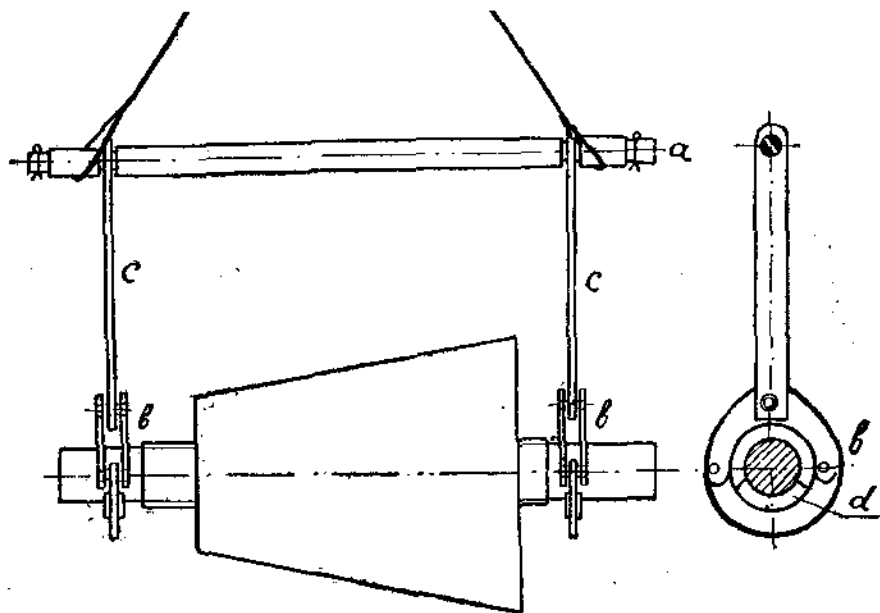
Значительный интерес представляют операции динамического характера; повороты и переворачивания крупных деталей турбогенератора.

На фиг. 36 показана последовательность переворачивания крышки крупного турбогенератора перед чисткой.

Все подобного рода операции необходимо производить с крайней осмотрительностью, соблюдая два правила:

1) тросы, на которых подвешена деталь к крюку, должны быть всегда натянуты.

2) крюк должен висеть всегда совершенно вертикально. Соблюдение этих двух правил гарантирует спокойное и бесперебойное проведение операций.



Фиг. 34. Балансир для укладки роторов.

На фиг. 36 1 дается исходное положение при переворачивании крышки турбины, причем, как это ясно из чертежа, под одну сторону положен дубовый брусок; 2 и 3 дают последовательно дальнейший ход работы.

Особенно ответственный момент операции представляет 3, когда крышка находится в неустойчивом равновесии на ребре фланца, опертом на дубовые подкладки. В этот момент необходимо проделать краном два движения, дабы выполнить приведенные выше два правила: подать край в сторону по стрелке и одновременно вверх; тогда с некоторым приближением мы получим дугу, по которой пойдет точка подвеса при стремлении крышки опрокинуться вокруг опорного ребра на дубовой подкладке.

Если мы на это не обратим внимания, то можем получить при проходе проекции центра тяжести через острый край фланца ослабление троса и вслед за тем удар по тросу при опрокидывании крышки. При значительном весе детали это может повести к разрыву троса, повреждению крана и скольжению детали по поверхности площадки со всеми вытекающими отсюда последствиями. Рисунки 4, 5 и 6 дают дальнейшие моменты поворота.

Другая динамическая операция с крупными деталями — это поворот конденсатора.

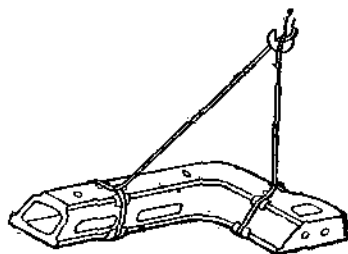
Обычно конденсатор на железнодорожной платформе подается на площадку выхлопным патрубком вниз, дабы увеличить его устойчивость наимизшим возможным положением центра тяжести. Перед установкой конденсатора его необходимо повернуть выхлопным патрубком вверх.

Последовательность этой операции приведена на фиг. 37, где:

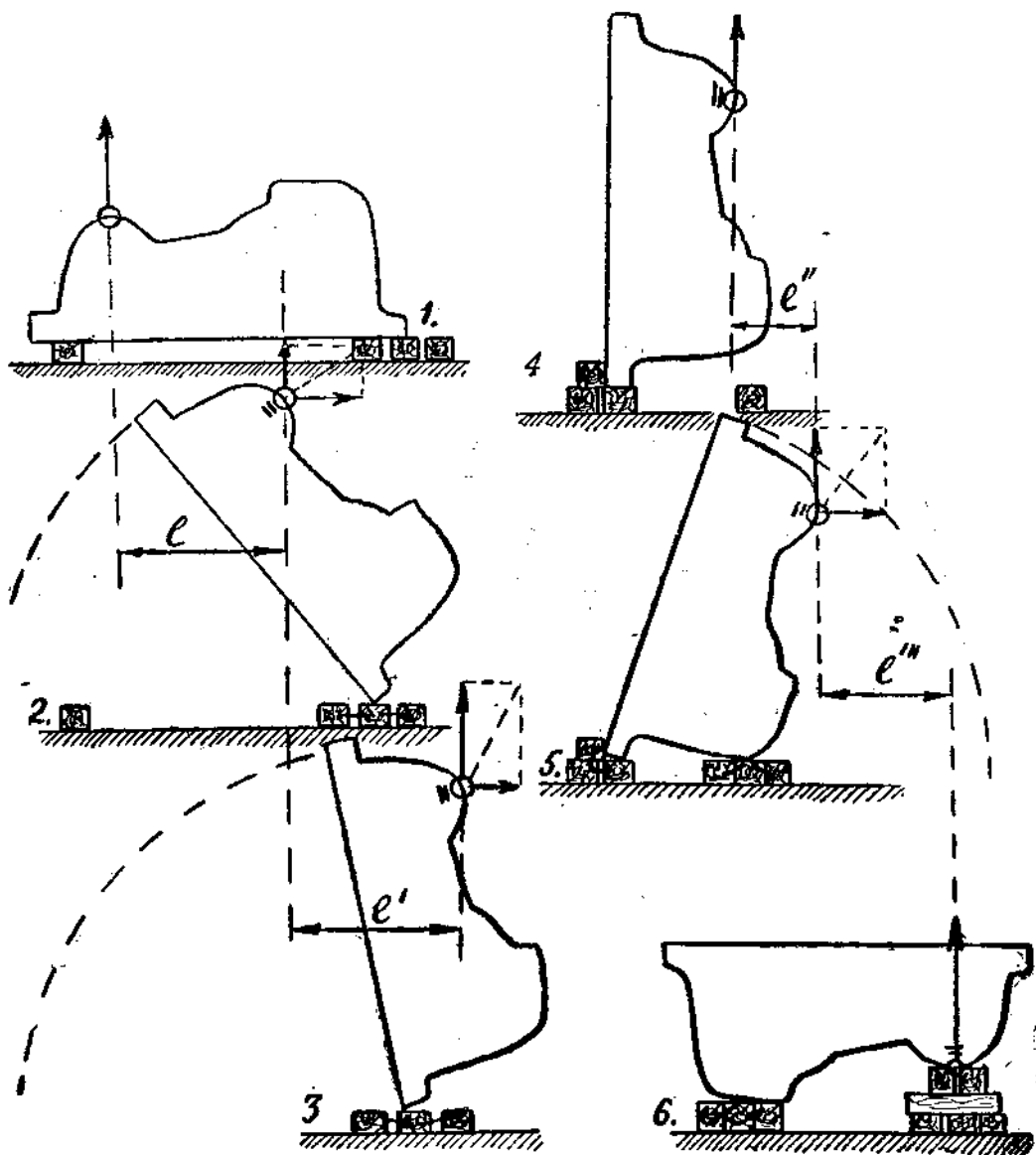
1 — конденсатор вместе с рамой, на которой он уложен, снят с вагона и поставлен на площадку патрубком вниз. Под раму брусья подложены так, чтобы конденсатор можно было повернуть, не задевая фланцем выхлопного патрубка за пол площадки. Под конденсатор между его нижней частью и опорами рамы положено полосовое железо толщиной 5 мм и шириной около 100 мм. Железо густо смазано тавотом со стороны конденсатора.

2 и 3 — тросы перекалены и кран поставлен в такое положение, чтобы трос при натяжении был касательным к цилиндрической поверхности конденсатора. После всех вышеперечисленных операций можно осторожно тянуть трос краном. При этом конденсатор будет наворачиваться вокруг своей оси до тех пор, пока патрубок окажется сверху. После этого надо у к р е п и т ь к о н д е н с а т о р, разобрав тросы и оставив его до момента начала монтажных работ.

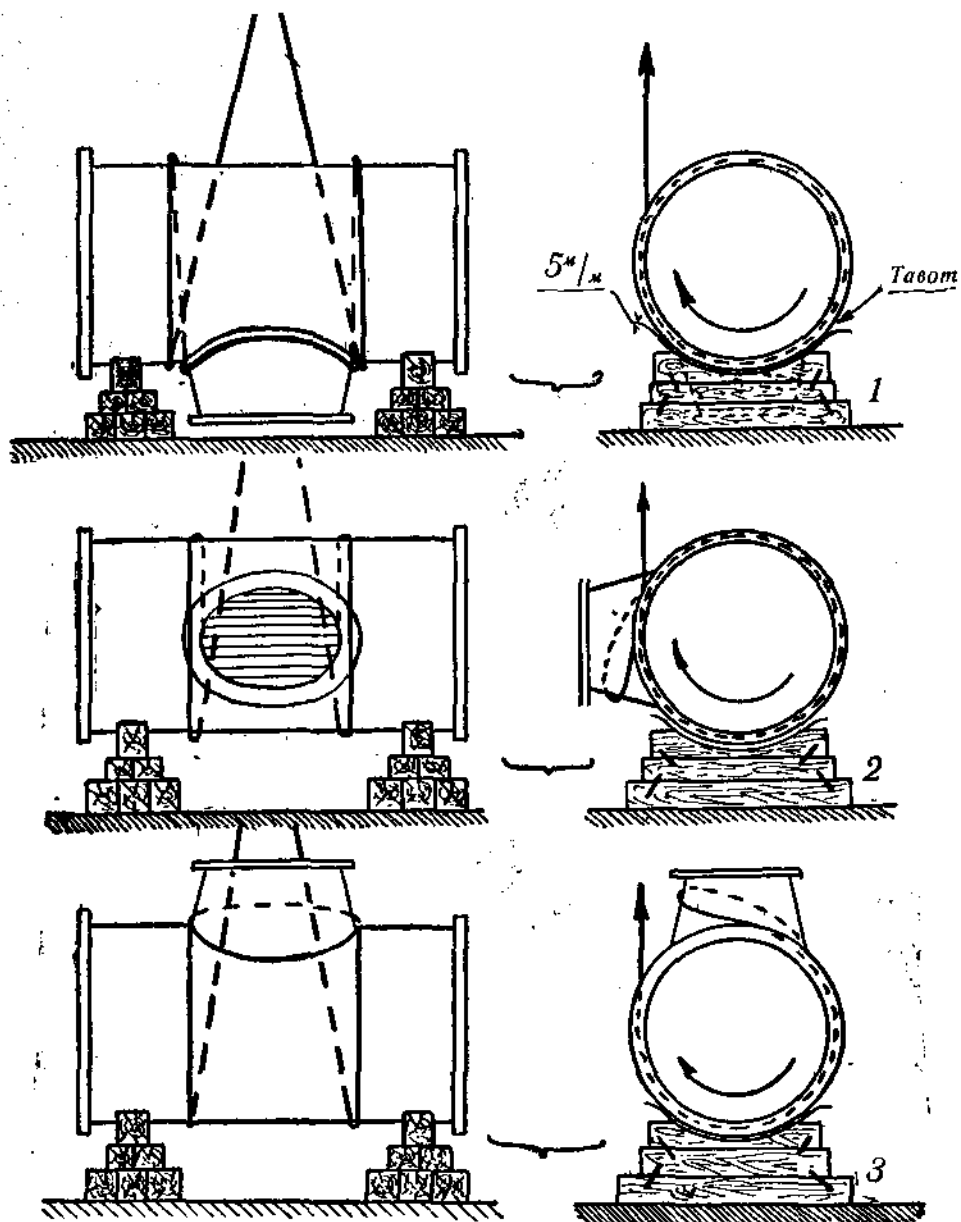
При подъеме мелких деталей: крышек подшипников, диафрагм и т. п., вязка которых и захватывание затруднительны, применяются



Фиг. 35. Подвеска рамы.

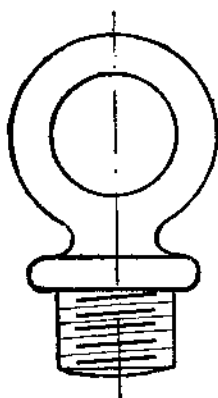


Фиг. 36. Переборачивание крышки.



Фиг. 37. Поворот конденсатора.

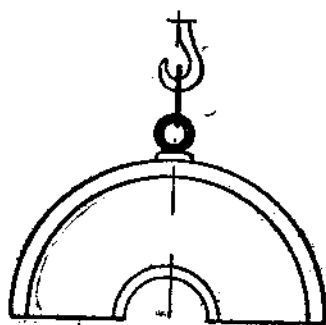
так называемые рымы (фиг. 38). В крышке либо диафрагме сверлятся и нарезаются отверстия, в которые могут быть ввинчены соответствующие рымы. Длина нарезки рымы, конечно, рассчитывается на сре с значительным запасом. Отверстие и нарезка делаются на заводе до первой сборки.



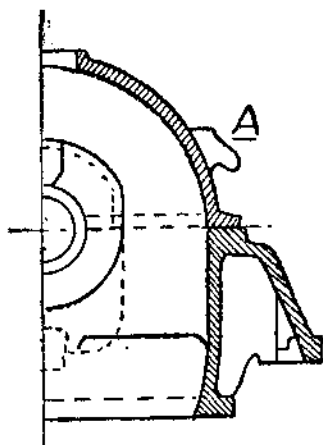
Фиг. 38. Рыма.



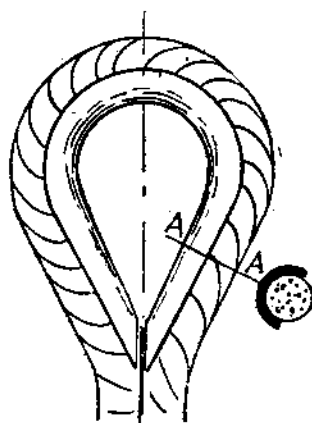
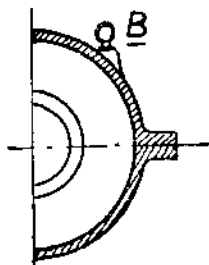
Фиг. 39. S-образный крюк.



Фиг. 40. Подвеска диафрагмы.



Фиг. 41. Приливы и уши для подвеса.



Фиг. 43. Коуш.

Рымы дают возможность легко захватить деталь тросом, крюком или шпигцтрангом.

Для ускорения работы при рымах применяются, как промежуточное звено между тросом и рымой, S-образные крюки (фиг. 39), которые дают возможность быстро зацепить и расцепить трос.

Рымы принято изготовлять заблаговременно таких размеров: 1",  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{5}{8}$ ",  $\frac{1}{2}$ " по 3 шт. каждого типа.

S-крюки следует заготовить из железа толщиной  $1\frac{1}{4}$ "—4 шт.,  $\frac{3}{4}$ "—4 шт.,  $\frac{1}{2}$ "—2 шт.

Фиг. 40 показывает пример подвески диафрагмы при помощи рымы и S-образного крюка.

Для облегчения такелажных операций на корпусах машин делаются специальные приливы либо ввинчиваются уши (фиг. 41 А и В).

При всех операциях, где применяются канаты и тросы, следует принимать меры предосторожности, чтобы в местах соприкосновения тросов с деталями не происходило переламывания и протирания троса либо каната.

Для этого следует во всех таких местах подкладывать между тросом и поднимаемой деталью тряпки, паклю либо деревянные доски. В случае применения петель из тросов и канатов в них вставляют коуши (фиг. 42), которые легко изготовить из железной трубы, распилив ее вдоль оси и соответствующим образом пригнав концы после загибания.

## V. МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ

### 1. Чистка

Вопросу чистоты и чистки частей при монтажных работах следует уделять максимум внимания.

Чистка это первая работа, которую приходится организовать вслед за распаковкой частей. К началу чистки необходимо заготовить ряд инструментов и материалов, которые значительно облегчат и ускорят процесс чистки. Такие материалы, как керосин, олеонафт, пакля, тряпки, всегда имеются на монтажной площадке. Специфическими же инструментами будут: а) железные противни (фиг. 43) из кровельного железа размерами 500 × 700 мм 4 шт. и такие же, но размерами 700 × 1000 мм 3 шт., высотой бортика 200 мм; б) шаберы, сделанные из старых трехгранных напильников, сточенных на наждачном круге в количестве 5—7 шт., бидоны для керосина, масла, бензина 5 шт., лейка для поливания площадки во время чистки 1 шт., швабры 2 шт., метлы березовые 5 шт., щетки металлические, цилиндрические 5 шт. (разных размеров), щетки металлические плоские 3 шт., щетки из щетины жесткие 3 шт.



Фиг. 43. Противень

Для мойки рук работающих на чистке необходимо предусмотреть в достаточном количестве зеленое мыло, чистотин и сосновые опилки. Поскольку при работах с керосином кожа рук легко раздражается и покрывается сыпью, следует запастись веществом, смягчающее кожу; глицерин, ланолин и т. п. Применение рукавиц затрудняет работу, а, кроме того, брезентовые рукавицы промокают, применение же резиновых невозможно ввиду растворимости резины в бензине и керосине.

По отдельным категориям работы по чистке могут быть разделены на 10 групп.

1. Чистка наружных частей: корпусов, подшипников, ступлей и т. д. заключается в обмывании их керосином для удаления пыли и грязи и придания блестящего черного вида.

2. Чистка внутренних частей: цилиндров и диафрагм требует уже применения, помимо керосина, шабера. Однако применять шабер следует осторожно, дабы не образовалось бороздок и царапин.

Диафрагмы обычно приходят на площадку окрашенными, чтобы предупредить их ржавление. Краску нужно осторожно удалить, пользуясь керосином и шабером, и затем промыть диафрагмы керосином, после чего смазать тонким слоем масла.

Внутренние части цилиндров не окрашиваются, но требуют весьма тщательной чистки. Надо обращать внимание на окалину и корки, которые образовались во время литья. Их нужно тщательно удалить, так как попадание частиц окалины в лопаточные венцы может причинить большие повреждения машине.

3. Чистку масляной системы надо проводить особенно тщательно, исследуя каждый участок маталлической поверхности, соприкасающейся с маслом. Масленные камеры подшипников обычно окрашены изнутри. Не сдирая краски, все же необходимо проверить, не покрыты ли краской участки, которые обнаруживают тенденцию к отскакиванию чешуек окалины и корок.

Зачастую в углах камер остаются закрасненными большие количества литейной земли. Такие места надо самым тщательным образом расчистить шабером, не обращая внимания на закраску, счистить все подозрительные места, а после чистки и промывки закрасить наново. Трубы маслопроводов надо основательно простучать снаружи молотком, чтобы отвалилась окалина внутри, затем приготовить на длинной проволоке, размером по длине трубы, поршень из пакли и тряпок, а еще лучше применить для этого стальную щетку и основательно прочистить трубу изнутри, смачивая керосином. После этого промыть трубу керосином и закупорить с обеих сторон пробками, смазав предварительно внутреннюю поверхность трубы турбинным маслом.

4. Чистка паровых и водяных труб и фланцев производится путем простукивания и чистки изнутри стальными щетками и керосином, причем особенно тщательно следует чистить трубы подвода пара к турбине между паровым ситом и стопорным клапаном и между клапаном и первыми ступенями турбины, чтобы в этих трубах не оказалось частиц окалины.

Фланцы обычно поступают закрасненными и на них поставлена при упаковке заглушка.

Заглушку необходимо удалить и фланцы расчистить, применяя с осторожностью шабер и наждачное полотно для удаления краски. После чистки фланцы смазать маслом и завязать тряпками, чтобы предохранить от налипания пыли на очищенную поверхность.

5. Чистка роторов турбины занимает очень много времени в том случае, когда роторы покрыты толстым слоем краски, которая с трудом удаляется из пространств между лопатками. В этом случае можно

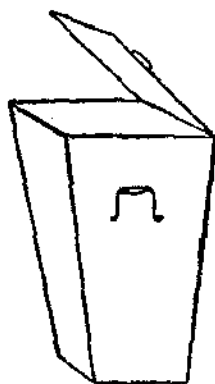
рекомендовать изготовить из железа или меди фасонные скребки и этими скребками осторожно удалять краску с лопаток.

6. Особенно тщательно следует относиться к чистке шеек валов и лабиринтных уплотнений. На чистку этих частей надо ставить квалифицированных работников.

Применение при чистке этих деталей шабера должно быть исключено. Только в крайних случаях допускается применение наждачного полотна самых мелких номеров. Вся работа производится тряпками и маслом.

К этой же категории работ нужно отнести чистку конусов в местах насадки муфты на вал, шпонок и шпоночных дорожек на валу и муфте (особенно жестких).

7. Вкладыши подшипников нуждаются только в промывке, так как снаружи они окрашены, а внутри антифрикционный сплав редко покрывается стойким налетом. Что касается упорных подшипников (Митшеля и других), то они всегда тщательно смазаны и упакованы на заводе и нуждаются только в промывке керосином или бензином и смазке турбинным маслом.



8. Клапаны и клапанные коробки следует очищать так же, как камеры подшипников (п. 3 настоящего отдела), но с той разницей, что коробки и клапаны не требуют окраски, так как краска сгорает.

Конусные поверхности клапанов и гнезда следует только тщательно промывать, но ни в коем случае не трогать их шабером, так как эти поверхности притерты и в дальнейшем перед пуском будут еще раз притираться.

9. Мелкие детали (части регулятора, зубчатки, масляный насос и проч.) следует только обмывать и самое большое протирать наждачным полотном.

10. Конденсаторы и трубчатые аппараты требуют только промывки.

Во все время работ по чистке и далее при монтаже следует на самой площадке поддерживать чистоту самым тщательным образом.

Не менее двух раз в смену следует производить уборку площадки. Выметание при помощи метел и швабр производить лишь после того как площадка полита водой, так как в противном случае пыль сядет на только что очищенные части и потребуются повторная чистка и промывка.

На площадке должно быть 3—4 железных ящика с крышками, чтобы в них бросать грязные промасленные тряпки, паклю и шкурки (см. фиг. 44).

Во избежание накопления грязи и возможности пожара при воспламенении промасленных тряпок и пакли ящики должны очищаться ежедневно.

Для поддержания чистоты в каждую смену надо назначить уборщика из чернорабочих, который занимался бы исключительно уборкой

Фиг. 44. Ящик для тряпок.

и приведением в порядок площадки по указанию мастера либо шеф-монтажа.

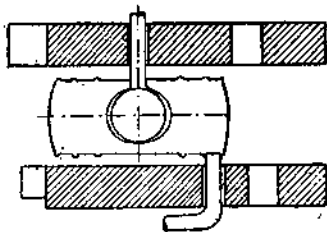
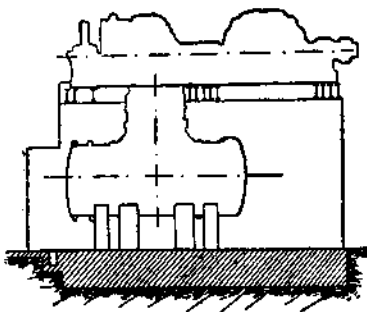
Для очищенных мелких частей необходимо иметь на площадке стеллажи, на которые следует укладывать детали после чистки, обернув их бумагой.

В видах экономии тряпок можно организовать выварку промасленных; тогда тряпки удастся употреблять в работу 2—3 раза.

Не случайно вопросу чистки и чистоты уделено такое внимание. Практика показывает, что тщательная чистка, порядок и чистота на площадке являются залогом быстрой сборки машины и гарантией от всяких случайностей, которые ведут в дальнейшем к авариям самого крупного характера.

Чистка генератора, статора и ротора должна производиться путем продувки мехом в обтирания сухими тряпками. Применение бензина, керосина и проч. должно быть при чистке генератора исключено.

Следует отметить, что в случае применения компрессора для продувки необходимо после компрессора ставить сепаратор, так как скопляющаяся в трубках влага и масло из компрессора вместе с воздухом будут попадать на генератор, что совершенно недопустимо.



Фиг. 45. Кирпичный фундамент.

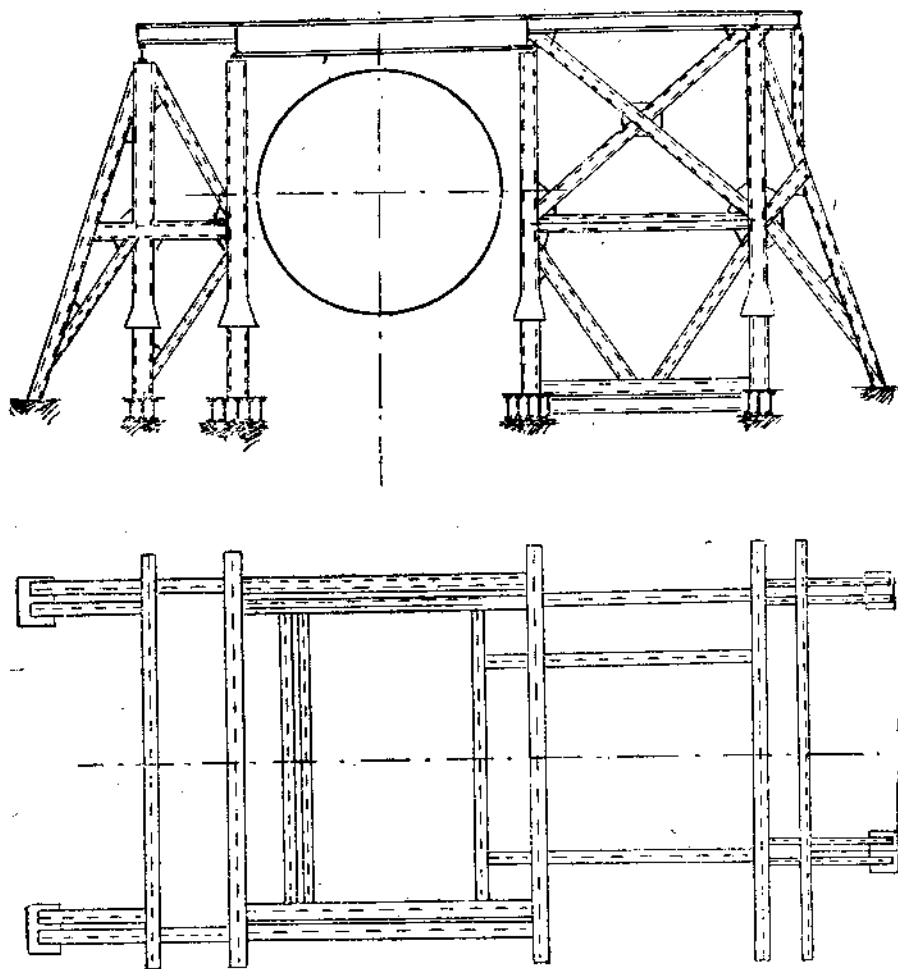
## 2. Подготовка фундамента

Фундаменты паровых турбин должны быть выполнены в виде жестких массивных конструкций, способных противодействовать динамическим нагрузкам, которые возникают при работе турбогенераторов.

В настоящее время имеется три типа фундаментов: 1) кирпичные на цементном растворе (фиг. 45), применяемые для малых турбин; 2) железные, получившие особое распространение в Америке (фиг. 46), и, наконец, наиболее употребительные железобетонные (фиг. 47). Поскольку у нас пользуются исключительно железобетонными фундаментами, в дальнейшем мы будем говорить только о них.

Монтажному инженеру и монтажнику, прежде чем приступать к монтажу турбогенератора, необходимо детально ознакомиться со всеми обстоятельствами, сопровождавшими возведение фундамента под монтируемую машину, хотя это и входит в сферу компетенции строительной части и лично ими не производится. При монтаже эти сведения в значительной мере могут помочь при возможных случайностях, всегда имеющих место в работе.

Обычно железобетонные фундаменты состоят из верхней плиты-рамы, опирающейся на 6 или 8 стоек, связанных с нижней массивной плитой.



Фиг. 46. Металлический фундамент.

Тип такого фундамента дает фиг. 47 для турбогенератора 10 000 квт. Конструкцию нижней плиты фундамента решает грунт, на котором фундамент будет возведен.

Нижняя плита при сильных грунтах может быть уложена непосредственно без всяких добавочных сооружений.

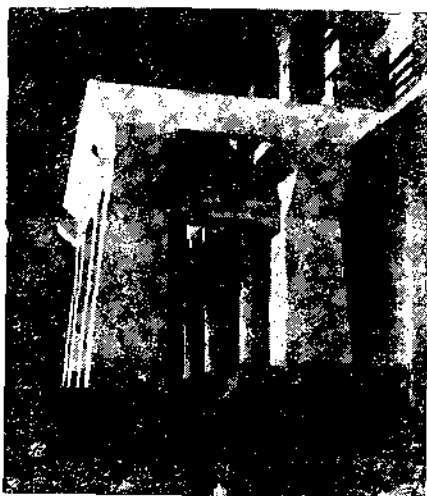
Необходимо обращать серьезное внимание на качество бетона и его приготовление. Эти сведения в дальнейшем нам необходимы

при монтажных работах при подливках, подбивках и заливках плит и анкерных болтов. В этих случаях приготовление бетона вряд ли рентабельно производить механизированным путем ввиду небольших количеств, которые требуются при подобных работах.

Процесс приготовления идет следующим образом:

На деревянную платформу (боек) насыпают слоями, начиная с песка, материал, поливая водой из лейки. Массу тщательно перелопачивают. Весьма удобно производить эту операцию вилами.

Прежде всего насыпают песок ровным слоем, сверху него разравнивают соответствующее количество цемента ровным слоем и переме-



Фиг. 47. Железобетонный фундамент.

ливают — «гарцуют» 3—4 раза насухо, пока не получится масса однородного цвета. Затем приливают воду и гарцуют еще 2—3 раза. Воды следует приливать столько, чтобы готовый раствор принял вид сыпчатой земли. Наконец, насыпают щебень, заранее отмеренный, и всю массу снова перемешивают 2—3 раза, пока щебень равномерно не смешается с раствором.

Качество бетона зависит от температуры воды. Чем ниже температура воды, тем медленнее происходит схватывание; так как крепость бетона возрастает с медленностью схватывания, то следует избегать теплой, а тем более горячей воды.

Для определения объема массы, которую необходимо пригото-

вить, руководствуются следующими опытными данными.

Объем свежеприготовленного бетона равен  $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$  объема материала до их смешения. Осадка при утрамбовывании составляет  $\frac{1}{6}$ , так что объем бетонной массы составляет  $\frac{5}{8}$ — $\frac{5}{9}$  общего объема материалов.

Пропорция составных частей бетона зависит от крупности щебня и песка. Чем меньше пустот в массе, т. е. чем мельче щебень, тем меньше требуется цемента.

Объем промежутков в щебне бывает 35—50%, в гравии 32—46%. Наименьший объем цемента бывает в 12—15%.

Для определения объема промежутков берут водонепроницаемый ящик известного объема, например 1 куб. дм, насыпают в него испытываемый щебень или песок до самого верха и заливают воду мерным сосудом до полного насыщения. Количество израсходованной воды равно требуемому объему раствора.

При постройке фундаментов турбогенераторов применяют железобетон в следующих пропорциях (по Дюмо):

| Часть фундамента             | Состав<br>бетона | Количество арматуры |                                    |
|------------------------------|------------------|---------------------|------------------------------------|
|                              |                  | кг/м куб.           | в % от по-<br>перечного<br>сечения |
| Фундаментная плита . . . . . | 1:5 — 1:6        | 43                  | 0,55                               |
| Стойки . . . . .             | 1:4 — 1:5        | 50                  | 0,6                                |
| Балки . . . . .              | 1:4 — 1:5        | 60                  | 0,7                                |
| Верхняя рама . . . . .       | 1:4 — 1:5        | 100                 | 1,25                               |

При подливках фундаментных плит и ступеней применяют раствор 1:1 с примесью мелкой гранитной крошки (отсева). Этот состав должен быть значительно ниже нормального бетона.

Работы по бетопировке и подливке надо вести безостановочно, не делая перерывов.

В случае приостановки работ перед их возобновлением поверхность очищают, обмывают чистой водой и «оживляют», т. е. напарывают граблями и затем заливают цементным молоком. Это делается для того, чтобы позднейшая набивка лучше схватывалась с ранее сделанной.

В процессе монтажа из области бетонных работ приходится иметь дело главным образом с подливками и заливанием жидким бетоном ступеней и рам машины.

Для заполнения рам и болтовых каналов заливку рекомендуется вести под давлением. Ради экономии цемента при заполнении больших полостей можно вводить в них куски смоченного кирпича, гравий и т. д.

Во избежание прогиба плиты под тяжестью машины заливку делают на высоту всей полости плиты до верху. Заливку ведут одновременно в нескольких местах плиты, просверливая в чугунной плите отверстия около дюйма диаметром в тех местах, где имеются подозрения, что бетонная масса не заполнит всей полости рамы или образуется воздушный пузырь. Заливку надо вести быстро во избежание пробок и корок затвердевшего цемента под плитой.

Для заливки необходимо применять лежалый цемент, который схватывается медленнее.

При заливке для лучшего протекания цемента и заполнения всех пустот необходимо помогать протеканию куском толстой проволоки.

Залитый цемент начинает надежно схватываться через 10 часов после заливки, после чего легко срезать излишки его, выступающие из-под плиты наружу.

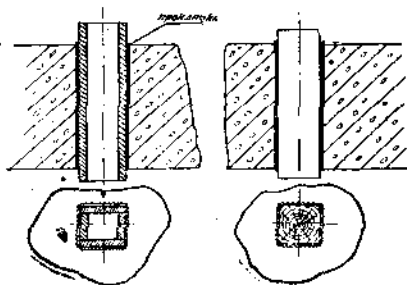
Окончательное схватывание наступает через 5—10 дней в зависимости от объема залитой массы и качества цемента.

При отделках выступающих наружу подливок для придания этим местам стойкости против разрушающего влияния смазочных масел и внешней красоты такие части «железят».

Железнение заключается в посыпании еще сырой поверхности тонким слоем в 2—3 мм мелко просеянного цементного порошка и затиранием этой поверхности железными гладилками.

В зависимости от скорости схватывания железобетонный фундамент должен выстаиваться после окончания бетонировки от 15 до 30 дней, пока не закончатся полностью процессы схватывания внутри железобетонных массивов.

В том случае, когда приходится начинать монтаж при ранее изготовленном фундаменте, следует тщательно его осмотреть. Осмотр желательно производить до оштукатуривания фундамента. Основные требования, которые необходимо предъявлять к фундаменту при наружном осмотре, сводятся к следующему:



Фиг. 48. Пробки для образования болтовых дыр.

1. Фундамент не должен иметь каверн и пустот, особенно на вертикальных стойках и перемычках.

2. Железная арматура не должна выходить на поверхность (исключая тех мест, где это специально предусмотрено).

3. Необходимо затребовать акт исследования пробного образца бетона для фундамента для выяснения механических свойств бетона.

4. Необходимо тщательно простучать всю верхнюю плоскость плиты, чтобы обнаружить каверны, пустоты и слоистость, так как верхний слой является наиболее ответственным, несущим непосредственно нагрузку плиты и ступлей турбогенератора. Если по звуку слышны пустоты, надо сломать верхний слой, оживить, как это было указано ранее, и забетонировать наново.

5. Проверить по чертежам установки расположение всех отверстий для болтов, кронштейнов, труб и все основные размеры, связанные с металлическими конструкциями и деталями турбогенератора.

6. Проверить правильность образования болтовых колодцев.

Это последнее требование имеет большое значение, так как неправильно сделанные колодцы с первых же дней могут быть тормозом для работы и надолго затянуть начало монтажа.

Обычно для образования болтового колодца перед бетонировкой на опалубке укрепляются так называемые пробки, т. е. деревянные формы.

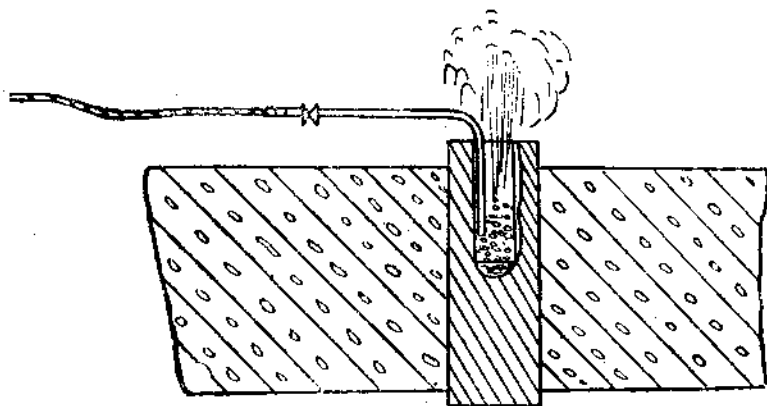
Полагается их сколачивать из досок, как указано на фиг. 48, и обкладывать снаружи толем, картоном либо войлоком для удобства вынимания после окончания периода схватывания.

Зачастую такую пробку делают из цельного куска дерева. Тогда при глубоком колодце вынуть такую пробку совершенно невозможно.

В этом случае можно применить испытанный на практике способ выжигания пробки (фиг. 49).

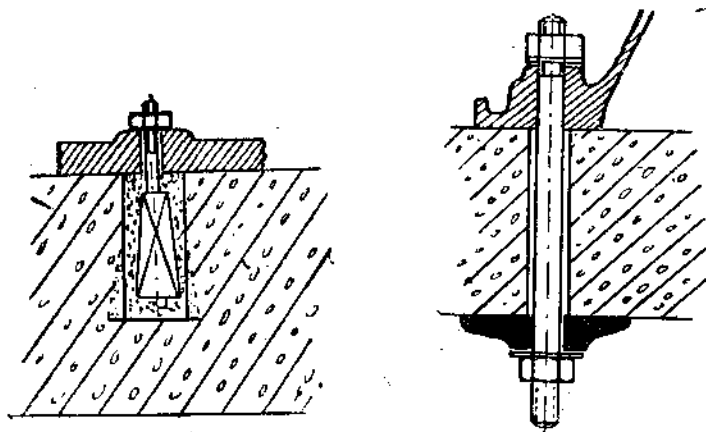
Пробку просверливают с верхнего торца, кладут углей, наливают керосин и от компрессора, если таковой имеется, подводят воздух, вводя наконечник в просверленное отверстие.

Выжигание идет быстро. Конечно, этот способ является крайностью, так как при горении пробок близлежащие слои бетона и железной арматуры нагреваются и качество бетона понижается, но выламывание таких неправильно сделанных пробок поведет к еще большей порче и разрушению фундамента.



Фиг. 49. Выжигание пробок.

Для анкерных болтов применяются сквозные колодцы (фиг. 50). При болтах с ершами после вынимания пробок колодцы должны быть раздолблены по форме усеченной пирамиды, чтобы препятство-



Фиг. 50. Крепление рамы.

вать вытягиванию болта вместе с раствором, которым они залиты (см. ту же фиг. 50).

Все эти работы по осмотру и подготовке фундамента к монтажу необходимо начать за 6—7 дней до начала монтажа, чтобы в дальней-

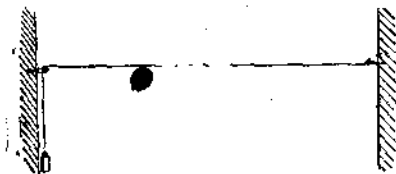
шем не иметь более задержек с работами строительного характера и особенно с затяжными работами по расширению старых и долблению новых дыр в готовом железобетонном фундаменте, которые были пропущены при бетонировке.

### 3. Разбивка осей и установка рам

Когда закончена подготовка фундамента к монтажу и проверены все размеры и взаимное расположение отверстий болтов, труб и т. д., производят разбивку осей турбогенератора.

Прежде всего необходимо материализовать основную продольную ось турбогенератора.

Пользуясь общим ситуационным планом машинного зала, на котором нанесены оси агрегатов, натягивают струну по всей длине машинного зала соответственно с чертежом.



Фиг. 51. Натяжка струны.

Струну надо натягивать на высоте среднего человеческого роста с поднятой рукой. С одной стороны струна закрепляется костылем, с другой стороны перекидывается через маленький блок и натягивается грузом так, как это указано на фиг. 51.

Затем таким же образом производ-

дится разбивка главной поперечной оси турбогенератора. Главной поперечной осью является ось, проходящая через центр выхлопной патрубке турбины. На пересечении этих двух осей вешается отвес.

По чертежу легко, пользуясь этими двумя осями, разбить все основные точки на площадке и окончательно проверить расположение дыр для болтов. Основная разбивка показана на фиг. 52. При разбивке удобно пользоваться козлами, на которые кладут металлические уголки с надрезом в месте прохода струны. Струну натягивают грузом (см. фиг. 53.)

Необходимо иметь не менее 4 шт. козлов.

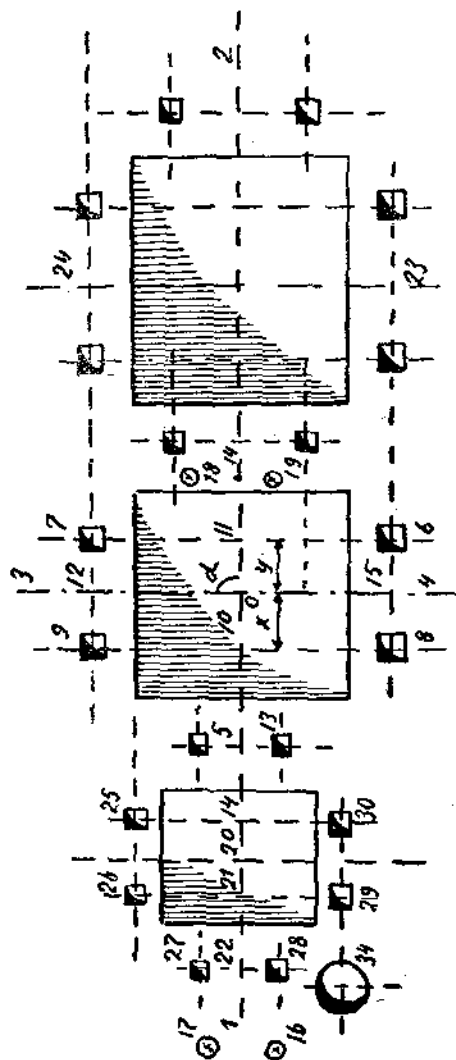
Последовательный ход операции разбивки для данного частного случая двухцилиндрового конденсационного турбогенератора может быть примерно следующим (см. фиг. 52):

1. Как указано выше, проводим главную продольную ось турбогенератора 1—2.

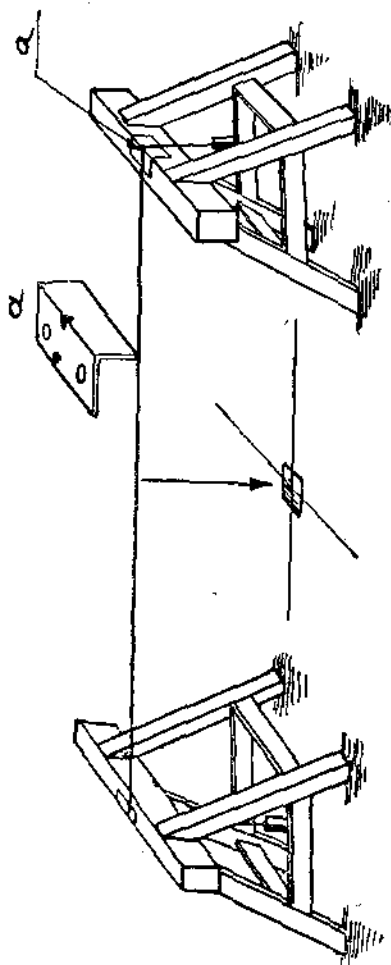
2. Для построения главной поперечной оси воспользуемся болтовыми дырами, имеющимися на фундаменте, и с помощью козел и струны материализуем линии 6—7 и 8—9, проверяя расстояния между этими осями ( $x + y$ ), а затем разбивая его согласно чертежу на  $x$  и  $y$ . Эту проверку рекомендуется сделать по линии 7—9 и по линии 6—8, чтобы одновременно проверить правильность заложения дыр. В первом и втором случаях, конечно, сумма ( $x + y$ ) должна быть одинакова.

3. Натягиваем струну по линии 3—4, определяя таким образом главную поперечную ось турбогенератора. Струну 3—4 следует на-

тянуть так, чтобы она соприкасалась со струной 1—2, т. е. также на высоте человеческого роста с вытянутой рукой. В месте пересечения струн должен быть прямой угол  $\alpha$ . Это необходимо проверить с помощью деревянного проверенного угольника.



Фиг. 52. Основная разметка.



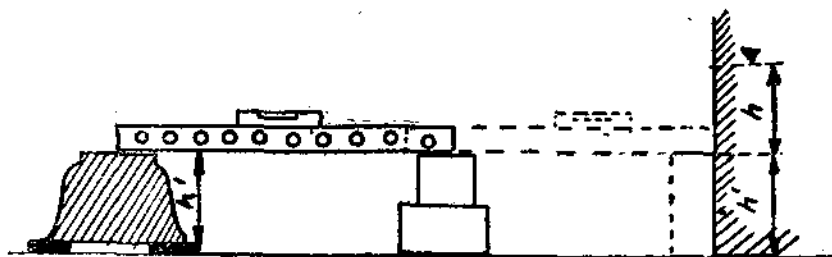
Фиг. 53. Разбивка осей.

4. Вешаем на струне 1—2 отвесы в точках 10 и 11 и на струне 3—4 в точках 12 и 15. В точках 18, 19, 16, 17 устанавливаем козлы и натягиваем между ними струны на расстоянии 5—13 от линии 1—2, проверяя это расстояние в нескольких местах, например, в точках 10 и 11. При этом необходимо проверить, чтобы расстояния 5—13 и 14—19 были равны, чтобы линия 16—19 была параллельна линии 1—2.

5. По чертежу, зная расстояния, откладываем непосредственно по струне 16—19 и 17—18 расстояния 0—5, 0—14, 0—20 и т. д., проверяя эти расстояния по направлениям осей 1—2, 16—19, 17—18, чтобы остальные поперечные оси были параллельны оси 3—4 и перпендикулярны оси 1—2. Так получаем все остальные поперечные оси — ступьев, рам, лап и т. д.

6. Закончив разбивку, проверяем все сделанное, положив за основную поперечную ось, например, 23—24, проходящую через генератор, и производим разбивку по схеме, намеченной в пп. 1, 2, 3, 4, 5. Если обе разбивки совпадают, то можно начинать установку рам и ступьев.

7. Для сложных мест разбивки, например, конфигурации точек 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, можно изготовлять шаблоны из досок, на которых расчерчивают конфигурацию устанавливаемых частей. Установив шаблон по оси 1—2, соблюдая расстояние 0—14, получим всю остальную разбивку.



Фиг. 54. Установка рамы по высоте.

8. Наносим разбивку цветным мелом (лучше красным) на фундамент.

Конечно, в зависимости от конструкции турбогенератора меняется конфигурация осей, дыр и т. д., но последовательность разбивки остается примерно такая, как изложено выше.

Надо заметить, что желательно производить как можно больше проверок, беря для разбивки несколько исходных точек.

После нанесения осей приступают к определению расположения агрегата в вертикальном направлении.

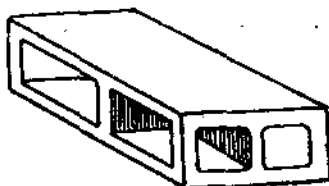
До начала монтажа на стены машинного зала должна быть выведена какая-либо отметка, связанная с репером на территории. Таких отметок желательно иметь две: одну на высоте около метра над уровнем пола подвальной части (в случае конденсационного агрегата) и одну на высоте около метра над верхней плитой фундамента.

Пользуясь этими отметками, которые необходимо нанести на монтажном чертеже, начинают установку основных рам и ступьев турбогенератора. На стене отмечается высота рам и ступьев относительно основных отметок и затем этот размер переносится на площадку, где ставятся рамы с помощью линейки и ватерпаса (Фиг. 54).

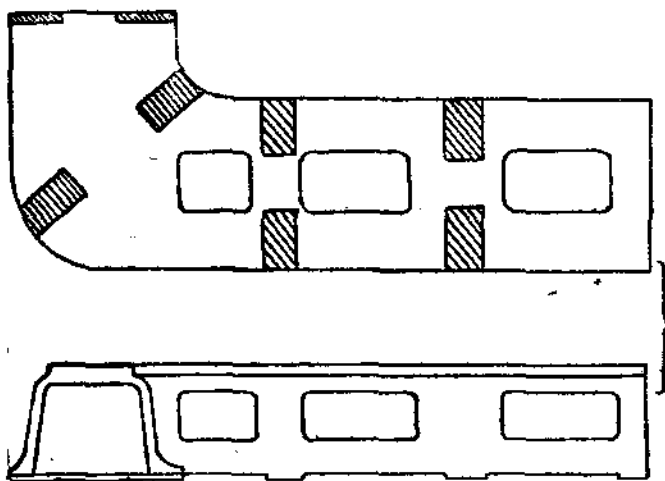
Во избежание ошибки такую операцию необходимо произвести из двух различных точек и лишь при полном совпадении результатов обоих промеров считают установку законченной.

Прежде чем установить раму турбогенератора, при помощи зубила выравнивают место установки на фундаменте, чтобы не было случайных неровностей.

Рама устанавливается на подкладки, которые могут быть изготовлены на месте либо присылаются заводом. В последнем случае они отлиты из стали (фиг. 56) размерами около  $40 \times 120 \times 100$  мм. Подкладки кладут между рамой и фундаментом в тех местах, где рама имеет специальные обработанные приливы (фиг. 56). При установке рамы по ватерпасу между подкладками и рамой кладут прокладки нужных размеров, заготовленные заблаговременно до начала монтажных работ (фиг. 57).



Фиг. 55. Литая подкладка.



Фиг. 56. Приливы для подкладок.

У толстых прокладок поверхности должны быть строганными.

При установке рам по уровню применяют проверочную линейку, которую укладывают на раме либо плите в разных направлениях, пока вся поверхность рамы не будет в одной горизонтальной плоскости. Допускаемый предел неточности при установке может составлять пол деления по уровню 0,35 мм на 1 м.

При выравнивании рамы применяют металлические клинья (лучше двойные, как на фиг. 58) либо короткие железные болты диаметром от  $1\frac{1}{2}$ " до 2". Болты опираются на фундамент широкой пяткой, пред-

ставляющей род гайки. Таким образом мы получаем нечто вроде малых домкратов.

Ввертыванием и вывертыванием отдельных болтов мы изменяем положение рамы.

Чаще все же применяют для этой цели клинья.

После того как рама установлена по уровню, вместо клиньев, которые последовательно выбивают, загоняют в образовавшиеся пространства прокладки. Загнанные прокладки не должны менять своего положения при легком постукивании ручным молотком и должны быть плотно прижаты рамой к подкладкам, так как при работе машины легко возможно расстройство прокладок и перекос рамы.



Фиг. 57. Прокладка под раму.

Прокладки желательно иметь целые, а не наборные, поэтому после подкли-

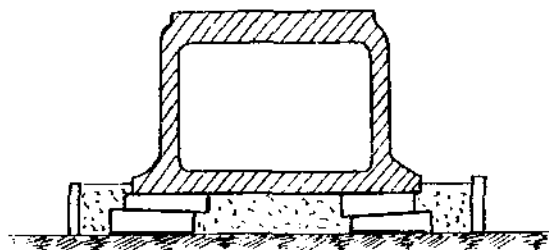
нивания и установки производят подбор прокладок с целью максимального уменьшения их количества.

Во все время смены клиньев на прокладки надо строго следить, чтобы не перекосить раму, для чего следует всю работу производить при установленном на раму ватерпасе, проверяя от времени до времени установку рамы в разных направлениях.

Самым тщательным образом следует проверять места соединения отдельных частей рамы. В случае болтового соединения необходимо проверить прилегание плоскостей стыка, в случае замка — точность пригонки замкового клина.

Кроме того, рекомендуется проверить симметричность установки рамы относительно главной продольной оси агрегата.

После установки рамы можно приступить к закладке болтов в колодцы. Можно применять установку рам на клинья, как показано на фиг. 58. В этом случае нет необходимости в дополнительных прокладках и подкладках,



Фиг. 58. Установка на клинья.

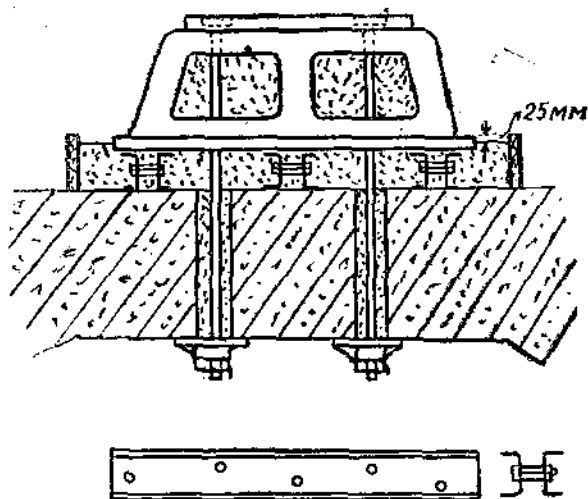
так как и те, и другие заменены клиньями. Однако подобная установка не исключает возможности скольжения клиньев друг относительно друга при дефектах в подливке. Поэтому чаще применяется установка на подкладки, как было указано выше.

После установки рам приступают к установке ступней под подшипниками.

Ступля устанавливают либо на раму агрегата, либо прямо на фундамент на подкладки, изготовленные из квадратного железа

80 × 80 мм длиной  $L = B + 40$  мм, где  $B$  — ширина подошвы стула, либо из двух швеллеров, связанных болтами с распорными трубками, как указано на фиг. 59.

После проверки взаимного расположения и закладки болтов в колодцы болты затягивают от руки и приступают к заливке бетоном. Как видно из фиг. 58 и 59, вокруг рам и стульев делают из досок ограждение. Болты заливают жидким раствором состава 1 ч. цемента, 1 ч. песка и 1 ч. мелкой гранитной крошки. Подливку ведут до заполнения огражденного досчатой рамой пространства так, чтобы от уступа на раме либо стуле оставалось около 25 мм, как указано на фиг. 59. Эти 25 мм будут использованы при укладке метлахских плиток на полу машинного зала.



Фиг. 59. Установка стула.

После заливки необходимо для схватывания 5—6 дней, затем можно приступить к затяжке болтов под молот.

В отношении времени подливки разные заводы рекомендуют производить ее различно.

Например, по немецкому методу после установки рам и стульев и пробной установки цилиндров заливку производят, не дожидаясь полной сборки машины.

Ленинградский металлический завод рекомендует заливку производить после полной сборки машины и установки всех частей машины, оказывающих влияние на раму своим весом.

При затяжке болтов необходимо проверять по ватерпасу горизонтальность установки, так как рама может быть изогнута болтами и таким образом установка будет нарушена.

Под гайки болтов заводят замок Гогенегера, состоящий из пластины, которую загибают после затяжки. Таким образом исключается возможность отхода гайки и ослабление затяжки болта.

После окончания установки рам и стульев и затяжки болтов набивают пустоты бетоном, как было

указано ранее. Это увеличивает массивность оснований и, кроме того, препятствует резинированию и гулу, который дают пустотелые рамы при работе машины.

Несколько иначе обстоит дело с установкой малых агрегатов, турбогенераторов либо турбонасосов.

Малые агрегаты доставляются на место собранными на фундаментной плите. Установку можно производить, не снимая с плиты отдельных агрегатов. При более крупных единицах приходится отдельно устанавливать фундаментную плиту и затем уже, проверив таковую, ставить на нее части агрегата.

Как в том, так и в другом случае порядок работ может быть сведен к следующему:

1. Указанными ранее способами готовят поверхность фундаментной плиты к установке рамы.

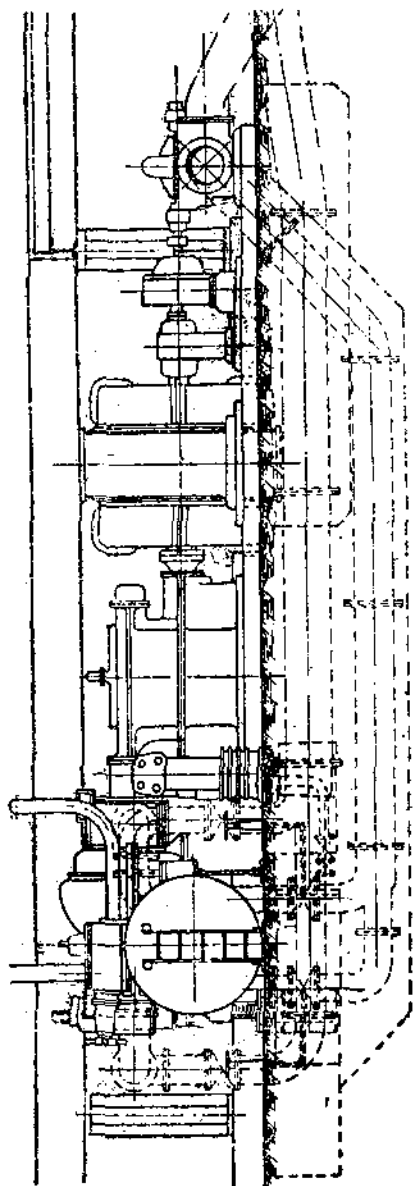
2. На фундамент вместо подкладок кладут поперечные пакеты из швеллеров, стянутых болтами с распорными трубками, как указано на фиг. 59.

Эти пакеты устанавливаются с таким расчетом, чтобы болт, притягивающий плиту к фундаменту, проходил между двух швеллеров пакета либо два пакета были установлены по обе стороны болта. Такое расположение необходимо для того, чтобы затяжка болтов не вызвала изгиба рамы.

3. Указанными ранее при установке крупных единиц способами, применяя прокладки,

проверяют горизонтальность плиты.

Линейку и ватерпас ставят на строганных приливах, оставленных



Фиг. 60. Установка турбоблока.

для этого на плите, либо используют для этого поверхности, предназначенные для установки отдельных частей агрегата.

Необходимо помнить, что при фундаментных плитах малых агрегатов возможны такие же перекосы, как и при рамах крупных агрегатов, поэтому проверку следует производить тщательно, принимая все меры против изгиба рамы.

4. Далее производят пробную установку отдельных частей машины на плиту, после чего приступают к заливке и подливке плиты, поступая во всем согласно с ранее описанными способами установки стульев под подшипник. Таким образом установка плиты агрегата в конструктивном отношении ничем не будет отличаться от установки, изображенной на фиг. 59.



Фиг. 61. Общий вид турбоблока.

При установке турбоблоков бесподвального типа на фундамент устанавливается железный каркас, который заливается бетоном. Каркас состоит из швеллеров небольшого профиля. К каркасу крепятся отдельные части турбоблока, две стойки на пружинах под переднюю часть конденсатора и лапки под его заднюю часть. На этих стойках и лапках устанавливается конденсатор вместе с нижней частью корпуса турбины, генератор, а также редуктор, в случае наличия такового по конструкции агрегата устанавливается на раме. Установка турбоблока ясна из фиг. 60, на которой дан установочный чертеж турбоблока, и из фиг. 61—общего вида турбоблока Метро-Виккерс 1000 квт с числом оборотов турбины 5000 и генератора 1000 в минуту с редуктором между ними.

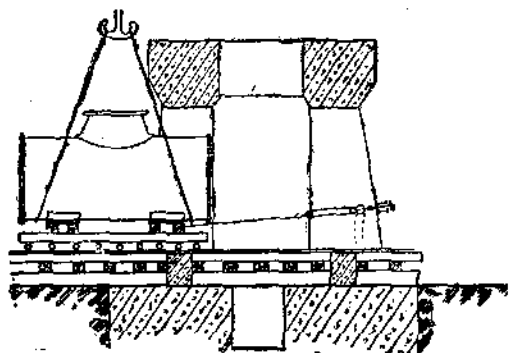
#### 4. Установка конденсатора

Установку конденсатора при конденсационных агрегатах необходимо производить одновременно с установкой рам и стульев агрегата, дабы выдержать взаимное расположение их на фундаменте.

После поворота конденсатора, достаточно подробно освещенного нами ранее, необходимо начать ввод конденсатора под фундамент.

Этот процесс весьма сходен для обоих случаев как продольного, так и поперечного расположения конденсатора. Разберем всю операцию для более частого случая поперечного расположения конденсатора.

На полу подвала фундамента строится из брусьев либо шпал клетка, как указано на фиг. 62. Сверху укладываются два лежня из брусьев и поверх этих лежней нашиваются две полосы из железа сечением  $10 \times 120$  мм. Затем сверху кладут катки из круглого железа диаметром 50—80 мм.



Фиг. 62. Установка конденсатора.

Нижняя часть салазок деревянной рамы под конденсатором также обшивается полосовым железом сечением  $10 \times 120$  мм.

Конденсатор при помощи крана ставится на катки, лежащие на продольных лежнях клетки.

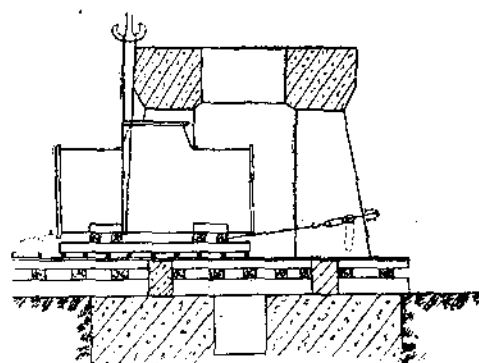
С противоположной стороны фундамента укрепляется таль в 5—10 тонн.

Работая тальями и слегка приподымая конденсатор краном (чтобы тросы, на которых он подвешен, были натянуты), медленно вдвигают конденсатор под фундамент до того момента, пока трос не коснется фундамента.

Затем, подклинив катки и опустив тросы, перевязывают их так, как указано на фиг. 63 и продолжают работать тальями.

Следующий момент изображен на фиг. 64, где трос переброшен на другой конец конденсатора.

Когда, наконец, конденсатор находится под фундаментом, тросы перевязывают, как указано на фиг. 65. Затем конденсатор приподымают и удаляют все вспомогательные приспособления — брусья, катки, рамы и т. д. и приступают к его установке на опоры.



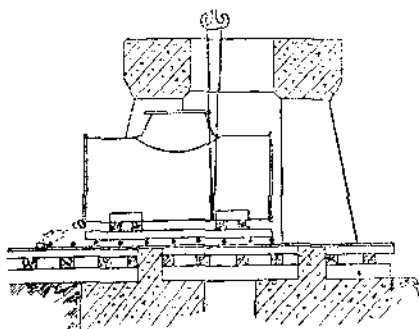
Фиг. 63. Установка конденсатора.

Вместо талей при вдвигании конденсатора можно пользоваться домкратом, как указано пунктиром на фиг. 63 и 64.

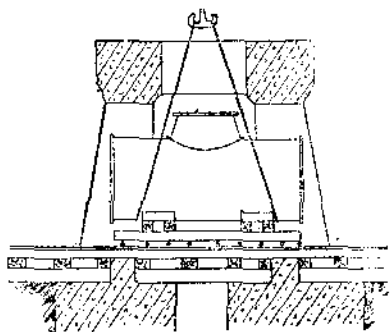
Прежде чем устанавливать конденсатор на опоры, необходимо проверить по монтажному чертежу расстояние между плоскостью рамы или плиты и фланцем выходного штуцера (а и б фиг. 66). Фланец

выхлопного патрубка необходимо устанавливать горизонтально по ватерпасу.

Опоры конденсаторов могут быть жесткими — литыми из чугуна либо клепаемыми (фиг. 67) и пружинными (фиг. 68). Как те, так и другие ставятся на подкладки из швеллеров, связанных болтами с распорными трубками, либо на бруски из железа квадратного сечения.

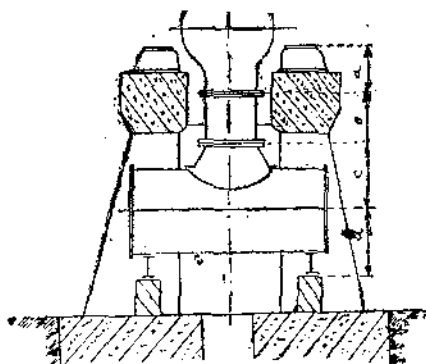


Фиг. 64. Установка конденсатора.

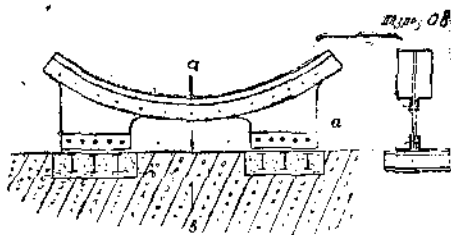


Фиг. 65. Установка конденсатора.

Вначале вся конструкция заливается цементным раствором до половины высоты швеллеров либо железных брусков, а затем, после окончательной установки, заливку доводят до уровня поверхности верхних полков швеллеров.



Фиг. 66. Установка конденсатора.



Фиг. 67. Жесткие опоры конденсатора.

Пружинные опоры подводят под конденсатор после того как установлен верхний патрубок и цилиндр турбины; тогда конденсатор поднимают до тех пор, пока поверхности фланцев не приблизятся на расстояние 2—3 мм. Затем устанавливают пружины.

Расстояние от лап конденсатора до опорной части подушек должно быть равно длине пружины плюс толщина шайбы либо чашки в зависимости от конструкции.

Иногда опорные плиты пружин имеют установочные подъемные болты. В этом случае вопрос облегчается и установка может быть произведена более точно.

После установки болтами пригоняют подкладки по размеру, полученному от сжатия пружин. Затем подъемные болты ослабляют и окончательно заливают бетоном подушки под опорами конденсатора.

Пригоняя подкладки, необходимо принять во внимание, что не наполненный водой конденсатор лежит своим весом на пружинах (исключая часть труб и вентиля).

Когда конденсатор наполнен водой во время работы, то выхлопной патрубок между цилиндром турбины и конденсатором будет

нагружен весом воды, равным приблизительно  $\frac{1}{3}$  веса пустого конденсатора. После окончания установки рядом с пружинами вставляют опорные трубки во избежание толчков и осадок пружин при установке соединительного патрубка между турбиной и конденсатором.

Жесткие опоры конденсаторов всегда сопровождаются компенсатором на выхлопном патрубке турбины. В этом случае, установив конденсатор несколько выше определенного по чертежу положения

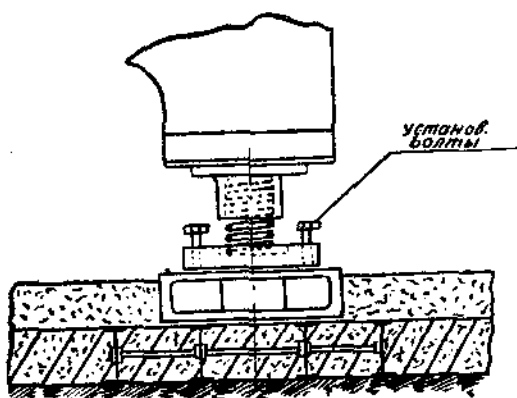
опор, вводят таковые под конденсатор, опускают конденсатор на опоры, ставят выхлопной компенсирующий патрубок и затем металлическими подкладками доводят положение конденсатора до нужного, с таким расчетом, чтобы между фланцем выхлопного патрубка турбины и фланцем компенсирующего патрубка между турбиной и конденсатором был зазор 2—3 мм. Нельзя допускать натяжения компенсатора, поэтому следует строго рассчитывать толщину прокладок между фланцами выхлопного патрубка. Подкладки листового железа вводят между швеллерным пакетом и лапами опор (точка *a*, фиг. 67).

Затем, как и для пружинных опор, производят заливку пакетов цементным раствором.

После установки конденсатора ставят на место водяные камеры и торцевые крышки.

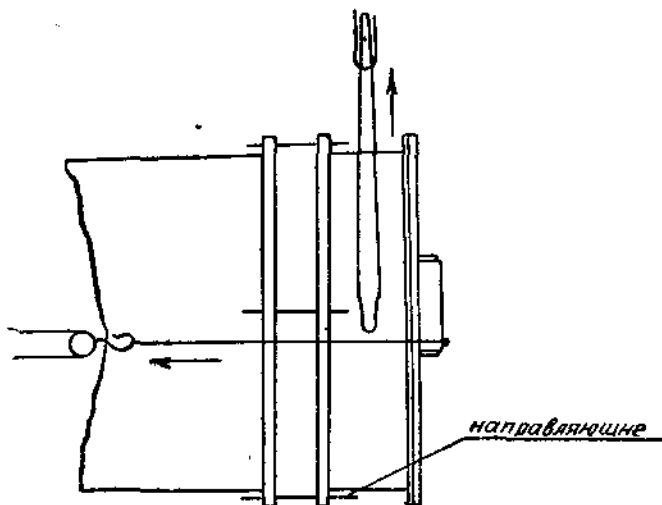
При продольном расположении конденсатора заднюю камеру и крышку необходимо поставить до ввода конденсатора под фундамент.

При установке камеры подвешивают на кран, захватывая тросом за приливы, имеющиеся по сторонам. Затем в болтовые дыры встав-



Фиг. 68. Пружинные опоры конденсатора.

ляют круглые стержни в виде направляющих и путем подтягивания талиями камера легко может быть поставлена на место. Вся операция ясна из фиг. 69. Между фланцами конденсатора, камерами и крышками ставят прокладки.



Фиг. 69. Установка крышки конденсатора.

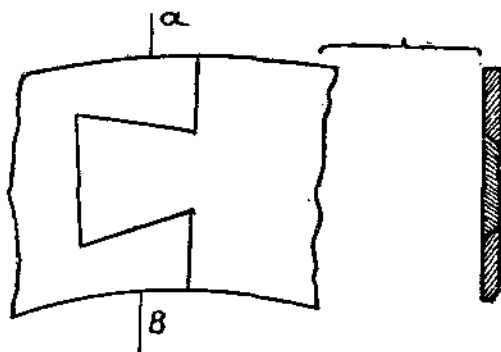
Эти прокладки в некоторых случаях делают резиновыми, а чаще картонными, пропитывая картон вареным маслом. Стыки отдельных звеньев картонной прокладки соединяются, как показано на фиг. 70, ласточкиным хвостом, причем края срезаются косо для достижения лучшего нажима на стыке.

Картон для прокладок берут толщиной 3—5 мм.

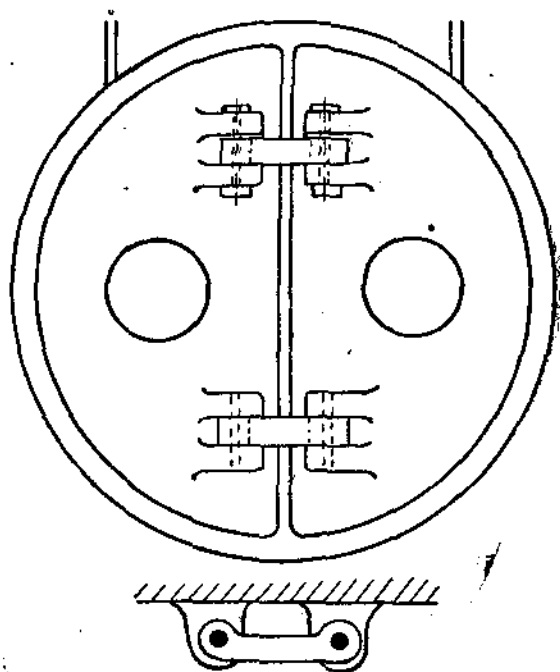
Крышки конденсатора малых турбин обычно односторчатые. Установка крышек этого типа операция весьма несложная, легко выполняемая при помощи крана.

В турбинах свыше 5000 квт крышка состоит из двух частей. Шарниры крышек надо тщательно подгонять, так как в противном случае весьма затруднительна припасовка крышки и попадание болтов в дыры.

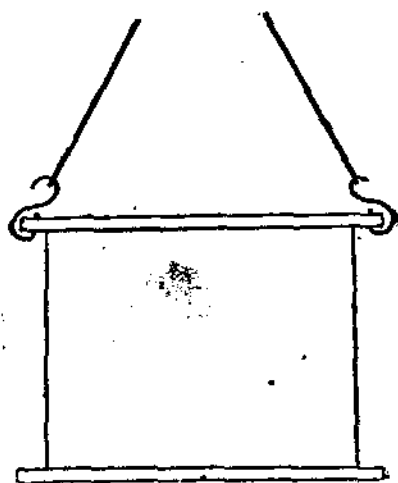
Для открывания крышек необходимо поставить отжимные болты, так как это в дальнейшем значительно облегчит работу персонала во время чистки конденсатора.



Фиг. 70. Стык прокладок конденсатора.



Фиг. 71. Крышка конденсатора.



Фиг. 72. Подъем патрубка.

Конструкция крышки видна на фиг. 71.

Когда конденсатор окончательно поставлен, можно устанавливать промежуточный патрубок между цилиндром турбины и конденсатором.

В зависимости от конструкции опор, патрубок может быть: в случае жестких опор в виде компенсатора и в случае пружинных опор в виде жесткой трубы.

Патрубок опускают через проем в плите фундамента, зацепляя за отверстия для болтов во фланце S-образные крюки и подвешивая патрубок на кран, как указано на фиг. 72.

Между фланцами конденсатора, патрубка и выходной части турбины ставится плоская прокладка из асбеста, пропитанного графитной смазкой с вареным маслом.

Болты на фланцах не затягивают до установки цилиндра турбины и взаимной проверки расположения конденсатора и цилиндра, так как в противном случае можно нагрузить цилиндр весом конденсатора, в результате чего возможна просадка цилиндра и расстройство центровки.

## 5. Установка нижних частей цилиндра турбины

При установке нижних частей цилиндров турбин могут быть применены различные способы установки.

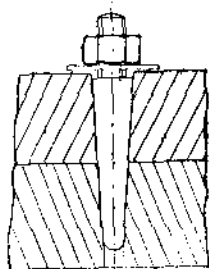
Простейший пример имеем в случае установки одноцилиндровых турбин. В этом случае нижняя часть цилиндра подвешивается на кран, разъемная плоскость устанавливается по ватерпасу и цилиндр опускается на установленные ранее стулья или опорные рамы.

Тот же несколько осложненный способ применяется при многоцилиндровых турбинах, когда конструкция соединений между цилиндрами позволяет устанавливать отдельно каждый цилиндр.

Совершенно особо следует отметить способ установки, применяемый при монтаже двухцилиндровых турбин Броун-Бовери. В этом случае оба цилиндра предварительно свинчиваются при помощи болтового скрепления, тщательно устанавливаются по ватерпасу и затем опускаются на опорные стулья.

При установке нижних частей цилиндра на опоры в момент опускания в лапы цилиндров вставляются направляющие «контроли» (фиг. 73).

Назначение «контролей» — точная установка болтовых дыр при сборке. Первая сборка на заводе идет без «контролей» и затем после точной установки сверлятся дыры коническим райбором и к ним пригоняются конические штифты «контролей», чтобы при монтажной сборке на месте не терять времени на установку. Нарезка с гайкой на верхнем конце «контролей» служит для вытаскивания

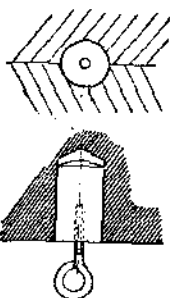


Фиг. 73. Контроль.

«контролей» после установки, если в этом будет необходимость. Обычно же «контроли» остаются на месте.

Другой тип контроля представлен на фиг. 74.

После установки лапы турбинного цилиндра на заводе сверлится отверстие, центр которого лежит в стыке между лапой и опорной плитой. К этому отверстию точно притирается стальной цилиндр, заполняющий отверстие.



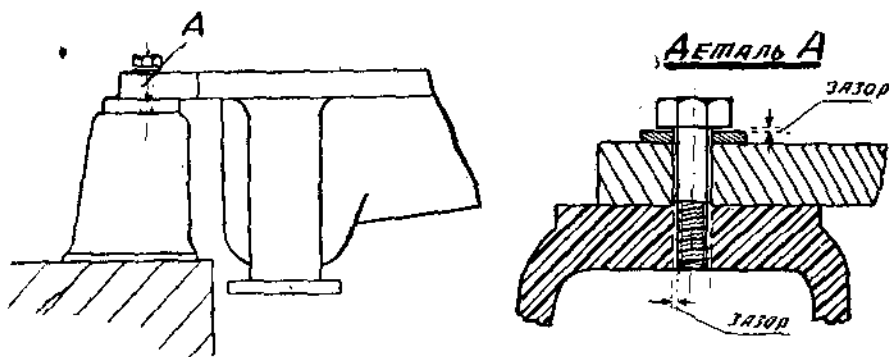
Фиг. 74. Контроль.

На монтаже этот цилиндр при правильной установке свободно должен входить в отверстие. После установки цилиндров они крепятся болтами к опорным рамам или стульям.

В этом случае принимается во внимание расширение цилиндров при нагреве во время работы, поэтому только одна сторона цилиндра может быть закреплена наглухо болтами, другая же часть должна иметь свободную игру на болтах.

Эта подвижная часть цилиндра обычно скользит по плоскости стула и болт, крепящий эту часть, затягивается так, чтобы дать возможность расширения в вертикальном и горизонтальном направлениях. В этих лапах, конечно, «контролей» ставить нельзя.

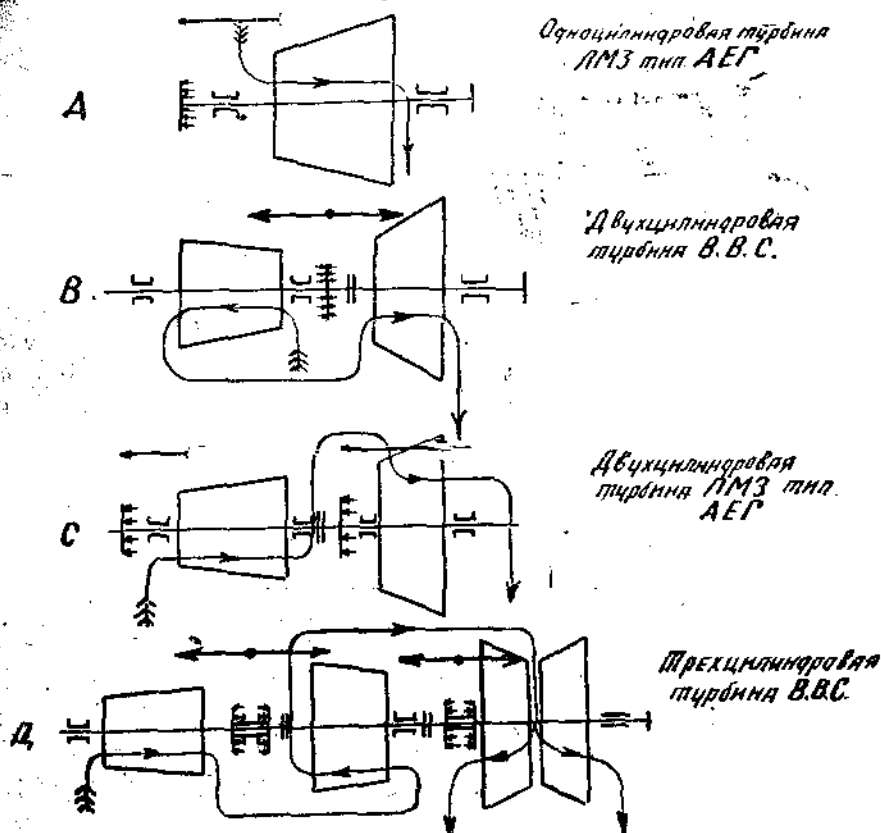
Под головку болта на скользящей опоре обычно ставят шайбу, толщина которой выбирается так, чтобы при довернутом до отказа болте зазор между головкой и шайбой был 0,2—0,5 мм, а зазор между болтом и стенкой отверстия в лапе цилиндра 0,2—1 мм, а для больших корпусов турбин в 24000 квт и выше зазор этот может доходить до 2—3 мм.



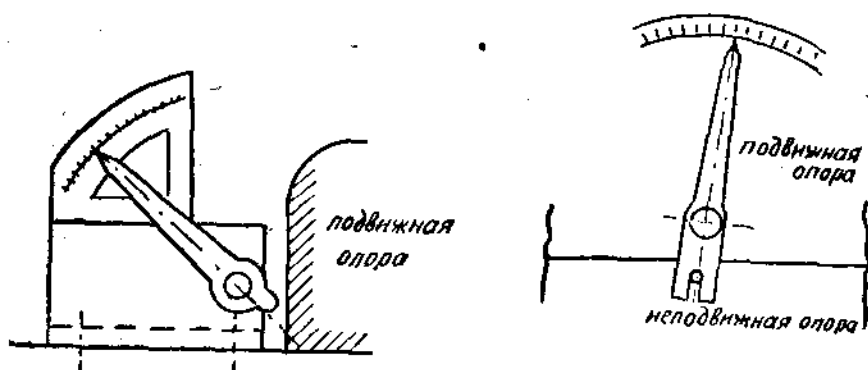
Фиг. 75. Скользящая опора цилиндра турбины ВВС.

Эти зазоры должны быть заданы заводом для каждой давной турбины на основании опыта при расширении. Все изложенное ясно из фиг. 75.

Скользящая опора иногда находится с противоположной стороны упорного подшипника (гребенчатого или Митшеля). На фиг. 76 приведен ряд случаев установки турбин с различным направлением



Фиг. 76. Схема турбины.



Фиг. 77. Указатели расширения.

парового потока. Схематически показаны опорные и упорные подшипники и стрелкой—направление парового потока.

Из схем совершенно ясно, в каком направлении должно идти расширение цилиндров. Расширение цилиндров в аксиальном направлении должно следовать за расширением ротора; тогда обеспечивается неизменный аксиальный зазор между лопаточным венцом и направляющим аппаратом.

Для определения расширений во время работы турбины следует устанавливать постоянные индикаторы, изготовляемые тут же на месте (фиг. 77). Эти индикаторы представляют собой стрелки, насаженные на ось. Соотношение плеч берут  $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{25}$ . Сдвиг скользящей опоры влияет на короткое плечо стрелки. Если проградуировать циферблат индикатора, то на нем мы сможем легко читать сдвиги скользящих частей турбины порядка 0,1 мм, что для практики можно считать вполне достаточным.

## 6. Центровка цилиндров

После установки цилиндров производят центровку.

По оси вала натягивается струна согласно всех правил, какие были указаны ранее.



Фиг. 78. Штихмас для центровки.

При правильной установке цилиндров струна должна пройти точно через геометрические центры выточек для лабиринтных уплотнений в цилиндре. Для проверки правильности центровки пользуются вначале внутримером, измеряя расстояние между стенкой выточки для уплотнений и струной. Это расстояние должно быть одинаковым по всем радиальным направлениям. Для более точного измерения пользуются штихмасом, который легко изготовить, вбивая с двух сторон по иголке в круглый деревянный стержень диаметром около 15—20 мм (фиг. 78).

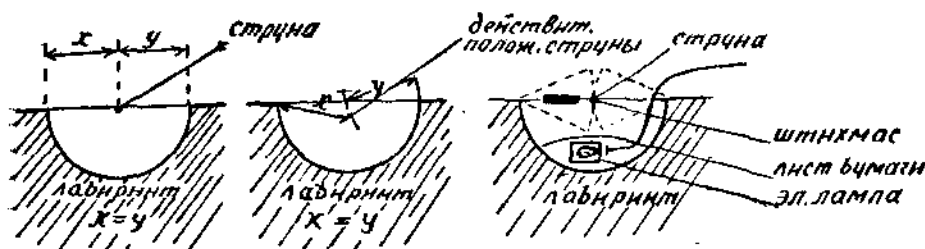
Приемы центровки показаны на фиг. 79. Точность центровки, т. е. разность между размером штихмаса в различных радиальных направлениях не должна превосходить 0,0125 мм.

Вначале центровки в отверстия для первого и последнего лабиринтных уплотнений вставляется дубовый брусок, на котором наносят черточками положение струны, и по этим двум отверстиям устанавливают все промежуточные.

В случае неправильной установки деталей воздействуют на крепящие болты, затягивая их. В случае больших расхождений в центровке по горизонтали сдвигают опоры либо лапы опор короткими ударами свинцового молота, либо торцом медного стержня диаметром 50—60 мм, длиной 1,5—2 м. Если длина струны менее 5 м, провесом струны пренебрегаем. Если же струна длиннее, то вводим поправку на провес по таблице фиг. 7.

Не рекомендуется класть подкладки между ступицами и лапами цилиндров; если же такой случай будет, то подкладка должна быть положена равномерно по всей опорной поверхности из однородного материала. Исключения составляют бакелитовые изоляционные прокладки между корпусами подшипников и рамой генератора.

После центровки по отверстиям лабиринтов производят точно также центровку по нижним вкладышам подшипников, применяя приемы, указанные выше. Необходимо иметь в виду, что при расточке на заводе разъем цилиндра может проходить наискось горизонтальной плоскости, проходящей по диаметрам внутренней расточки



Фиг. 79. Приемы центровки.

в цилиндре для вкладышей лабиринтных уплотнений; поэтому при центровке следует обращать внимание на метку, которая выбита возле расточки на заводе с плюсом либо минусом, которая дает возможность при работе уровнем принять это во внимание и устанавливать плоскость разъема цилиндра не горизонтально, а под некоторым углом к горизонту, подкладывая под линейку со стоящим на ней уровнем соответствующие меткам прокладки. После окончания центровки производят установку цилиндров, исходя из соображений температурных расширений.

Ту часть турбины, которая имеет большую массу, необходимо располагать ниже; поэтому при первой центровке под лапы цилиндра низкого давления многоцилиндровых турбин ставят прокладку — лист толщиной примерно в 0,2 мм, которую вынимают после центровки; тогда отверстия лабиринтов в холодном состоянии стоят ниже оси на 0,1—0,2 мм, в рабочем же состоянии расположатся по оси.

## 7. Установка вкладышей и подшипников

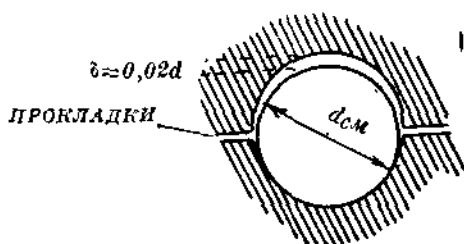
В турбогенераторах применяют шаровые самоустанавливающиеся вкладыши. Такие вкладыши не допускают, конечно, никаких прокладок между шаровыми поверхностями. Поэтому установка подшипника должна быть весьма тщательной, и в случае нарушения центровки прокладки можно подкладывать только под корпус подшипника. Положение усложняется, когда подшипник лежит на корпусе цилиндра; в этом случае приходится менять весь вкладыш.

Если вкладыши не шарового типа, то можно устанавливать прокладки между вкладышем и корпусом подшипника. Прокладки делают из тонкой латунной фольги.

Когда центровка по вкладышам закончена, можно производить пробную укладку роторов турбины и генератора, не устанавливая статора генератора.

Роторы последовательно подвешивают на кран, как указано на фиг. 34. На шейку вала, подвешенного на кран ротора, ставят ватерпас точною 0,025 мм на 1 м и после установки шеек строго горизонтально опускают ротор на место. При этом необходимо наблюдать,

чтобы лопаточными венцами не задеть направляющих аппаратов.



Фиг. 80. Подшипник.

Таким образом при опускании ротора концы лопаток сплющивают проволоку. Замеряя толщину сплюснутых при укладке кусочков, мы определим радиальный зазор (это, конечно, делается после вынимания ротора для окончательной укладки). Затем проверяют аксиальные зазоры непосредственным измерением.

После укладки ротора производится закрывание верхних половин вкладышей подшипников. К подшипникам современных паровых турбин предъявляются весьма высокие требования и вопросы работы подшипников разобраны весьма детально целым рядом исследований.

Данные исследований показывают, что между шейкой вала и вкладышем должен быть слой масла, который устраняет трение металла о металл.

Чтобы не выдавливалось масло, удельное давление в подшипнике не должно превосходить порог и полностью уравниваться давлением масла. Для достижения этого между шейкой вала и вкладышем оставляют серповидный зазор, как показано на фиг. 80.

Самое узкое место серповидного зазора лежит внизу между шейкой и вкладышем, где образуется масляный слой. Масло захватывается шейкой и с силой загоняется в узкую часть, образуя слой с повышенным давлением.

Между верхней частью вкладыша и шейкой должен остаться зазор, который обычно берут по следующему эмпирическому выражению:

$$\delta = 0,02 \cdot d,$$

где  $d$  — диаметр вала в сантиметрах,  
 $\delta$  — в миллиметрах.

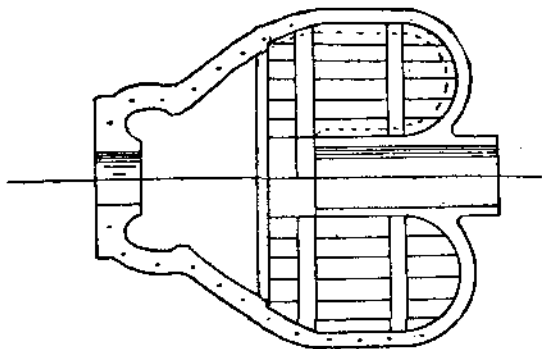
Проточка вкладышей производится со вложенными прокладками на заводе, затем прокладки вынимают и вкладыш получает нужную форму.

Проверку верхнего зазора производят путем наложения свинцовой проволоки на шейку вала перед пробным закрыванием вкладыша.

Измеряя сплюснутую проволоку, определяют зазор. Чем больше зазор, тем больше масла поступает, но тем меньше давление масла в подшипнике, и наоборот. Если верхний зазор мал, то между вкладышами ставят прокладки из фольги. Прокладки должны быть наложены по всей поверхности разъема вкладыша.

Проворачивая ротор во вкладышах, определяют места затирання на вкладыше. Эти места обычно выявляются в виде темных пятен.

Нижний вкладыш должен работать средней третью, в остальных местах темные пятна снимаются шабером. Операция повторяется до тех пор, пока не будет достигнута безупречная установка вкладыша.



Фиг. 81. Крышка на выпускной патрубок конденсатора.

Все эти операции производятся, как было сказано выше, без статора генератора, так как это дает возможность легче маневрировать при снятии и укладывании роторов.

Закончив пригонку вкладышей и примерную установку роторов, снимают все роторы турбины и генератора и приступают к окончательной их укладке.

Прежде всего необходимо тщательно осмотреть все направляющие аппараты нижней части. В турбинах с отдельными диафрагмами рекомендуется выпнуть диафрагмы и весь корпус основательно пропустить компрессором (если таковой есть).

Если в многоцилиндровых турбинах ресиверные трубы проходят под цилиндрами, их необходимо закупорить мешками, набитыми паклей, во избежание попадания в ресиверные трубы инструментов или каких-либо посторонних предметов. На каналы конденсатора делают крышки, как указано на фиг. 81. Затем приступают к установке статора генератора.

## 8. Установка статора генератора

После того как закончена пробная укладка роторов и все роторы, включая ротор генератора, сняты с подшипников, увязывают статор генератора, подвешивая его на крюк.

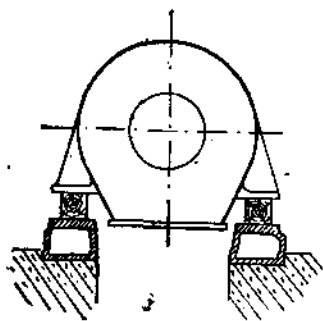
Тросы пропускают между приливами статора, специально отлитыми для этой цели. Так как статор в турбогенераторах до 24000 квт

является обычно самой тяжелой частью турбогенератора, то при увязке его в выборе тросов нужна особая осторожность.

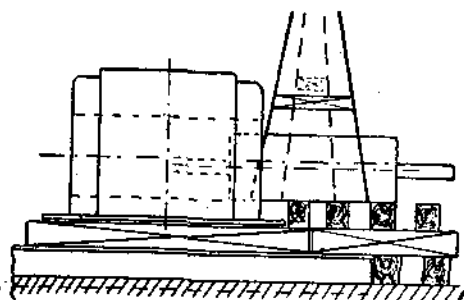
После увязки следует проверить равенство натяжения тросов, ударяя по натянутым тросам ломом или свинцовым молотом и сравнивая звук при ударе.

Статор ставят на раму, подложив предварительно между рамой и лапами статора дубовые бруски размером в сечении  $300 \times 300$  мм и длиной равные длине лап статора (см. фиг. 82).

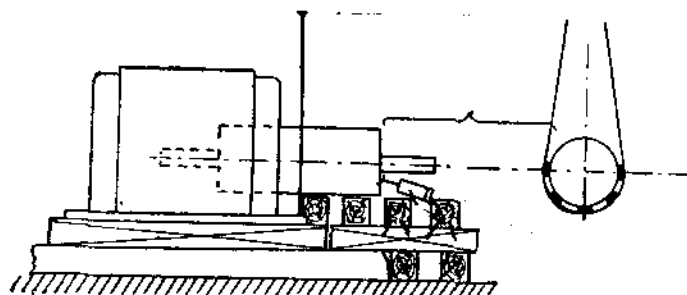
Такая предварительная установка статора на брусья необходима для вдвигания ротора в статор без задевания звезды на валу ротора турбины.



Фиг. 82.



Фиг. 83.



Фиг. 84.

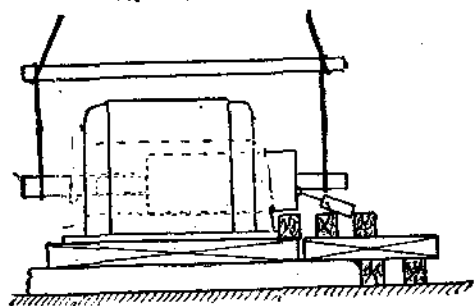
Фиг. 82—84. Укладка ротора генератора (I способ).

Внутреннюю часть статора обкладывают в нижней его части картоном 4—5 мм, затем листом жести  $1\frac{1}{2}$  мм, затем снова листом картона 4—5 мм. С торцевой стороны статора строят клеть из шпал или брусьев, как указано на фиг. 83.

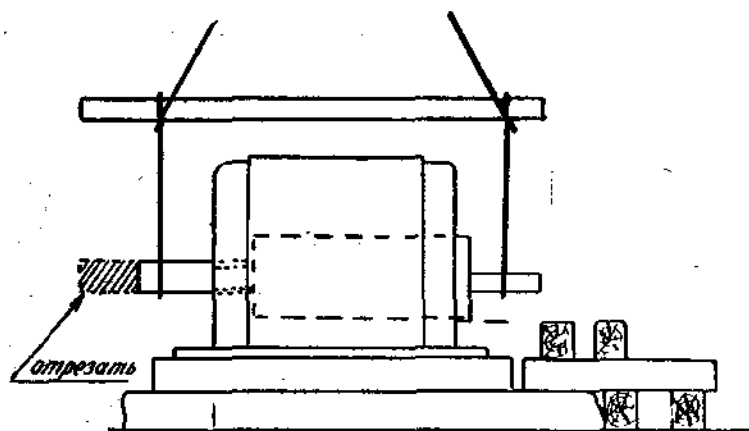
Ротор генератора обкладывают картоном и подвешивают на кран. Между тросами ставят деревянную распорку.

Ротор кладут на клеть, затем, слегка подымая его, вдвигают в отверстие статора при помощи домкрата.

Когда ротор вдвинут так, что тросы, на которых он подвешен, почти прикасаются к статору, его опускают на клеты и перехватывают тросами, как указано на фиг. 84, затем, приподымая, продолжают вдвигать домкратом. Следующий этап показан на фиг. 85.



Фиг. 85.



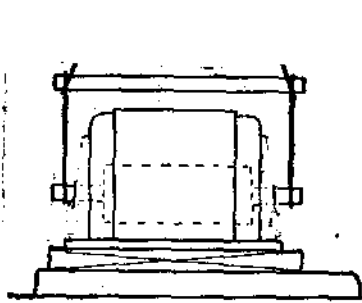
Фиг. 86.

Фиг. 85 и 86. Укладка ротора генератора (I способ).

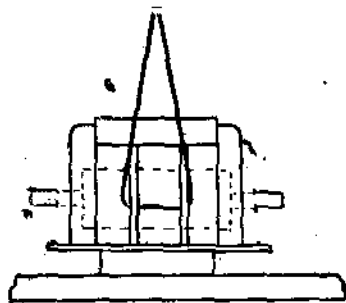
Конец вала ротора обкладывают картоном и надевают на него толстостенную трубу. Над статором на край подвешивают трубу диаметром 150—200 мм (балахир).

На концы этой трубы вешают стропы (фиг. 86). Приподымая теперь ротор, продолжают двигать его. Труба, одетая на вал, упрется, наконец, в подшипник цилиндра турбины или в звезду ротора. Тогда конец отрезают (лучше заблаговременно заготовить короткую трубу) и продолжают двигать, пока вал не покажется с противоположной стороны ротора (фиг. 87). Тогда снимают трубу с конца вала, подвешивают ротор к верхней трубе и кладут его на место, подвешивают статор вместе с ротором на кран, приподымают, вынимают бруссы из-под лап статора и осторожно опускают на раму (фиг. 88).

Рекомендуется во все время опускания иметь между лапами статора и рамой деревянные бруски, доски и т. д., чтобы в случае какого-либо неудачного маневра не ударить или неосторожно не нажать на раму.



Фиг. 87.



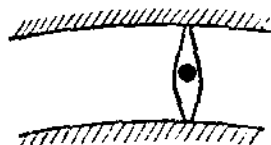
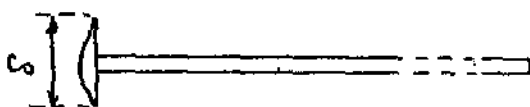
Фиг. 88.

Укладка ротора генератора (1 способ).

Окончив установку статора можно ставить ступицы подшипников (задний и передний), предварительно убрав деревянные клетки. Ротор снова приподымают, ставят подшипники, укладывают вкладыши и опускают ротор на место. Затем одевают на вал ротора звезду зубчатой муфты.

Перед надеванием звезды следует насухо вытереть конусный конец вала, чтобы слой смазки не нарушил правильного положения звезды.

Затем проверяют междужелезное пространство при помощи щупа-калибра (фиг. 89).



Фиг. 89. Щуп-калибр.

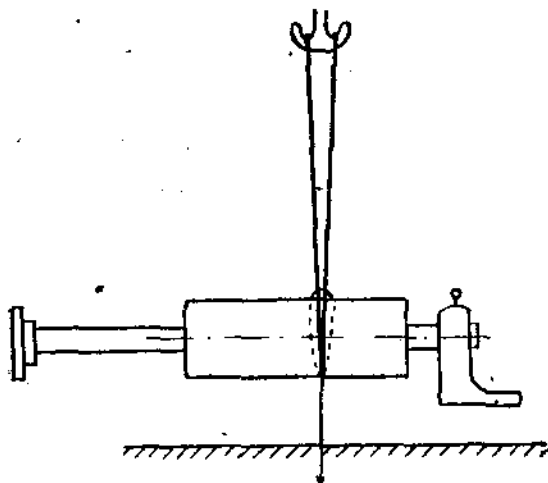
Другой метод ввода ротора в статор генератора изображен на фиг. 90, 91, 92, 93, 94, 95 для турбогенератора 24000 квт Ленинградского металлического завода. Последовательность операций сводится к следующему. Ротор генератора при разгрузке ставится на опорные деревянные козлы, затем на катках подводится подшипник стороны возбuditеля.

Верхняя крышка подшипника надевается и крышечные болты затягиваются до отказа.

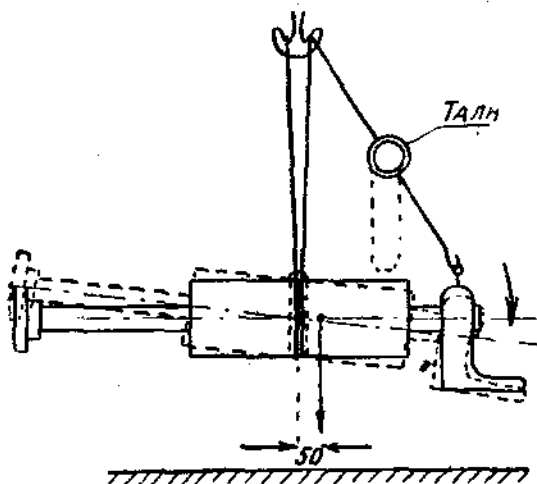
Находят центр тяжести (путем проб) системы из ротора и концевого подшипника. Систему подвешивают на стальную тросовую петлю из 1 1/2 дюймового троса, обмотав предварительно ротор полот-



Фиг. 90.



Фиг. 91.

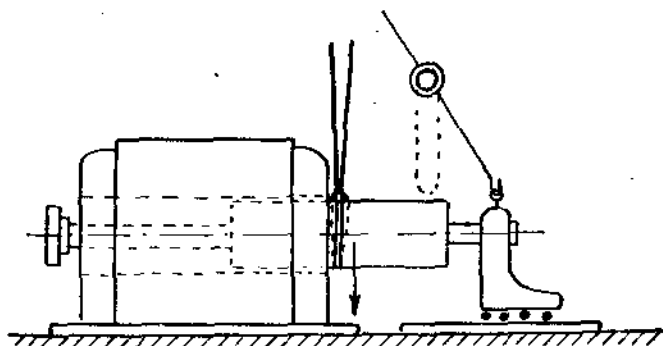


Фиг. 92.

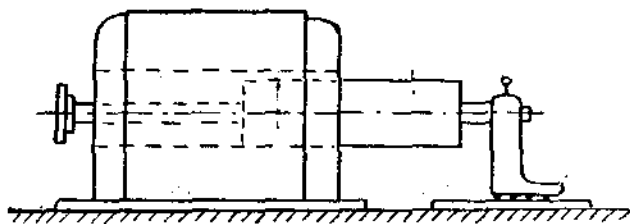
Фиг. 90—92. Укладка ротора генератора. (II способ).

няной материей для предохранения ротора от ссадин и от скольжения троса по телу ротора.

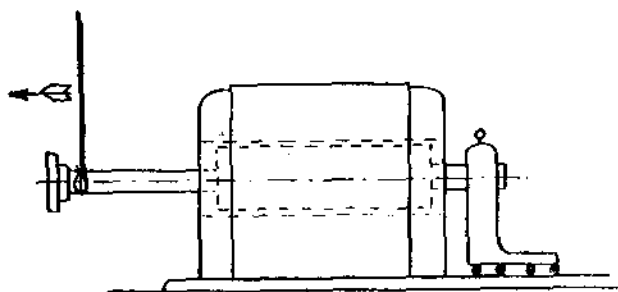
Затем сдвигают тросовую петлю от положения, соответствующего состоянию равновесия системы, т. е. от центра тяжести при-



Фиг. 93.



Фиг. 94.



Фиг. 95.

Фиг. 93--95. Укладка ротора генератора (1 способ).

мерно на 50 мм в сторону муфты. Для того чтобы удерживать ротор в горизонтальном положении, между подшипником и крюком вводят тали, которые дадут возможность регулировать угол наклона ротора. Угол наклона ротора к горизонту делают  $7-10^\circ$  для его устойчивого положения при подъеме.

В таком положении ротор вводится в статор генератора. При регулировании угла наклона никогда не следует нажимать на конец вала, приподнятый вверх, а всегда придерживать рукой за конец, на который надет подшипник.

После ввода ротора в статор до того места, где затянута тросовая петля, тали и тросовые петли снимают, под подшипник ставят катки из круглой стали в 6 мм диаметром. Перед укладкой ротора в статор последний, как выше было указано, должен быть обложен кровельным железом, картоном либо пресинианом.

Затем необходимо подвесить конец вала с надетой муфтой к крану и, осторожно передвигая кран по оси вала и придерживая ротор руками, вдвигать ротор в статор. При этом подшипник катится по каткам. Такой метод укладки ротора требует большой внимательности, особенно при операциях, изображенных на фиг. 91 и 95.

Ввод ротора в статор для крупных турбин порядка 25—50 тыс. квт может производиться на особой тележке по рельсам, положенным внутри статора. Такая операция проходит значительно легче, но этот способ возможен только благодаря междужелезному пространству 30—40 мм.

Затем производят окончательную укладку роторов турбины, соблюдая правила, указанные ранее.

Необходимо следить, чтобы рабочие, работающие при укладке, были одеты в гладкие костюмы с хорошо пришитыми пуговицами и туго завязанными рукавами.

Все мелкие предметы (металлические метры, микрометры, кошельки и т. д.) на это время должны быть вынуты из карманов. Мастер по записи выдает инструменты рабочим и по счету принимает их обратно.

Без разрешения мастера, несущего ответственность по сборке, никто не имеет права приближаться к турбине после укладки роторов. При перерыве работы открытая турбина закрывается брезентом и брезент пломбируется мастером или шеф-монтером.

## 9. Центровка валов

При спящих верхних крышках вкладышей проверяют по ватерпасу установку валов. Ватерпас применяют точною 0,025 мм на 1 м. Показания ватерпаса на шейках должны быть одинаковы.

Повернув вал на 180°, снова проверяют ватерпасом на шейках. Показания ватерпаса должны совпадать с предыдущими измерениями, в противном случае имеет место искривление вала.

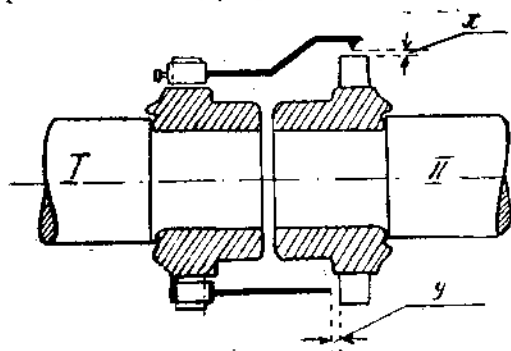
Проверка центровки обычно происходит по муфтам на стыках валов отдельных роторов.

Центровка по муфтам — это последняя центровка, которая служит контролем всех предыдущих.

При центровке по муфтам турбина должна быть собрана так, чтобы вес всех деталей оказал влияние на конфигурацию корпуса и положение валов.

Для центровки по зубчатым муфтам пользуются железными указателями (фиг. 96).

Указатели откованы из железа 10—15 мм с заостренными концами, прикрепляемыми хомутом к концу звездочки турбинного вала *I*. Поворачивая одновременно оба вала, измеряют щупом радиальное расстояние между кулаком звездочки и указателем *x* наверху, справа, внизу и слева генераторной звезды *II*.



Фиг. 96. Указатели центровки.

Если измеренные расстояния равны, то центры концов вала совпадают.

Сняв указатель радиальной центровки, ставят на его место указатель аксиального зазора, установленный на противоположном кулаке звезды.

Перемещая указатели, устанавливают одинаковые зазоры между заостренными концами указателей и

боковой поверхностью противоположащих кулаков звезды *II—y*.

Повернув вал на 180°, снова измеряют расстояние *y*. Вследствие разбега ротора полученные данные могут расходиться с первоначальными.

Если оба расстояния *y* в первом и втором случае равны между собой, то это гарантирует, что в горизонтальной проекции оси валов лежат на одной прямой. Расстояния *x* наверху и внизу не будут одинаковы вследствие вполне понятного прогиба вала.

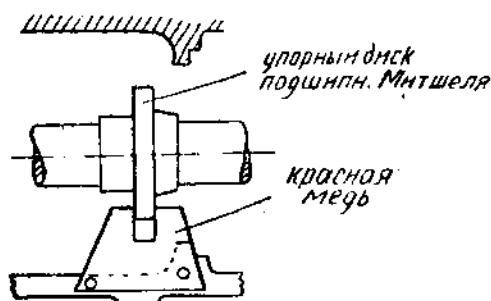
Весьма удобен, но менее точен способ проверки центровки при неподвижных указателях путем поворачивания звезды *II* относительно звезды *I*.

Радиальное расстояние *x* измеряется относительно поверхности различных кулаков.

Поворачивая ротор турбины на 90°, при верхнем положении указателя одновременно измеряют расстояния *x* и *y*.

При поворотах следует застраховать ротор от возможности осевого сдвига, для чего иногда устанавливают отжимную планку у подшипника Митшеля, как указано на фиг. 97.

Затем поворачивают ротор со звездой *II* на 180° и снова измеряют зазоры. Измерения в этом последнем случае и отклонения между от-



Фиг. 97. Упорная планка.

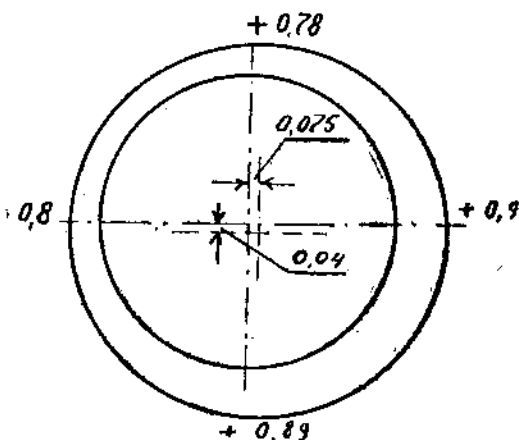
Данными зазорами должны быть равны таковым при первом измерении.

Величину разбега, т. е. расстояние от галтели вала до упорных торцов вкладышей следует замерить при снятых верхних половинах вкладышей.

Затем следует проверить, не набегает ли при сдвиге ротора отбойные масляные щитки на лабиринтные кольца.

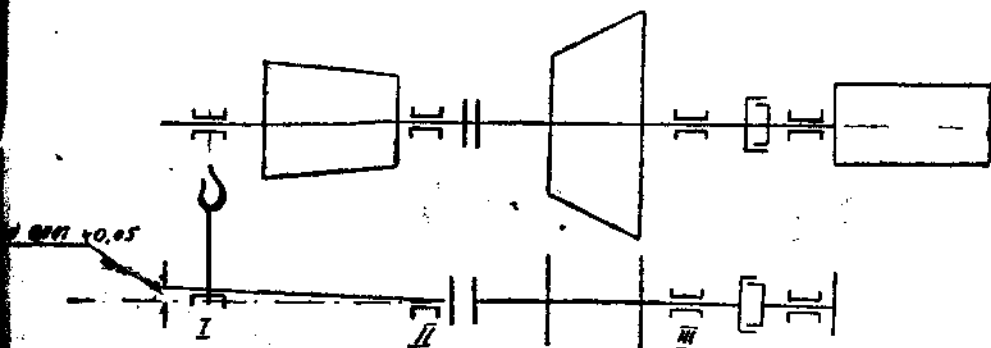
Некоторую модификацию той же центровки применяют при монтаже жестких и полужестких дисковых муфт.

В простейшем случае шупом замеряют зазор между муфтами в четырех положениях: верх, лево, низ, право, поворачивая обе муфты одновременно. Для одновременного поворота наносим черточки на обод муфт и строим диаграмму промеров (фиг. 98).



Фиг. 98. Диаграмма центровки.

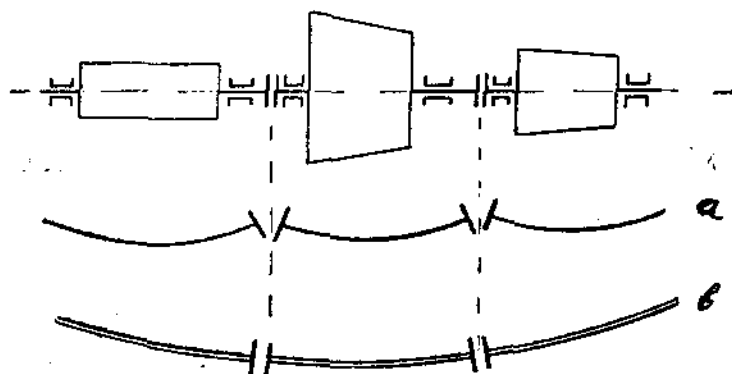
Кроме того, производят проверку, накладывая линейку сверху, слева, снизу, справа обеих муфт и следя за тем, чтобы линейка прилегала всей плоскостью к обоим ободам муфты. При этих замерах валы не поворачиваются.



Фиг. 99. Центровка вала с жесткой муфтой.

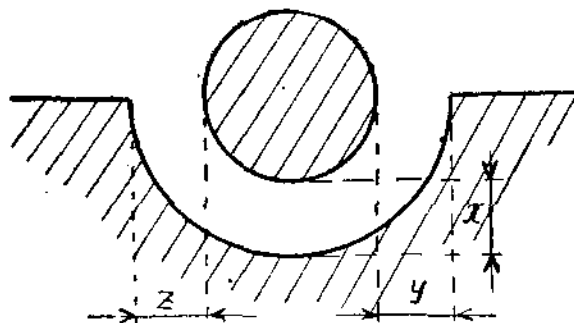
Весьма тщательно необходимо производить центровку в том случае, когда вал составной из двух частей, скрепленных жесткой дисковой муфтой (фиг. 99).

Для проверки в этом случае поступают следующим образом. Приподнимают переднюю часть вала на тросе, подложенном под вкладыш. Тогда вал, имеющий глухую муфту, будет лежать только на вкладыше I и III.



Фиг. 100. Два способа центровки.

На конце вала устанавливают индикатор и медленно поворачивают вал. При неправильной затяжке болтов на муфте конец вала описывает конус. Проверяют показания индикатора при угле поворота на один болт (болты предварительно должны быть пронумерованы).



Фиг. 101. Центровка.

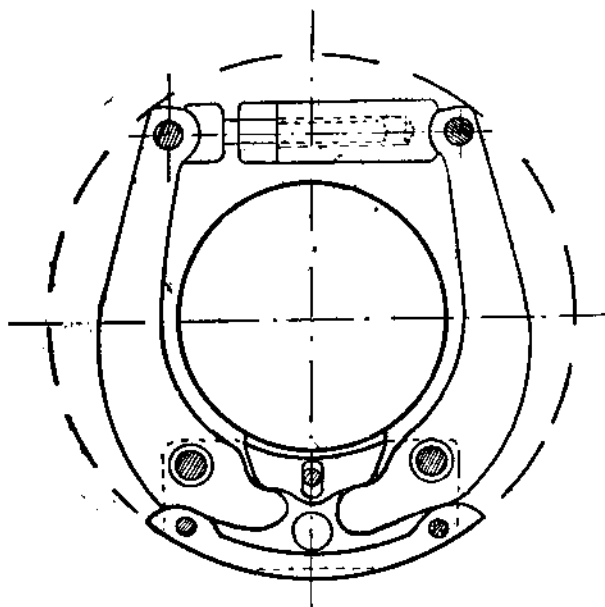
Наблюдают показания индикатора. Замечая максимальные отклонения индикатора, затягивают диаметрально противоположный болт на муфте ударом по ключу свинцовым молотком.

Так необходимо несколько раз обойти муфту, пока показания индикатора не будут давать отклонения 0,005—0,007 мм, что можно считать допускаемой неточностью.

Каждый ротор под влиянием собственного веса получает прогиб. При многоцилиндровых турбинах, очевидно, концевые муфты роторов располагаются друг к другу под углом, как указано на фиг. 100а.

Торцевые плоскости муфт могут быть установлены параллельно, если поднять концевые подшипники крайних роторов, как указано на фиг. 100 б, причем центровка производится по ротору низкого давления (в случае двухцилиндровой турбины).

В монтажной практике применяют как тот, так и другой способ установки роторов, но все же преимущество остается за последним (фиг. 100 б).



Фиг. 102. Приспособление для подъема вала.

После указанной центровки валов необходимо произвести тщательную проверку положения роторов по отношению к расточкам цилиндров, т. е., чтобы радиальные зазоры между ротором и цилиндром по всем направлениям в одной поперечной плоскости были одинаковы. Эту проверку производят следующим образом: устанавливают нижние вкладыши подшипников и укладывают на них ротор. Затем в местах выточек в цилиндре для вкладышей лабиринтных уплотнений замеряют штангласом размеры между шейкой ротора и выточками в цилиндре. Замеры производят справа, слева и снизу, как указано на фиг. 101. Если  $y = x = z$ , то установка и центровка сделаны правильно. Иногда нижний размер  $x$  делают больше боковых

на 0,6—0,8 мм, т. е. ось ротора ставят выше оси расточки. Такая установка имеет в виду срабатывание вкладышей в эксплуатации и некоторое опускание оси ротора. Помимо этого, слой смазки, накладываемый на плоскость разбега цилиндров, несколько повышает ось расточки цилиндра.

Значительно сложнее обстоит дело в тех случаях, когда ротор по отношению к расточкам лежит не концентрично; тогда единственный способ, который остается применять,—это изменение положения вкладышей путем подкладок из латунной фольги. Это сравнительно легко удастся при цилиндрических вкладышах и совершенно невозможно при вкладышах шаровых.

В последнем случае приходится подкладки давать под стулья подшипников, а если вкладыш лежит в гнезде самого цилиндра, то такая центровка весьма затруднительна и даже невозможна и следует только заранее на заводе обращать внимание на точность установки ротора в этой части цилиндра, а в крайних случаях применять специальное переносное приспособление для расточки, выписав его с завода.

Подкладывание под вкладыши более двух штук подкладок одна поверх другой недопустимо и лучше класть одну более толстую подкладку, припиливая вкладыш до нужного размера.

Желательно после первой центровки по толщине латунных подкладок изготовить стальные, так как латунные могут быть сняты при работе турбины.

Для того, чтобы легко было вывести нижние вкладыши из-под шеек вала, применяют рычажное приспособление, показанное на фиг. 102.

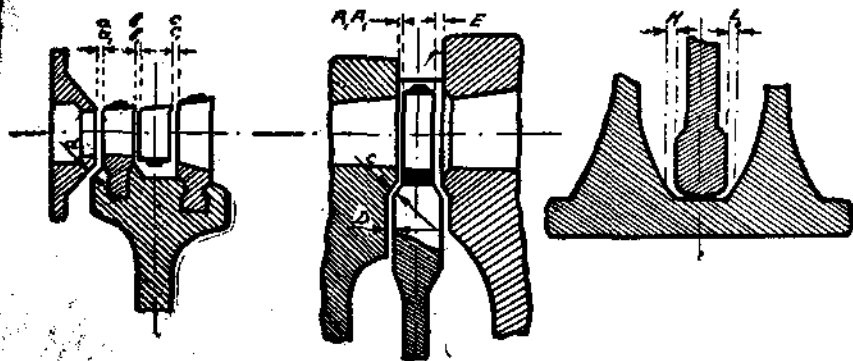
Такое приспособление следует иметь и в эксплуатации, так как нижние вкладыши часто приходится вынимать для дополнительной шабровки. Закончив центровку, щупом или специальным клиновым измерителем производят проверку аксиальных зазоров.

Обычно величина аксиальных и радиальных зазоров передается заводом на место монтажа. Пример такой таблицы приводим ниже для турбины 10 000 квт Ленинградского завода, тип АЕГ (см. фиг. 103).

## 10. Сборка уплотнений и сальников

В практике паровых турбин применяют три типа уплотнений: угольное (фиг. 104), водяное (фиг. 105) и, наконец, наиболее употребительный тип металлического гребенчатого или елочного уплотнения (фиг. 106 и 107). Во всех случаях при сборке уплотнений должна быть достигнута, как указано выше, полная центренность работы вала по отношению к вкладышу уплотнения. При сборке водяного уплотнения следует обращать внимание на чистоту подводящих и отсасывающих воду труб и правильную посадку диска.

Применяемые для угольных уплотнений кольца обычно состоят из трех частей, стянутых спиральными пружинами, замки которых входят в вырезы колец, которые нажимают на вал. Пригонка угольного кольца обычно производится при помощи шаблона, диаметр



### Цилиндр высокого давления

Кодес, см роста

|                              | a | b | c | a <sub>1</sub> | b <sub>1</sub> | c <sub>1</sub> | d | Примечания |
|------------------------------|---|---|---|----------------|----------------|----------------|---|------------|
| Со стороны пускового вентиля |   |   |   |                |                |                |   |            |
| С противополож. стороны      |   |   |   |                |                |                |   |            |

Прокладка под сегмент сопел

..... мм

Размеры a, b, c, после поворота на 90°

Кодеса давления

| Посл.<br>Л | Со стороны пускового вентиля |                |   |                |   |   |   | С противоположной стороны |                |   |                |   |   |   | Со стороны пусков. вентиля |   |
|------------|------------------------------|----------------|---|----------------|---|---|---|---------------------------|----------------|---|----------------|---|---|---|----------------------------|---|
|            | A                            | A <sub>1</sub> | B | B <sub>1</sub> | C | D | E | A                         | A <sub>1</sub> | B | B <sub>1</sub> | C | D | E | K                          | L |
|            |                              |                |   |                |   |   |   |                           |                |   |                |   |   |   |                            |   |
| 1          |                              |                |   |                |   |   |   |                           |                |   |                |   |   |   |                            |   |
| 2          |                              |                |   |                |   |   |   |                           |                |   |                |   |   |   |                            |   |
| 3          |                              |                |   |                |   |   |   |                           |                |   |                |   |   |   |                            |   |
| 4          |                              |                |   |                |   |   |   |                           |                |   |                |   |   |   |                            |   |
| 5          |                              |                |   |                |   |   |   |                           |                |   |                |   |   |   |                            |   |
| 6          |                              |                |   |                |   |   |   |                           |                |   |                |   |   |   |                            |   |
| 7          |                              |                |   |                |   |   |   |                           |                |   |                |   |   |   |                            |   |
| 8          |                              |                |   |                |   |   |   |                           |                |   |                |   |   |   |                            |   |
| 9          |                              |                |   |                |   |   |   |                           |                |   |                |   |   |   |                            |   |
| 10         |                              |                |   |                |   |   |   |                           |                |   |                |   |   |   |                            |   |
| 11         |                              |                |   |                |   |   |   |                           |                |   |                |   |   |   |                            |   |
| 12         |                              |                |   |                |   |   |   |                           |                |   |                |   |   |   |                            |   |
| 13         |                              |                |   |                |   |   |   |                           |                |   |                |   |   |   |                            |   |

Размеры A, B, после поворота ротора на 90°

Прокладки упор. подш.

Передний сегмент или наружная

Задний сегмент или внутренняя

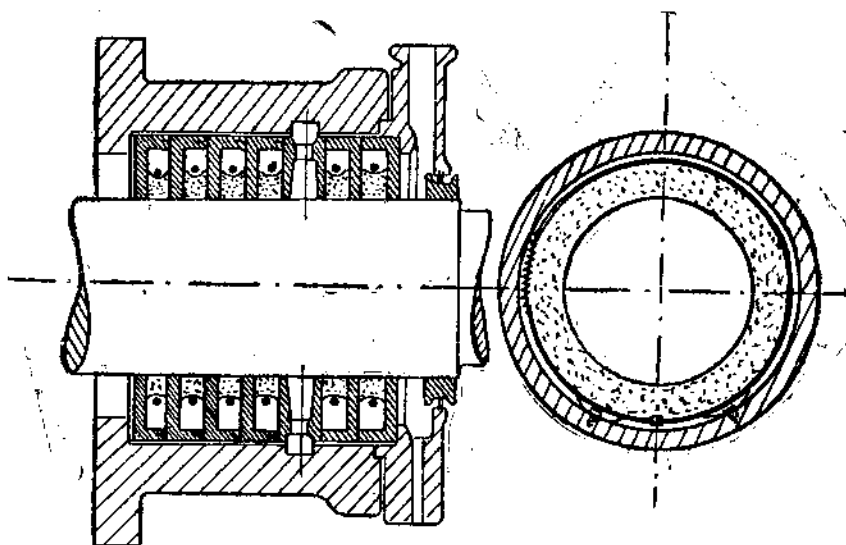
Разбег ротора 0,4

Зазоры в уплотнительных коробках

|                    | Передняя    |                | Задняя      |                |
|--------------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
|                    | До поворота | После поворота | До поворота | После поворота |
| Наибольший . . . . | 0,10        | 0,10           | 0,25        | 0,25           |
| Наименьший . . . . | 0           | 0              | 0,05        | 0,10           |
| Средний . . . . .  | 0,08        | 0,08           | 0,2         | 0,2            |

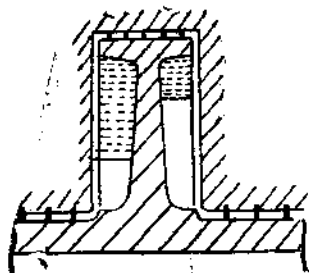
Фиг. 103. Зазоры ЛМЗ.

которого должен в точности соответствовать размеру вала. Шаблон для малых турбин можно изготовить из газовой трубы, обточенной до диаметра вала, на котором будет работать угольное кольцо.



Фиг. 104. Графито-угольное уплотнение.

Диаметр кольца берут несколько более диаметра вала, принимая радиальный зазор около 0,2 мм на 1 см диаметра вала в холодном состоянии. При высоких давлениях и перегреве пара зазор делают до 0,03 мм на 1 см диаметра вала.



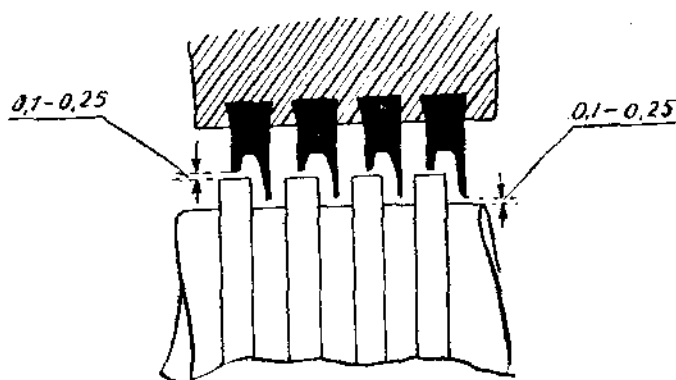
Фиг. 105. Водяное уплотнение.

При установке малых турбин до 100 квт кольца можно вначале пригнать приблизительно по валу, а затем дать таковым возможность прирабатываться при первых пропусках турбины.

Во избежание сильных нагревов подобные притирки в больших турбинах должны быть категорически воспрещены.

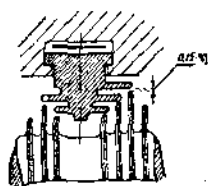
Осевой зазор этих уплотнений, т. е. расстояние между кольцом и канавкой во вкладыше сальника должен быть в пределах 0,075—0,150 мм. Если зазор будет мал, грязь и ржавчина могут вызвать заедание кольца; если же зазор велик, кольцо будет слабо прижато к стенке канавки и пар будет вытекать из уплотнения. При сборке колец необходимо очень тщательно следить за точной пригонкой стыков отдельных сегментов кольца.

При металлических уплотнениях гребенчатого типа следует весьма тщательно проверить радиальный и аксиальный зазоры, не допуская разбега в аксиальном направлении более 0,2—0,4 мм. Что касается радиального зазора, то обычно он принимается от 0,15 до 0,2 мм.

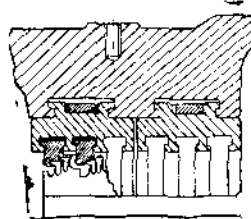


Фиг. 106. Металлическое уплотнение.

Особенно тщательно следует относиться к сборке слочных уплотнений Метро Викиерс (фиг. 107 и 108). Относительная сложность этого типа уплотнений и большое количество отдельных элементов требуют тщательной работы и проверки правильности установки сегментов, поэтому следует обращать внимание на профиль вкладываемого сегмента, дабы не уложить таковой, повернув его на 180°.



Фиг. 107. Слочное уплотнение.



Фиг. 108. Установка слочных уплотнений.

Пригонку металлических лабиринтов по валу ни в коем случае не следует производить «в притирку» во время вращения машины, так как выделяющееся от трения тепло легко приводит к изгибу вала и может послужить причиной крупных аварий и поломок. Этот тип уплотнений следует при сборке строго проверять по чертежу, не допуская никаких отклонений. Иногда задевание в уплотнении вызывается плохой термической обработкой, когда уплотнения при 400—375° коробятся, что можно легко обнаружить при предварительном осмотре уплотнений. Если этот тип уплотнений поставлен не только на стороне высокого давления, но и низкого, то при неправильно

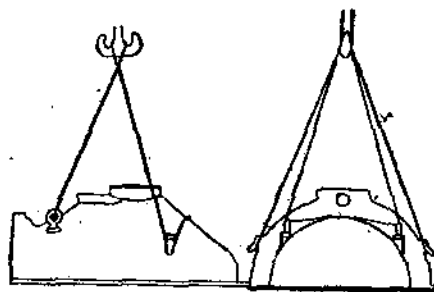
выдержанном аксиальном зазоре при удлинении ротора турбины подвижная часть будет задевать за неподвижную. Необходимо следить:

- 1) чтобы не было зазора в стыке обойм уплотнения;
- 2) чтобы стыки сегментов приходились в разбежку, а не в одну линию, параллельную оси вала; кроме того, надо:
- 3) обращать внимание на качество отжимных пружин, которые могут ослабевать под влиянием температуры, и сегмент сойдет с места.

## 11. Закрывание турбины

Прежде всего перед закрыванием турбины следует правильно подвесить крышки.

Крышку подвешивают, как указано на фиг. 109. Тросы, на ко-



Фиг. 109. Подъем крышки.

Торых подвешена крышка, должны быть натянуты равномерно. Для этого после подъема крышки на 10—15 см от пола ударяют, как было выше указано, по тросам свинцовым молотом и по звуку вибрирующего троса определяют степень натяжения. Звук при ударе должен быть одинаков для всех ветвей троса. При подвеске следует пользоваться кольцевыми стропами, укрепляя их на крюке так, как указано на фиг. 30.

Подвешивание крышки должно быть произведено так, чтобы сохранилась параллельность плоскостей разреза цилиндра. Поскольку поверхность разреза нижней части цилиндра установлена по ватерпасу, то подвешивание крышки должно быть произведено также с установкой по ватерпасу нижней плоскости. Для этого удобнее всего пользоваться ватерпасом, показанным на фиг. 5 (п. 48). Когда крышка подвешена правильно, ее следует оставить в таком состоянии 10—15 минут, после чего снова проверить нижнюю плоскость по ватерпасу в двух взаимно-перпендикулярных направлениях, так как возможно изменение положения нижней поверхности под влиянием неравномерного растяжения тросов. За этот период времени необходимо приготовить нижнюю часть цилиндра к накрыванию крышки. В 2-х, а иногда в 4-х отверстиях для болтов устанавлива-

ются направляющие, по которым опускается крышка цилиндра, чтобы избежать задевания крышкой лопаточных венцов, а также перекоса при накрывании.

Применяют два типа направляющих. На фиг. 110 показана конструкция направляющих со скользящим цилиндром. Наружный диаметр цилиндра равен диаметру болтовой дыры в крышке. При опускании направляющие смазываются цилиндрическим маслом. Цилиндр во все время опускания находится в канале болтового отверстия крышки, его поворачивают от руки, чтобы убедиться, что он не зажат и крышка идет правильно по нужному направлению.

Другая конструкция направляющих показана на фиг. 111. Это обыкновенные цилиндрические направляющие, диаметр которых равен диаметру болтовых каналов в крышке минус 1 мм.

Таковыми направляющими надо пользоваться с большой осторожностью, так как ничтожный перекос крышки может повести к заеданию на направляющих.

Перекос и заедание следует всячески предупреждать, избегая малейшего риска при опускании крышки, так как заедание может повести к большим работам, связанным с подклиниванием крышек, опасностью порчи лопаточного аппарата, спиливанию направляющих и т. д.

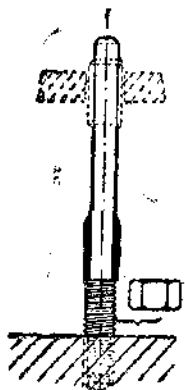
После установки последних (в некоторых случаях они служат одновременно болтами) подводят крышку и устанавливают кран под нижней частью цилиндра. Затем через отверстия для болтов в крышке, приходящихся над направляющими, вешают отвесы и устанавливают крышку так, чтобы отвесы приходились над направляющими. Затем отдельными плавными толчками начинают опускать крышку до того момента, когда цилиндр пойдет в нужном направлении. Все время необходимо проверять, достаточно ли свободно идет крышка, покачивая ее от руки. При малейшем заедании или несвободной игре следует опускание приостановить, поднять крышку выше, определив причину заедания.



Фиг. 111.  
Направляющие.

Не доводя крышку на 100—150 мм до нижней поверхности цилиндра опускание нужно остановить и проверить состояние обеих поверхностей соприкосновения.

Нижнюю поверхность смазывают смесью графита с вареным маслом и белилами (консистенции не гуще обыкновенной сметаны). Слой должен быть примерно 3—4 мм. Накладывать смазку лучше всего прямо рукой, наблюдая, чтобы слой был совершенно равномерным и не допуская несмазанных мест, которые в дальнейшем могут послужить причиной пропаривания. Иногда для этой цели применяются



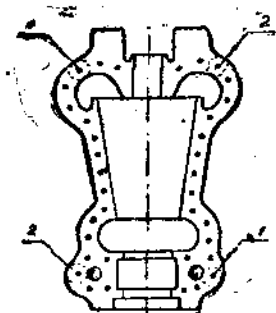
Фиг. 110. Направляющие с муфтой.

специальные мази, особенно для турбин высокого давления (напр., мазь из 3 весовых частей магнезита и 1 весовой части графита, разбавленной до консистенции сметаны вареным льняным маслом). Но, как показал опыт, простая графитная смазка вполне удовлетворяет своему назначению.

После смазки начинают опускание, следя за тем, чтобы не повредить резьбы на болтах. При окончании операции необходимо, чтобы соприкосновение крышки наступило одновременно по всей поверхности, для этого штангенциркулем проверяют расстояние в разных точках между плоскостями верхней и нижней крышки; после этого можно продолжать опускание, убедившись лишь, что расстояние во всех точках одинаково.

Опустив крышку, начинают затяжку болтов, сняв предварительно тросы. Болты затягивают накрест, как показано на фиг. 112, в таком порядке: 1,1, затем 2,2, и т. д. Вначале затяжку производят от руки, а затем ударами по рычагу ключа свинцовым молотом. После этого можно начать закрывать крышки подшипников.

Зазор вкладышей должен быть равен  $0,02 d$  либо согласно следующей таблицы<sup>1</sup>.



Фиг. 112. Затяжка болтов.

| Диаметр цапф (мм) | Величина зазора (мм) |              |
|-------------------|----------------------|--------------|
|                   | Минимальная          | Максимальная |
| 90                | 0,25                 | 0,33         |
| 100               | 0,25                 | 0,34         |
| 115               | 0,25                 | 0,35         |
| 125               | 0,25                 | 0,35         |
| 150               | 0,38                 | 0,49         |
| 175               | 0,38                 | 0,50         |
| 200               | 0,51                 | 0,63         |
| 225               | 0,51                 | 0,63         |
| 255               | 0,51                 | 0,64         |
| 305               | 0,76                 | 0,91         |
| 355               | 0,76                 | 0,92         |
| 400               | 0,76                 | 0,93         |

Если зазор мал, то в стык кладут прокладку из медной или латунной фольги, в противном случае приходится подшабривать стыковую часть вкладыша. Этот зазор разными заводами дается разной величины и потому следует всегда получить точные указания от завода.

<sup>1</sup> Данные для турбин Ленинградского металлического завода.

После закрывания и сборки вкладышей приступают к закрыванию подшипников. Чтобы масло, находящееся в коробке под давлением, не вытекало из-под крышки, обычно прокладывают тонкий асбестовый шнур диаметром 2—3 мм, обматывая его вокруг ботлов. При закрывании надо обратить внимание на установку масляных щитков на вкладыше.

Зазор между валом и гребнем масляного щитка делают в 0,4—0,7 мм. Если этот зазор меньше, то следует шабером снять гребень щитка до нужного размера.

## 12. Сборка масляных насосов

Масляный насос представляет собой одну из самых ответственных деталей паровой турбины, так как помимо смазки подшипников подает масло к регулирующим устройствам.

Масляный насос обычно собирается отдельно от турбины затем уже в собранном виде вставляется или прибалчивается к корпусу переднего подшипника. Привод насоса происходит при помощи червячной передачи от главного вала.

Необходимо тщательно проверить игру между зубьями, которая должна быть в пределах 0,35—0,40 мм. Малый зазор может повести к заеданию в гнезде и указывает либо на неправильную фрезовку зубьев, либо на неправильную расточку гнезд в корпусе. Необходимо тщательно осматривать обратный клапан насоса, так как неисправность захлопки ведет к отказу насоса при пуске. Для проверки захлопки рекомендуется ее обстучать молотком и повторить это же при пуске.

Торцевой зазор между зубчатками насоса и его корпусом должен быть 0,15 мм. Регулировать зазор можно прокладками под торцевые крышки насоса.

Оси валов регулятора и насоса должны быть расположены на одной прямой (системы ЛМЗ и ВВС), в противном случае могут начаться вибрации и срабатывание втулок. Поэтому при сборке следует проверить правильность установки вала насоса помимо проверки, произведенной на заводе.

Кроме главного масляного насоса зубчатого типа, при пуске, циркуляция масла достигается вспомогательным масляным насосом. При монтаже таких насосов надо иметь в виду, что их уязвимые места это сальники и направляющие втулки вертикального валика между паровой и масляной полостями. При нагреве и неосторожном пуске эти втулки зажимают вал, а так как насосы обычно работают с числом оборотов 3000—5000, то эффект такого заедания ясен. До установки масляного турбонасоса на место надо проверить диск турбины и особенно тщательно осмотреть замок и замковые лопатки, так как турбинка работает при весьма неблагоприятных условиях с резкой переменной температуры пара, а следовательно и резкими изменениями расширения частей турбины.

В насосах, устанавливаемых при турбинах ЛМЗ, есть еще одно место, которое нуждается в тщательной пригонке — это верхняя

направляющая буска в крышке турбинки. Эта буска работает с паровой смазкой, которая весьма проблематична. Можно рекомендовать устанавливать в торце вала на крышке насоса маслянки Штауфера или простую стеклянную фитильную, чтобы эта часть также имела смазку, так как в практике бывало много случаев заедания этой буски. Необходимо между валом и буской дать зазор 0,1 мм.

### 13. Сборка регулятора

Регулирующие устройства собираются по чертежам завода. При этой работе необходима крайняя тщательность и точная пригонка.

Особенно это касается регулирований, имеющих большое количество рычажных и штанговых составляющих механизма, как, напр., первые модели ЛМЗ типа АЕГ (фиг. 113) и МАН (фиг. 114). Что касается регулирующих устройств ВЕС, то основная часть его обычно собрана уже на заводе и перед установкой нуждается в промывке и проверке. Во всех случаях при сборке штанг следует весьма тщательно пригонять шарнирные соединения, так как ничтожные зазоры и неточности ведут к нечувствительности регулятора и к отставанию при регулировании.

Полная окончательная наладка регулятора может быть произведена только после пуска турбины, хотя регулятор можно привести в действие отдельным мотором, сняв червячную шестерню привода от главного вала.

Натяжение пружин регулятора уже при пуске турбины.

Обычно начало работы регулятора для турбины с числом оборотов 3000 наступает при числе оборотов 2750 в минуту. Если регулятор начинает работать при меньшем числе оборотов, необходимо натянуть туже пружины; если же он начинает работать при большем числе оборотов, необходимо натяжение ослабить.

Вся работа по установке регулятора несложная, не связана с большой потерей времени, пуском и остановкой турбины.

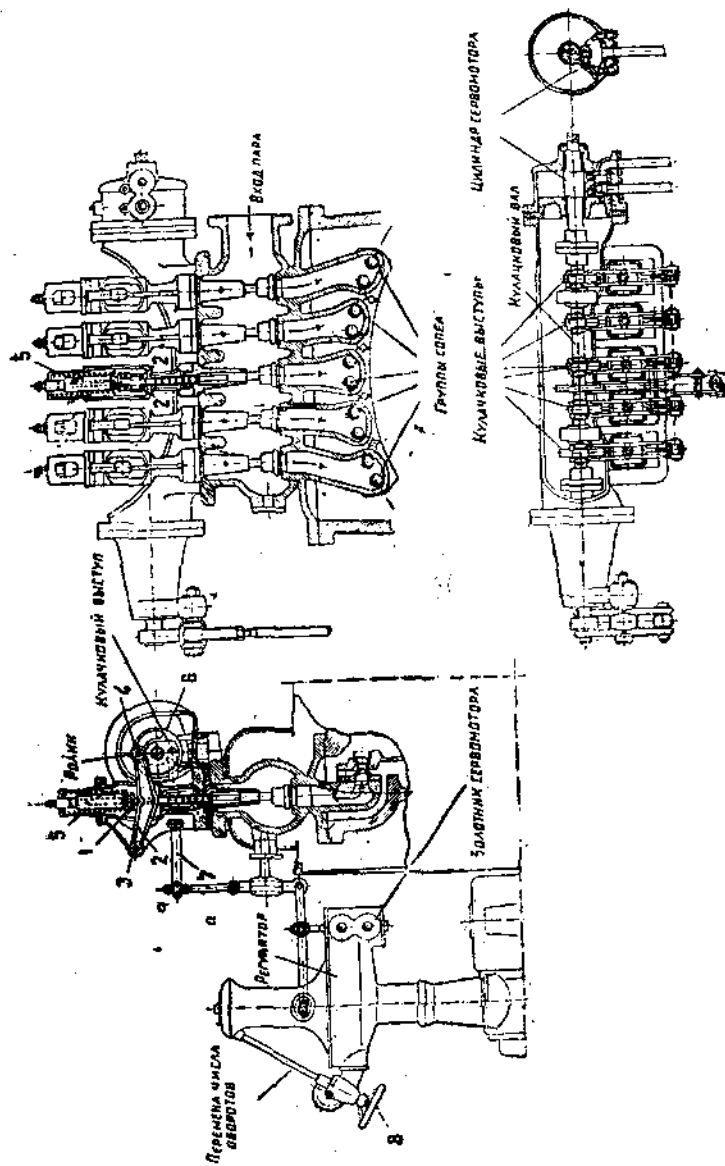
Для правильной работы необходимо, чтобы натяжение обеих пружин было совершенно одинаково.

Пальцы всех сочленений регулятора должны быть зацементированы либо сделаны из твердой стали, так как в противном случае сдвиги регуляторной муфты при срабатывании пальцев не будут отражаться на работе клапанов.

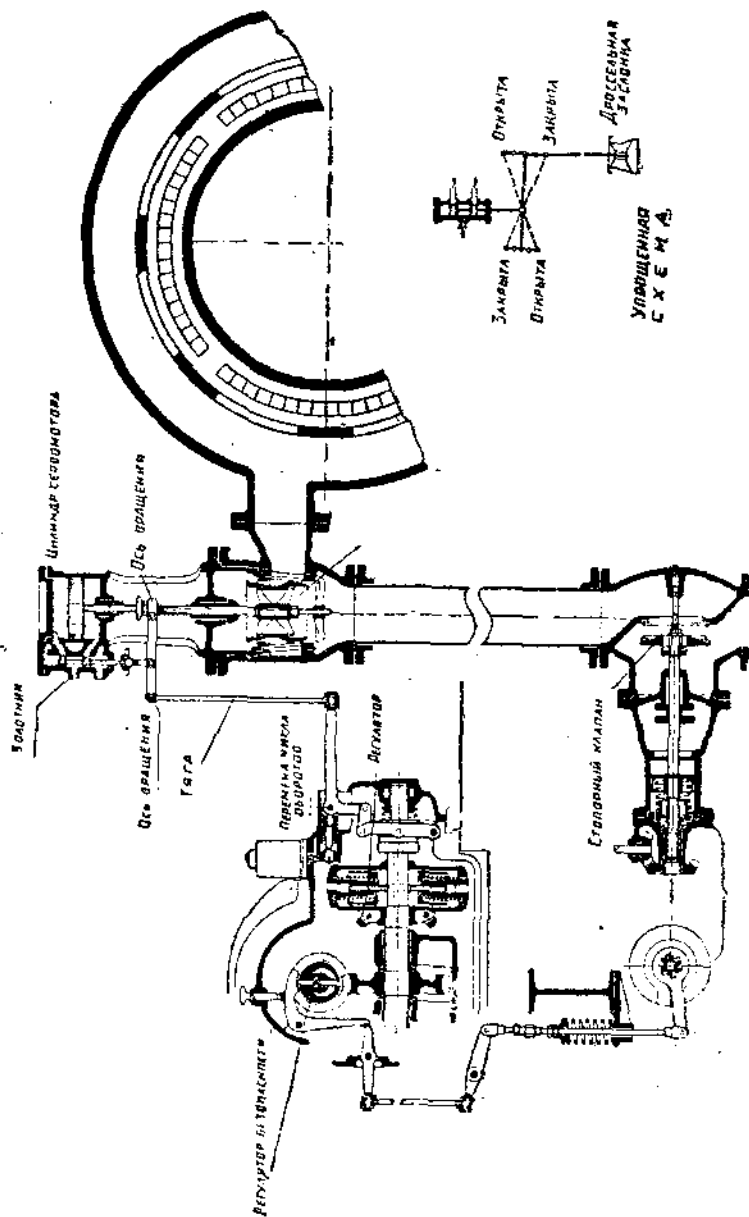
В регуляторах типа ЛМЗ—ВМ внутренняя поверхность колпачка регулятора не обрабатывается.

Зачастую может иметь место эксцентричная формовка.

Грузы регулятора при известном числе оборотов могут задевать за внутреннюю поверхность колпачка и дадут в работе толчки регулятору, которые отразятся на числе оборотов турбины. Поэтому внутреннюю поверхность необходимо осмотреть и иметь это в виду при пуске, так как на заводе задевание может и не иметь места, если число оборотов не переводилось через 3000 и не было пробы скорозапорного автомата.



Фиг. 113. Регулирование АЕГ.)



Фиг. 114. Регулирование МАН.

Большое внимание следует уделить проверке золотника сервомотора. Пропуск масла в золотниковой втулке может быть либо вследствие плохой ее пригонки, либо вследствие несовпадения поршней золотника с окнами втулки (для турбин ЛМЗ типа МВ и типа АЕГ). Пропуск масла поршнем дроссельного клапана может быть следствием плохой пригонки либо зазубрин и раковин на кромке золотникового поршня.

В первом случае регулятор будет совершенно нечувствителен, во втором случае клапана пускают пар в турбину толчками и получают качания. В некоторых случаях, особенно в системах ЛМЗ типа АЕГ на правильную работу регулирования оказывает влияние вес золотника и, конечно, правильный подбор улитки на распределительном валу.

Следует самым тщательным образом относиться к сборке червячной передачи между главным валом турбины и валом регулятора.

Плоскость, проходящая через середину колеса перпендикулярно его оси, должна пройти по оси главного вала.

Зазор между зубом червяка и колеса не должен превышать размеров, указанных заводами. Обычно это 0,3—0,4 мм. Если оказывается, что пригонка на заводе не была достаточно тщательной, то следует осторожно притянуть червяк и колесо на ходу турбины. Излишняя свобода зубьев вызывает стук в передаче. Малый зазор ведет к быстрому изнашиванию и одностороннему срабатыванию червячного колеса. Поэтому перед установкой следует тщательными промерами проверить шат червячного колеса и червяка, проверить зазор между зубьями и правильность насадки червяка на главный вал, а червячного колеса на вал регулятора. Надо помнить, что неправильная работа этой передачи есть одна из причин дрожания и вибраций машины.

Если при первой пробе после сборки будет замечен какой-либо дефект в работе передачи, следует разобрать передачу и, еще раз проверив, произвести сборку заново.

Иногда при мягкой бронзе червячного колеса срабатывание довольно интенсивно, поэтому бронза применяется твердости 80 по Бринеллю. Конструкции этих передач ясны из фиг. 115 (системы ЛМЗ — МВ), и фиг. 116 (ВЕС).

#### 14. Сборка регулятора безопасности

От правильной работы регулятора безопасности зависит целостность турбины и жизнь обслуживающего персонала, поэтому дефекты сборки недопустимы. Пригонка и работа регулятора должны быть безупречны.

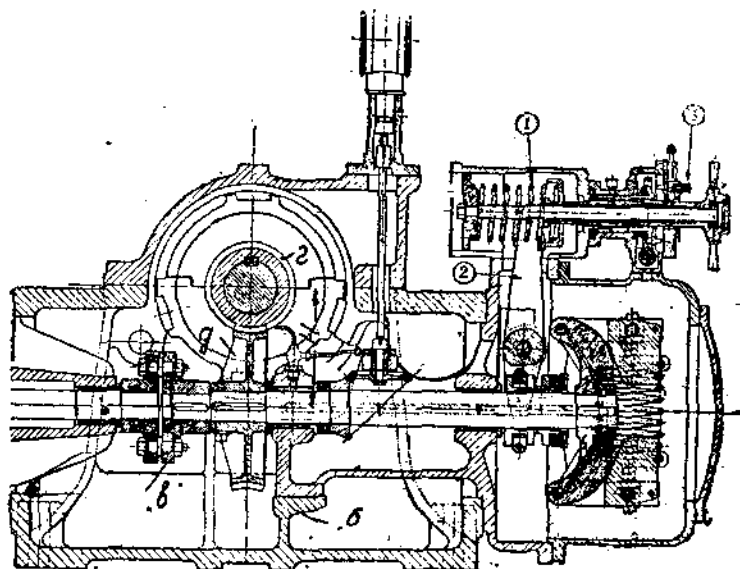
Почти все современные системы этих регуляторов сводятся к центробежному пружинному бойку в главном валу турбины.

Следует прежде всего проверить тщательность пригонки бойка и убедиться, что не может быть никакого заедания в работе.

Следует проверить, не велик ли зазор между бойком и останавливающим пальцем (обычно этот зазор около 0,6 мм). При меньшем

зазоре возможно преждевременное действие автомата при числе оборотов немногим выше нормального, что, конечно, нежелательно.

Весьма тщательно должен быть пригнан палец рычага расцепления главного клапана к вырезу. Особенно это относится к турбинам ЛМЗ типа АЕГ. При большом вырезе палец не будет выбит и автомат не подействует. При малом вырезе дрожание турбины может послужить причиной отстопыривания и захлопывания клапана.



Фиг. 115. Передача к регулятору ЛМЗ—МВ.

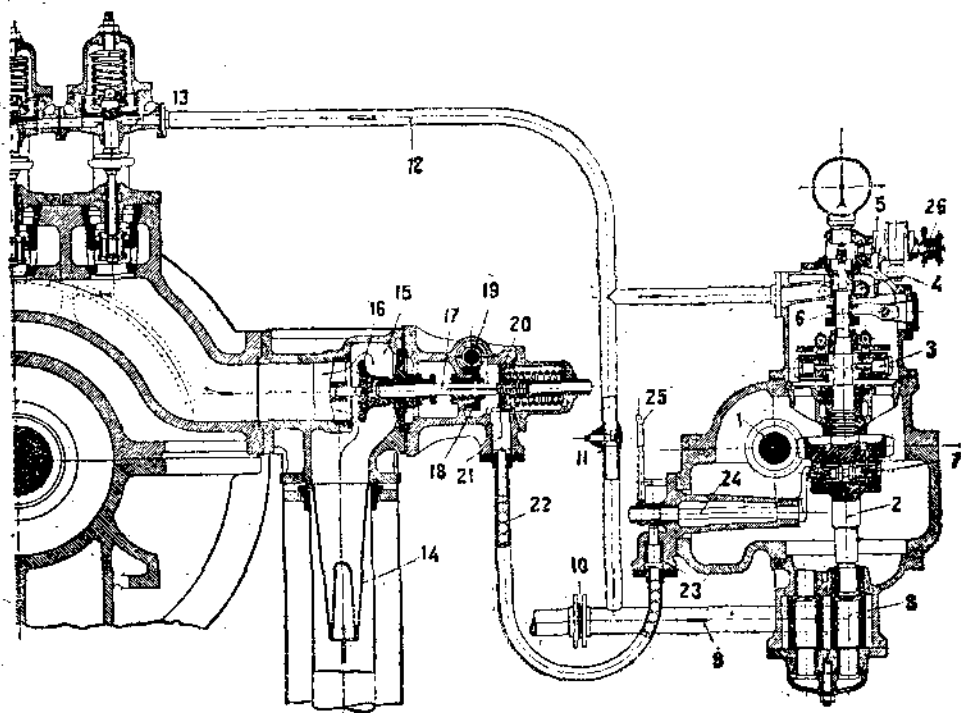
Не приходится, конечно, говорить, что штоки главных вентиля должны быть свободны от заедания и тщательно проверены. Между штоком и втулкой клапана желателен зазор в 0,3 мм на диаметр. Иногда зазор доводят 0,5 мм на диаметр. Несмотря на это, при расширении от нагревания возможны заедания. Мэру зазора приходится находить из практики эксплуатации, поэтому вначале зазор делают указанных выше размеров, а затем уже, если наблюдается заедание при отстопыривании автомата вручную, его увеличивают.

Необходимо проверить правильность пригонки тарелки стопорного клапана к седлу.

Зачастую при плохом отжиге возможно коробление тарелки и тогда клапана не держат. Исправить этот дефект на месте трудно, так как клапан получает эллиптическую форму. В этом случае следует выпилить новую тарелку с завода.

В регулировании типа ВВС следует тщательно пригонять шаровую передающую трубу между собачкой бойка на валу и стопорным клапаном. Изгибание этой трубы не допускается, так как может вызвать

закрывающие шариков в трубе. Для этого при установке клапанных коробок по сторонам турбины пользуются штихмасами, получаемыми с завода для установки их (см. фиг. 117) по размерам шариковых труб и подводящих паропроводов.



Фиг. 116. Регулирующее устройство ВВС.

Установка регулирующих устройств производится по одному из следующих моментов:

- а. Работа на холостом ходу.
- б. Пуск в ход.
- в. Перегрузка.

Обычно установку регулирования производят по холостому ходу.

Для турбин ЛМЗ—МВ установка производится следующим образом (см. фиг. 118).

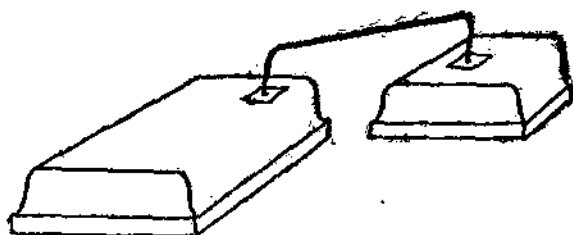
Пружины регулятора снимаются и муфта искусственным путем отводится на  $\frac{3}{4}$  ее хода в направлении, соответствующем расхождению грузов регулятора (турбина, конечно, не работает). При закрытом дроссельном клапане золотник устанавливается в среднем положении.

Среднему положению золотника соответствует совпадение кромки золотника с торцом бусы. Установка производится путем винтовой стяжки на штанге между регулятором и золотником, а для турбин

ЛМЗ—АЕГ—стяжкой между золотником и рычагом улитки на распределительном валу (см. а фиг. 113).

В турбинах ВВС установка регулирования зависит исключительно от натяжения клапанных пружин. Натяжение обычно задано заводом и определяется высотой выступающей оконечности винта. Высоты, заданные заводом, должны быть строго выдержаны при монтажной установке.

Регулировка перегрузочного клапана может быть



Фиг. 117. Штвмас для установки клапанных коробок.

произведена только на месте при перегрузке турбины и предварительная его установка всегда приближительна.

Предварительная регулировка основана на полном подъеме всех клапанов при полной мощности турбины с соответствующим учетом начала подъема перегрузочного клапана.

Скорозапорный автомат устанавливается путем нескольких проб на ходу турбины при ее пуске, о чем речь будет впереди.

### 15. Сборка клапанов и клапанного механизма

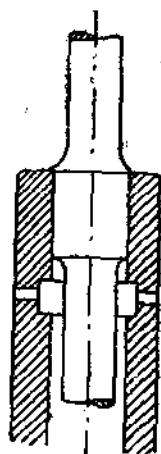
При сборке клапанов следует обращать внимание на точность пригонки тарелок и рюмок клапанов к седлу. Для этого необходимо клапаны притереть. Притирку можно произвести на масле, применяя самый мелкий номер наждака.

Штоки клапанов пригоняются ко втулкам с зазором в 0,3 мм на диаметр. Этот зазор может быть увеличен только тогда, когда при работе турбины обнаружится, что клапана заедают.

Штоки перед сборкой необходимо проверить, так как зачастую погнутий шток может служить причиной заедания.

Серьезное внимание следует обратить на правильность прилегания роликов клапанных рычагов к кулакам и проверить натяжение пружин, так как это служит причиной «качаний» регулятора в системе ЛМЗ—АЕГ. То же следует заметить относительно улитки этой системы. Ролик рычага должен быть насажен на палец с зазором в 0,3—0,4 мм на диаметр, в противном случае ролик засадет и режет поверхность улитки, расстраивая установку регулятора.

Клапана устройства ВВС, не имея рычажных приводов, тем не менее склонны к заеданию не только во втулках, но и в самых порш-



Фиг. 118. Золотник регулятора ЛМЗ.

нях масляных камер. Зазор между стенкой камеры и поршнем весьма мал — около 0,2 мм на диаметр, и в случае загромождения масла или попадания шлама при работе может заедать. Поэтому перед сборкой необходимо поршни клапанов проверить, установить зазор и затем уже заняться установкой и натяжкой пружин.

Набивка сальников стопорных клапанов представляет довольно кропотливую, требующую большой аккуратности работу.

Для этой цели употребляют обычно графито-асбестовые шнур, заплетенные в жгуты, имеющие в сечении форму квадрата, либо пеньковые такой же формы. Как те, так и другие по толщине должны соответствовать размерам цилиндрической полости между штоком клапана и буксой. Обычно набивку смазывают цилиндрическим маслом, выдерживающим высокие температуры пара, и зажимают нажимной втулкой. Когда набивка хорошо сжата, необходимо добавить еще столько, чтобы нажимная втулка, будучи подтянута, входила в буксу на 20—40 мм.

До пуска турбины необходимо заготовить запасные жгуты.

Отдельные кольца набивки надо соединять при помощи косого среза и стыки их ставить в разбежку, чтобы создать большую гарантию против просачивания пара через сальник по штоку.

## 16. Установка масляного бака

Обычно масляный бак, на крышку которого устанавливается вспомогательный масляный турбонасос, находится во впадине или проеме фундаментной плиты (ВБС) либо установлен на крошечных под передней частью турбины на одной из колонн фундамента.

При установке бака нужно следить, чтобы бак внутри был абсолютно чистым, для чего его следует предварительно промыть бензином.

Сетчатые фильтры также следует основательно промыть бензином, осмотреть обратные клапаны насосов главного масляного и вспомогательного перед его установкой, и удалить все признаки грязи, песка, окислины.

При сборке следует убедиться, что указатель уровня масла не заедает во втулке (можно рекомендовать добавочно к указателю уровня устанавливать на баке стеклянный указатель в виде водомерной трубки для контроля правильности работы поплавкового указателя). Закрывать крышку бака следует на картонной прокладке, плотно затягивая болты и закрывая аккуратно все отверстия в крышке, так как в работе при перегреве масла оно пенится и, вытекая из бака, льется вниз, создавая грязь, пачкая полы и стены.

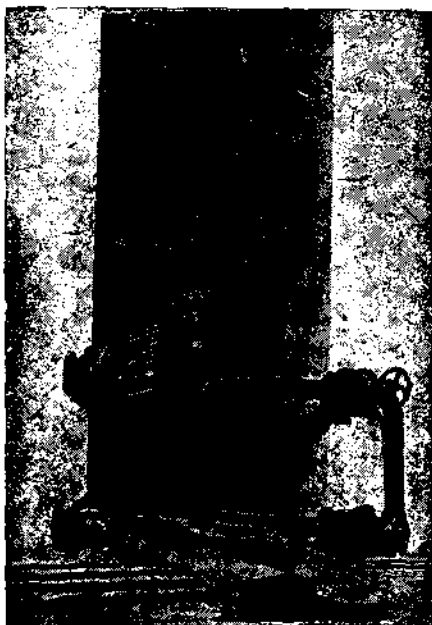
После установки на крышке масляного насоса надо проверить стоящий на той же крышке масляный дроссельный клапан и паровой дроссельный клапан, идущие от вспомогательного масляного насоса.

Лучше всего эти клапаны перед установкой разобрать, притереть и затем уже ставить, чтобы не пришлось потом задерживаться с этими работами во время пуска турбины.

## 17. Сборка системы охлаждения генератора

Могут быть две системы воздухоохладителей для генераторов: гладкотрубные и с ребристыми трубками. По методу установки холодильник может быть расположен вертикально и горизонтально. Последний случай показан на фиг. 119, где изображена установка холодильника при генераторе завода «Электросила».

Самая установка холодильников проста и проводится по чертежам завода, но следует заметить несколько важных моментов при сборке.



Фиг. 119. Воздухоохлаждение ЛМЗ.

Перед установкой холодильников, заглушив фланцы, необходимо испытать холодильники водяным давлением до 1 атм по манометру, устранив все самые пыточные течи, так как проникновение воды в камеру циркуляции, увлажняя циркулирующий воздух, вызовет при работе генератора всасывание влаги в каналы статора, что во всех случаях вредно для генератора.

Кроме того, необходимо со всей тщательностью следить за тем, чтобы щели, места примыкания холодильника к фундаментам и проходы водяных подводящих и сливных труб были уплотнены и таким образом камера циркуляции полностью отделена от наружного пространства. Для этого уплотнения следует применять белый технический войлок толщиной 5—10 мм.

Внутренность камер необходимо тщательно окрасить за два раза с предварительной грунтовкой и шпательной стес фундамента.

Краску необходимо применять лучшую масляную, хорошо растертую. После окраски и просушки при открытых дверях и люках необходимо камеру промыть и тщательно удалить песок, остатки краски, пыль и т. д. После этого, просушив камеры, их надо закрыть не допуская открывания до момента пуска машины.

В воздушных каналах обычно располагают выводные шины генератора, монтаж которых, конечно, должен быть закончен до окраски и монтажа воздухоохладителя, причем следует обращать внимание, чтобы проходные изоляторы были тщательно установлены с промазкой гипсом проходов через стену.

Шины в каналах следует окрасить масляной либо эмалевой краской и проверить после монтажа крепление шин, удалив все признаки пыли и песка.

Необходимо помнить, чтобы на подводных и сливных трубах были вварены гнезда для термометров, для контроля охладителя в работе.

В некоторых системах охлаждения генератора, например ВВС, при вертикальном охладителе необходимо наивысшую точку охладителя соединить трубкой диаметром в  $\frac{1}{4}$  дюйма с пространством разрежения конденсатора, поставив на этой трубке кран. Назначение такой трубки — отсасывать скопляющийся воздух верхней части охладителя, стоящего иногда выше конденсатора для создания сифона.

## VI. МОНТАЖ И УСТАНОВКА ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

### 1. Установка циркуляционных и конденсатных насосов

К такого рода вспомогательному оборудованию нужно прежде всего отнести циркуляционные и конденсатные насосы.

Фундаменты для насосов и болтовые колодцы в них должны быть заготовлены заранее по заводскому установочному чертежу. Монтажная работа будет заключаться в очистке фундамента и колодцев и установке фундаментной плиты.

Установка плиты обычно производится на подкладках из двутавровых балок либо свинченных вместе швеллеров, как указано на фиг. 59 при установке ступа.

Надо следить, чтобы не получалось изгиба плиты; поэтому при снятых насосах следует тщательно проверить по уровню горизонтальность плиты, пользуясь строганными поверхностями, предназначенными для установки насосов на плите. После установки насосов и моторов и проверки горизонтальности валов следует произвести центровку по муфтам, как было указано выше для простых дисковых муфт, пользуясь для этого линейкой и щупом. В случае кулачных муфт, помимо центровки, следует проверить правильность крепления кулаков.

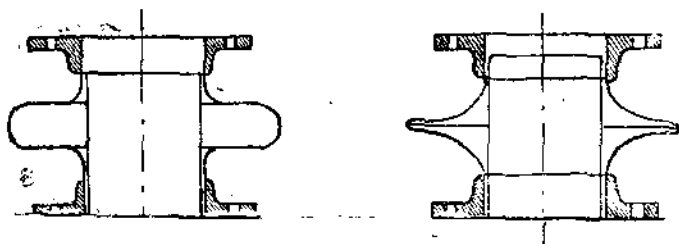
Разбег (зазор) между дисками муфты должен быть от 3 до 4 мм и лишь для крупных агрегатов может доходить до 6 мм.

Несколько сложнее установка в случае крупных насосных агрегатов, когда моторы либо приводные турбины находятся на отдельном фундаменте; тогда следует особое внимание уделить тщательной центровке.

При соединении крупных насосных агрегатов с жесткими трубопроводами больших диаметров в 500 — 1000 мм между насосом и трубопроводом вставляется компенсатор, назначение которого дать возможность затянуть фланцевые соединения, не создавая вредных напряжений в корпусе насоса и трубопроводе. Пример конструкции компенсатора показан на фиг. 120.

Конечно, во время монтажа вспомогательных агрегатов следует строго следить, чтобы отдельные части были чисты и свободны от грязи, пыли и песка.

Крышечные болты насосов должны быть туго затянуты, чтобы крышки плотно сидели на корпусном фланце.



Фиг. 120. Компенсаторы.

Рационально при установке насосов придерживаться нижеследующего:

*Если имеется фундаментная плита:*

Прежде чем установить плиту, надо залить болты в болтовых колодцах; затем рихтовать плиту и затягивать болты. Если же мотор и насос доставлены смонтированными на плите, то при установке надо обращать внимание на «контроли», которыми дана установка машины на заводе.

*Если фундаментной плиты нет:*

Мотор и насос ставят на прокладки, как было указано выше, и рихтуют, затем заливают фундаментные болты и лишь после того как бетон схватился и болты сидят плотно в колодцах, производит окончательную рихтовку и затяжку болтов. После этого необходимо снова проверить центровку по муфтам. Обычно на напорной трубе насосов ставят задвижку, причем цилиндр ее надо ставить в таком направлении, которое допускает удобное обслуживание и не стесняет прохода.

Сальники насосов (штофбуксы) обычно набивают пеньковым шнуром, проваренным в говяжьем сале или бескислотном масле. Эту набивку туго зажимают буксой сальника, но не сильно, так как иначе возникает ненужное трение и нагрев вала в местах прохода его через сальник. Возможны даже заедания и изнашивания вала в этих местах. Масляные камеры концевых подшипников надо тщательно осмотреть, убедиться, что кольца при кольцевой смазке свободно вращаются, а затем промыть камеры керосином и маслом.

При циркуляционных насосах заливку таковых водой можно вести паровым или водяным эжектором либо специальным эвакуационным насосом. В некоторых случаях применяют еще обратные клапаны. Монтаж этих частей установки не представляет никаких трудностей и должен быть выполнен строго по заводским чертежам, так как отклонения в высотах и месте расположения

могут повести к неправильной работе, снижению производительности и т. п.

Эвакуационные насосы ротационного типа не следует разбирать, не имея специальных инструкций завода, так как зеркальные поверхности рабочего цилиндра могут быть случайно повреждены и насос приведен в негодность. Поэтому такие насосы, которые, кстати, малы по своим размерам, ставят прямо на фундамент по ватерпасу, тем более, что они приходят на место монтажа в собранном виде.

## 2. Установка паровых эжекторов и водоструйных аппаратов

Кроме насосов, к вспомогательным механизмам следует отнести паровые эжекторы и водоструйные аппараты, служащие для отсасывания воздуха из конденсаторов турбин.

Установка паровых эжекторов не представляет никаких трудностей. Эжекторы должны быть установлены по чертежам завода.

Перед установкой следует, сняв верхнюю крышку эжектора, налить воду в паровое пространство, закрыв предварительно фланцы водяных полостей для того, чтобы проверить плотность сальников холодильника и целостность труб.

Основная часть эжекторов — это паровые сопла. Перед установкой их следует обязательно разобрать и очистить, так как попадание грязи и окалины прекратит работу эжектора. Если эжекторы рассчитаны на определенное давление, то превышение этого давления вообще вредно отражается на работе эжектора. Для того, чтобы гарантировать постоянство давления, перед вентилями эжекторов нужно ставить диафрагму между двумя фланцами напоропроводящих труб, рассчитанную на соответствующее давление и расход пара.

Основной вопрос правильной работы эжекторов — это всегда их охлаждение, поэтому трубы, подводящие воду, должны быть тщательно просмотрены и поставлены строго по чертежу, так как изменения всегда могут вредно отразиться на правильном подводе воды.

Водоструйные аппараты, применяемые обыкновенно при турбинах ВВС, можно устанавливать, не разбирая их. Обычно они устанавливаются прямо на болтах, вделанных в одну из колод фундамента турбины.

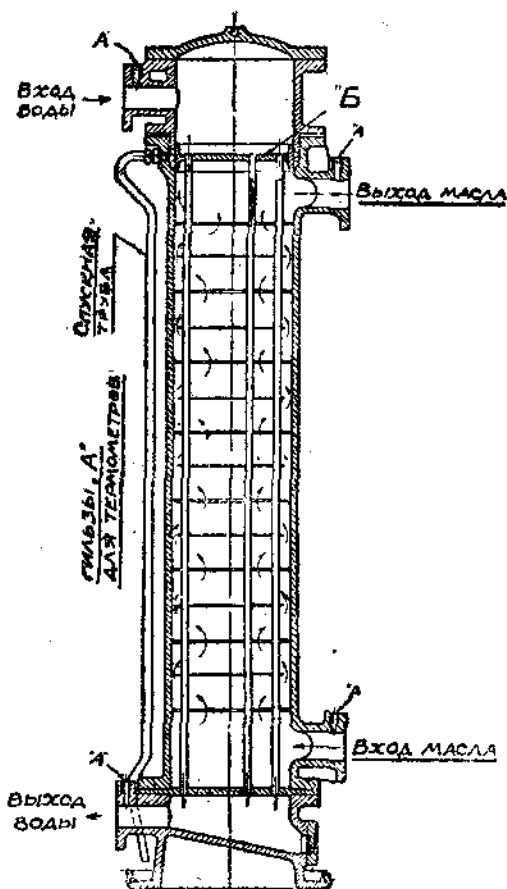
Для этого делают шаблон, при помощи которого устанавливаются расстояния между болтами в соответствии с отверстиями во фланце кронштейна струйного аппарата, на котором он подвешен.

## 3. Установка маслоохладителей

При установке маслоохладителей прежде всего следует проверить плотность сальников и трубок маслоохладителя. Особенно это важно в турбинах ЛМЗ типа АЕГ и в турбинах АЕГ, где масло имеет давление меньше, чем поступающая в холодильник вода, отчего вода может проникнуть в масляную систему, вызывая образование

эмульсии, что может повести к сухому трению подшипников, износу шеек валов и расплавлению вкладышей. Для этого следует поступать так же, как и при проверке паровых эжекторов. При снятых крышках налить одну из полостей водой и дать давление до 1 атм, проверив плотность сальников и целостность труб.

Кроме того, следует тщательно уложить прокладки между нижней



Фиг. 121. Маслоохладитель ЛМЗ—ЛМВ.

и верхней водяными камерами холодильника и трубной решеткой, так как эти соединения являются местом проникновения воды в масло (см. а, фиг. 121).

Прокладки изготовляются либо из кожи, либо из картона и ставятся на шельлаке или зеленом мыле, которые не растворяются в масле.

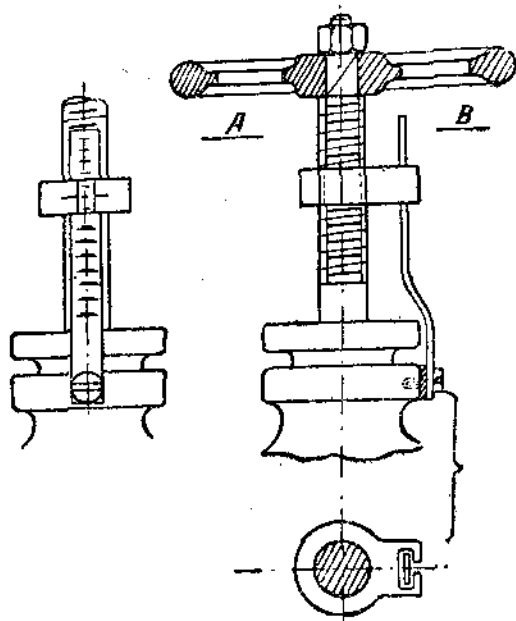
При установке термометров на всех входящих и отходящих патрубках маслоохладителей необходимо проверить, не попадает ли штуцер термометра в полость маслоохладителя, так как такое положение его дает неверное показание температуры в данной трубе. Поэтому лучше всего вварить отдельные штуцера на 250—300 мм от маслоохладителя, чтобы быть уверенным в правильных показаниях термометров.

Перед установкой следует разобрать, прочистить и пригнать все масляные и водяные задвижки, прилегающие к маслоохладителю, так как заедание

этих задвижек в работе машины может повести к очень тяжелым последствиям для агрегата.

Рекомендуется на шпинделях задвижек устанавливать указатель степени открытия задвижки, так как иногда обслуживающий персонал, забывая открыть водяную задвижку, ищет причину повышения температуры масла, не замечая, что подвод воды к холодильнику недостаточен. Схема такого указателя дана на фиг. 122.

Монтаж и установка испарительных и подогревательных устройств обычно в той или иной форме повторяет все правила установки аппаратов трубчатого типа (эжекторов и маслоохладителей) производится



Фиг. 122. Указатель открытия задвижки.

строго по чертежам завода-изготовителя, поэтому останавливаться на простых монтажных операциях для оборудования этого типа не приходится.

## **VII. ТРУБОПРОВОДНЫЕ РАБОТЫ И МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДОВ**

Монтаж трубопроводов может быть начат только с момента окончания монтажа всех основных частей турбинной установки (корпусов турбины, насосов, эжекторов и т. д.). Поэтому следует придерживаться такого порядка, при котором в первую очередь монтируются отдельные части турбоагрегата, имеющие концевые фланцы.

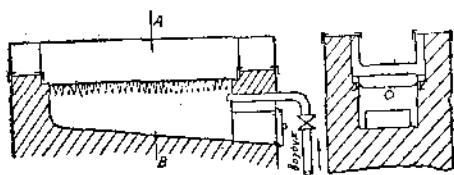
Трубопроводы, выполненные по установочным чертежам на заводе, обычно должны быть присланы на место работ с одним свободным фланцем для возможности пригонки такового во время монтажа. По установочным чертежам на заводе гнут трубы до диаметра в 100 мм. Трубопроводы же диаметром, меньшим 100 мм, должны быть изготовлены на месте путем гнутья и пригонки.

## 1. Гнутье труб

При гнутье труб необходимо применять определенные методы работы, так как в противном случае легко допустить смятие трубы в плоскости изгиба и выпучивание с боков, к чему все трубы при выгибании имеют большую склонность.

Рассмотрим несколько примеров изгибания труб по плавной дуге.

Не все материалы обладают свойствами, благоприятными для образования плавного изгиба. Так, например, жесткое железо и сталь после отжига имеют свойство выгибаться более последовательно, тогда как мягкое, хорошо отожженное железо, поддаваясь изгибу в одном месте, продолжает гнуться примерно в тех же точках, чем и создает благоприятные условия для образования неравномерного изгиба, а некоторого угла.



Фиг. 123. Горн для разогрева труб.

Отожженная красная медь, а отчасти и латунь, напротив, дает возможность легко получить плавный изгиб по дуге, начиная с того места, которое поддавалось усилению. Происходит это потому, что медь обладает свойством быстрее твердеть в месте деформации, чем на соседних участках.

Все толстостенные трубы большого и среднего диаметров, а газовые всех диаметров, за исключением особо крупных, перед началом гнутья нужно нагреть, причем сталь и железо необходимо доводить до оранжевого каления, а медь — до красного. В холодном состоянии можно проваживать только самые незначительные поправки.

Отжиг и нагрев труб производится на древесном или кузнечном угле, но не на коксе, так как содержащаяся в последнем сера, соединяясь с металлом, портит его.

Разметка мест изгиба производится мелом. Отметив по окружности нужное место изгиба, разогревают трубу на горне до красного каления, поворачивая ее для равномерности нагрева так, чтобы отмеченное место было равномерно накалиено со всех сторон, причем длина места накала вдоль трубы должна соответствовать меткам на трубе. Мел при этом виден на трубе в виде черного пояса на раскаленной поверхности. Так как раскалить трубу на обыкновенном горне на строго определенном участке трудно, то раскаляют трубу на большем участке и излишнюю нагретую часть охлаждают мокрой тряпкой.

Тип наиболее простого горна для разогрева труб дан на фиг. 123.

Нагрев трубу, ее быстро вынимают и закладывают в тиски (лучше трубопроводного типа, которые изображены на фиг. 124, или простые кузнечные). Трубу зажимают в раскаленной части, при том слабо, чтобы не смять ее по раскаленному месту. Зажимать нужно в горизонтальном положении. Затем за конец тянут по прямой линии вверх до образования нужного угла изгиба.

Другой способ заключается в зажимании в тиски не раскаленного участка, а смежной с ним холодной части, причем изгибание производится не в вертикальной, а в горизонтальной плоскости. Трубу гнут до момента появления складок на изгибе, указывающих на начало смятия, которого следует избегать. Затем быстро меняют в тисках место зажима, зажимая уже раскаленную часть, чтобы обжать образовавшиеся пучины для труб диаметром до 75 мм. Трубы крупных диаметров набивают сухим песком.

Песок, который насыпается в трубы, должен быть предварительно основательно высушен на сковородах.

Насыпание песка в трубы производится совком. При насыпании труба ставится вертикально или с крутым наклоном. Во все время насыпания песка по трубе следует постукивать лунне всего обрезками газовых труб в  $1\frac{3}{4}$ " длиной 400—450 мм. Оба конца трубы, конечно, закусоривают деревянными пробками. Все эти мероприятия направлены к тому, чтобы металл в трубе был набиты возможно плотнее, так как плотно набитая труба не дает складок и не будет сплюснута на изгибах.

Дальнейшая работа по изгибанию производится так, как было указано выше, т. е. производится разметка колен, нагрев на горне и изгибание.

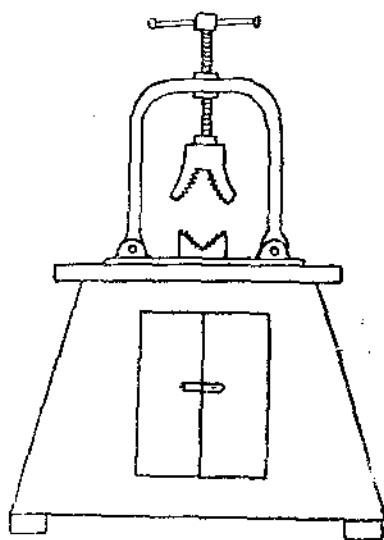
Существуют способы изгибания труб, — особенно медных, — путем наполнения их расплавленной ланифолью, которую затем выплавляют и выливают из трубы, но этот способ медленный и довольно дорогой.

Большое облегчение при изгибании может быть достигнуто применением шаблонов, изготовляемых из углового железа, закрепленного на

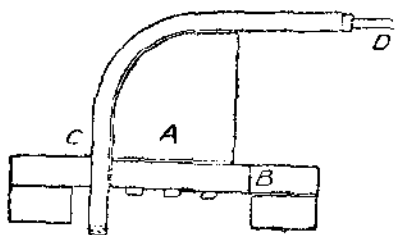
верстаке, либо роликового стапка, значительно экономящего мускульные усилия при гнутье.

На фиг. 125 приведен простейший тип стапка — шаблона для гнутья труб.

К столу В прикрепляется металлический шаблон А. В столе имеется отверстие для пропускания трубы С. В свободный конец трубы

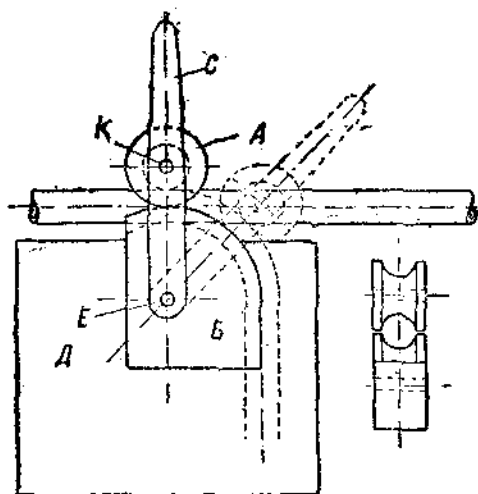


Фиг. 124. Трубные тиски.



Фиг. 125. Стапок для гнутья труб.

вставляют металлический стержень *D* для увеличения плеча рычага и гнут трубу после ее нагрева. Для труб различных диаметров должен быть подобран соответствующий шаблон.

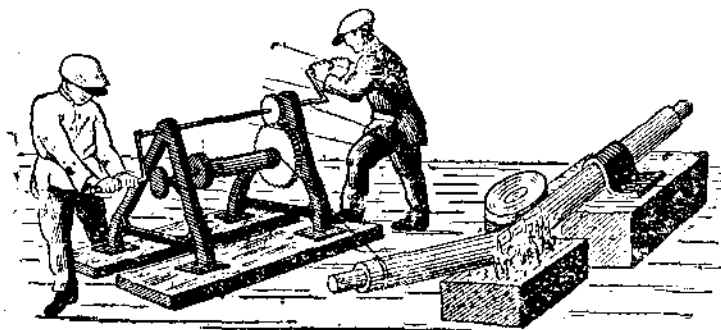


Фиг. 126. Станок для гнутья труб.

На фиг. 126 представлен более совершенный тип станка для гнутья. На столе *Д* укреплен шаблон *Б*, имеющий выемку по краю, соответствующую диаметру изгибаемой трубы.

В шаблоне *Б* имеется отверстие, через которое проходит ось *Е*, вокруг которой вращается рычаг *С*. На рычаге *С* имеется блок *А* с выемкой по размеру трубы, вращающийся на оси *К*. Труба закладывается в зазор между блоком *А* и направляющей *Б*. Поворачивая рычаг *С* в направлении, указанном пунктиром, загибают трубу.

Труба предварительно должна быть набита песком и нагрета. Трубы диаметром до 50 мм можно загибать при помощи описанного станка без набивки песком и нагрева.



Фиг. 127. Гнутье труб лебедкой.

На фиг. 127 приведен способ загибания труб большого диаметра с помощью лебедки. Необходимо помнить, что трубы диаметром до 2" легко загнуть в два нагрева трубы, от 2 до 4" — в 3—4 нагрева, трубы же от 4 до 12" необходимо нагревать непрерывно, поэтому под сгибаемым коленом следует устанавливать род малого горна.

## 2. Фасонные детали и фланцы

В большинстве случаев все фасонные детали изготавливаются на заводе и присылаются на монтаж в готовом виде; такими фасонными частями трубопроводов являются колена, тройники, крестовины и отводы. Во всех случаях для низких и средних давлений следует предпочитать железные трубопроводы, исключая паропроводов, которые обычно делаются стальными. Такие трубопроводы легко монтируются. «Пассовка» (пригонка) железных труб значительно легче. При железных трубах отпадает необходимость в специальных коленах, которые получаются прямо гнутьем.

Фасонные детали железных труб могут быть легко изготовлены на месте путем применения в широких пределах автогенной резки труб.

Фланцы могут быть изготовлены также на месте работы путем вырезывания автогенным способом из железных листов в 15—25—30—35 мм в зависимости от диаметра труб. После вырезывания фланцы обрабатываются на станке.

Насадка фланца происходит в такой последовательности: вначале конец трубы отжигается нагревом до вишнево-красного каления, затем опиливается драчевым напильником, после этого молотом на очищенный конец нагоняется фланец и выравнивается перпендикулярно оси трубы при помощи угольника, изображенного на фиг. 6, п. 105. Затем производят вальцовку трубы и отбортовку ручным молотком края, сглаживая таковой драчевым напильником.

Всегда следует обращать внимание на совпадение дыр во фланцах соединяемых труб; поэтому рекомендуется установить предварительно трубу на место, припасовать ее и прихватить в 3—4 точках стык трубы при помощи автогена и затем уже сняв трубу, заварить ее автогеном.

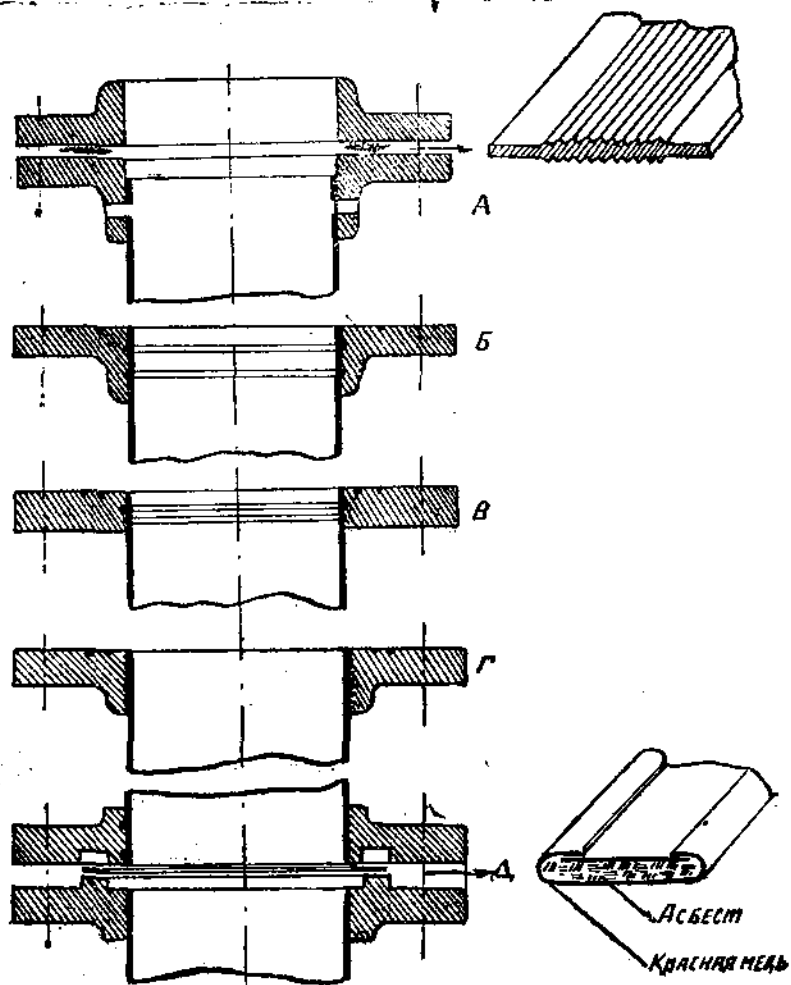
Существует целый ряд способов крепления фланцев на трубах. Наиболее употребительные в настоящее время изображены на фиг. 128.

А. Укрепление штампованного железного или стального фланца на трубе путем приклепывания. Фланец гладкий. Прокладка — стальное кольцо.

Б. Укрепление железного штампованного фланца на трубе путем развальцовки.

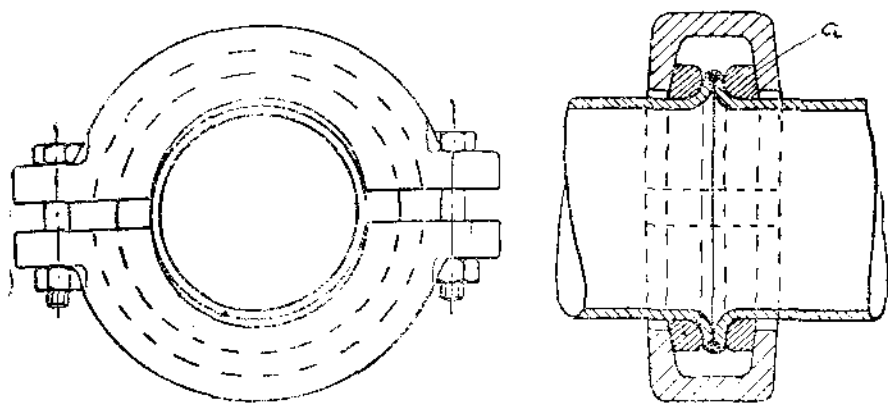
В. Крепление вырезанного из листового железа фланца на трубе путем развальцовки. На внутренней стороне фланца выточены бороздки. В некоторых случаях можно проварить стык трубы и фланца изнутри электросваркой.

Г. Крепление штампованного железного фланца на трубе путем навинчивания на газовой резьбе (применяется для небольших давлений до 12 атм). Рекомендуется изнутри трубу провальцовывать, так как всегда возможно проникновение пара и воды по винту нарезки. Такое соединение связано с большой работой по нарезке трубы и фланца и сравнительно дорого.



Фиг. 128. Способ крепления фланцев.

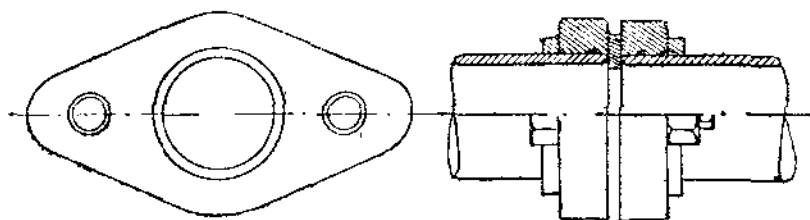
Д. Система фланца для высоких давлений. Фланец может быть укреплен путем вальцовки. На поверхности фланцев с одной стороны сделана заточка, с другой—выточка; этот фланец применяется для давлений от 25 атм. и выше.



Фиг. 129. Соединение Моноблук.

Оригинальное соединение труб типа Моноблук, дающее большую надежность, приведено на фиг. 129. Употребляется для паропроводов высокого давления.

Монтаж этого рода соединений производят в такой последовательности. На трубу насаживают кольца, а затем конец трубы нагревают на нефтяном горне до красного каления и разбивают молотом для образования борта. Борт зашлифовывают и заваривают при помощи электросварки. Затем надевают хомуты, которые затягивают болтами. Соединение вполне надежно и оправдывается на практике.



Фиг. 130. Фланец труб малого диаметра.

Для мелких труб применяют фланцы на два болта, изображенные на фиг. 130.

При установке труб расстояние таковых от стены колонны и других труб следует всегда делать не менее 200 мм для удобства ремонта.

### 3. Прокладки и набивки

При монтаже трубопроводов особое внимание следует обращать на прокладки, устанавливаемые между фланцами. Для холодной воды применяются картонные прокладки, пропитанные вареным маслом для давлений до 5 атм.

Для пара и горячей воды применяются уплотнения из клингерита и паронита для давлений до 30 атм. Асбестовые прокладки, пропитанные графитом, применяют также для пара и горячей воды для давлений до 15 атм.

Медно-асбестовые прокладки, изображенные на фиг. 128 Д, применяют для высоких давлений при фланцах с заточками. Медно-асбестовое кольцо укладывается в выточку и зажимается. Зачастую при этих же фланцах применяют кольца из отожженной красной меди, достаточно пластичной для того, чтобы служить уплотнением.

Для маслопроводов применяют картон, пропитанный спиртовым раствором шеллака или зеленым мылом.

Для всасывающих труб конденсатного насоса применяют резиновые уплотнения из листовой либо круглой резины. Уплотнения из кожи вообще не рекомендуются и их следует ставить лишь в исключительных случаях.

Во всех случаях при сборке необходимо соблюдать строгую параллельность поверхностей фланцев, так как перекосы вызовут неравномерное зажатие прокладок, а следовательно и вероятность прорыва таковых.

### 4. Температурные расширения трубопроводов и компенсаторы

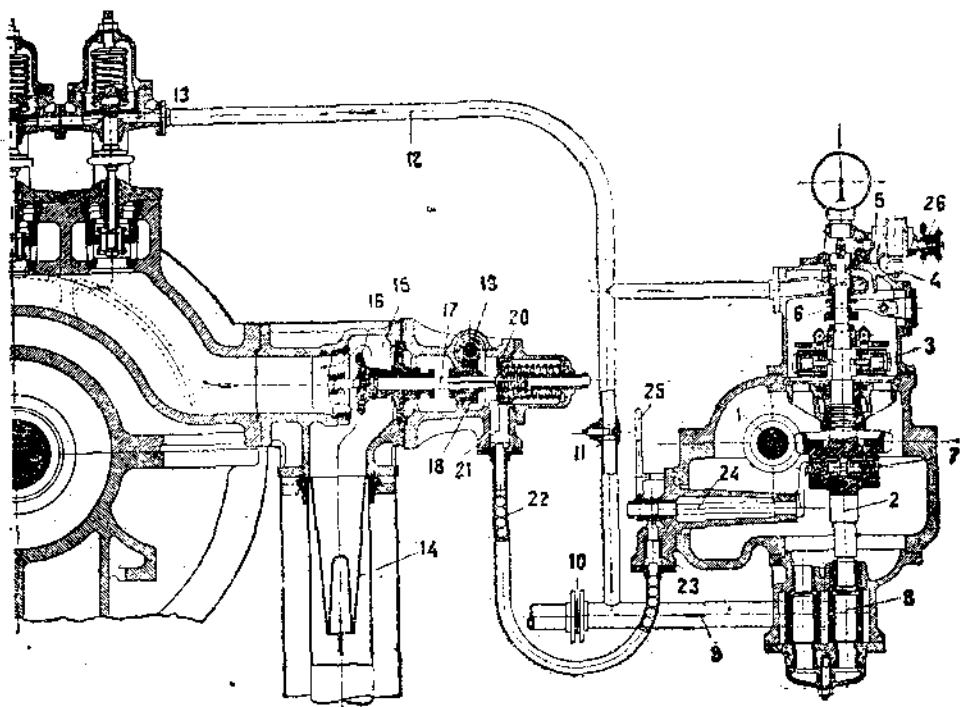
При монтаже трубопроводов как для пара, так и для горячей воды следует всегда помнить, что при нагревании труба удлиняется, а это вызывает значительные напряжения в трубопроводах, что при неудачном расположении последних может вызвать поломку трубы либо расстройство фланцевого соединения. Кроме того, необходимо принять во внимание, что трубопроводы, особенно паропроводы, зачастую подвержены вибрациям и сотрясениям в случае попадания воды в паропровод либо при работе турбин с выпуском пара порциями (при системе пульсирующих клапанов, как, например, в турбинах ВВО).

Исходя из всех этих соображений, следует помнить, что при одном закреплении конца трубы другой должен быть свободен, либо между двумя фиксированными точками трубопровода должны быть поставлены компенсаторы. Компенсатором может быть вся труба, если на ней сделаны соответствующие колена и отводы. Расстояния между компенсаторами в зависимости от диаметра, температуры и конструкции таковых колеблются в пределах 20—50 м. При длинных трубопроводах необходимо ставить специально изготовленные компенсаторы. Фиг. 131 дает типы компенсаторов:

А — так называемый лирообразный компенсатор для паропроводов устанавливается в горизонтальной плоскости;

В — геобразный компенсатор;

зажимание шариков в трубе. Для этого при установке клапанных коробок по сторонам турбины пользуются штихмасами, получаемыми с завода для установки их (см. фиг. 117) по размерам шариковых труб и подводящих паропроводов.



Фиг. 116. Регулирующее устройство ВРС.

Установка регулирующих устройств производится по одному из следующих моментов:

- а. Работа на холостом ходу.
- б. Пуск в ход.
- в. Перегрузка.

Обычно установку регулирования производят по холостому ходу.

Для турбины ЛМЗ—МВ установка производится следующим образом (см. фиг. 118).

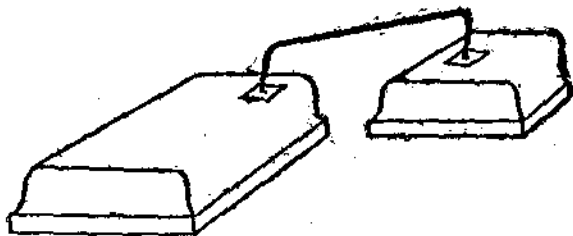
Пружины регулятора снимаются и муфта искусственным путем отводится на  $\frac{3}{4}$  ее хода в направлении, соответствующем расхождению грузов регулятора (турбина, конечно, не работает). При закрытом дроссельном клапане золотник устанавливается в среднем положении.

Среднему положению золотника соответствует совпадение кромки золотника с торцом буksы. Установка производится путем винтовой стяжки на штанге между регулятором и золотником, а для турбин

ЛМЗ—АЕГ—стяжкой между золотником и рычагом улитки на распределительном валу (см. а фиг. 113).

В турбинах ВВС установка регулирования зависит исключительно от натяжения клапанных пружин. Натяжение обычно задано заводом и определяется высотой выступающей окантовки винта. Высоты, заданные заводом, должны быть строго выдержаны при монтажной установке.

Регулировка перегрузочного клапана может быть



Фиг. 117. Штихмас для установки клапанных коромысел.

произведена только на месте при перегрузке турбины и предварительная его установка всегда приближительна.

Предварительная регулировка основана на полном подъеме всех клапанов при полной мощности турбины с соответствующим учетом начала подъема перегрузочного клапана.

Скорозапорный автомат устанавливается путем нескольких проб на ходу турбины при ее пуске, о чем речь будет впереди.

### 15. Сборка клапанов и клапанного механизма

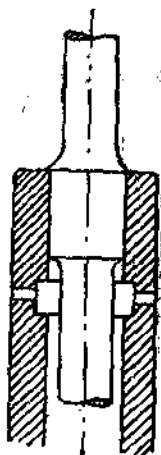
При сборке клапанов следует обращать внимание на точность пригонки тарелок и рюмок клапанов к седлу. Для этого необходимо клапаны притереть. Притирку можно произвести на масле, применяя самый мелкий номер наждака.

Штоки клапанов пригоняются ко втулкам с зазором в 0,3 мм на диаметр. Этот зазор может быть увеличен только тогда, когда при работе турбины обнаружится, что клапана заедают.

Штоки перед сборкой необходимо проверить, так как зачастую погнутый шток может служить причиной заедания.

Серьезное внимание следует обратить на правильность прилегания роликов клапанных рычагов к кулакам и проверить натяжение пружин, так как это служит причиной «качаний» регулятора в системе ЛМЗ—АЕГ. То же следует заметить относительно улитки этой системы. Ролик рычага должен быть насажен на палец с зазором в 0,3—0,4 мм на диаметр, в противном случае ролик заедает и режет поверхность улитки, расстраивая установку регулятора.

Клапана устройства ВВС, не имея рычажных приводов, тем не менее склонны к заеданию не только во втулках, но и в самых порш-



Фиг. 118. Золотник регулятора ЛМЗ.

нях масляных камер. Зазор между степкой камеры и поршнем весьма мал — около 0,2 мм на диаметр, и в случае загрязнения масла или попадания шлама при работе может заедать. Поэтому перед сборкой необходимо поршни клапанов проверить, установить зазор и затем уже заняться установкой и натяжкой пружин.

Набивка сальников стопорных клапанов представляет довольно кропотливую, требующую большой аккуратности работу.

Для этой цели употребляют обычно графито-асбестовые шнурки, заплетенные в жгуты, имеющие в сечении форму квадрата, либо пеньковые такой же формы. Как те, так и другие по толщине должны соответствовать размерам цилиндрической полости между штоком клапана и буксой. Обычно набивку смазывают цилиндрическим маслом, выдерживающим высокие температуры пара, и зажимают нажимной втулкой. Когда набивка хорошо сжата, необходимо добавить еще столько, чтобы нажимная втулка, будучи подтянута, входила в буксу на 20—40 мм.

До пуска турбины необходимо заготовить запасные жгуты.

Отдельные кольца набивки надо соединять при помощи коготь среза и стыки их ставить в разбегку, чтобы создать большую гарантию против просачивания пара через сальник по штоку.

## 16. Установка масляного бака

Обычно масляный бак, на крышку которого устанавливается вспомогательный масляный турбонасос, находится во впадине или промежутке фундаментной плиты (ВФС) либо установлен на кронштейнах под передней частью турбины на одной из колонн фундамента.

При установке бака нужно следить, чтобы бак внутри был абсолютно чистым, для чего его следует предварительно промыть бензином.

Сетчатые фильтры также следует основательно промыть бензином, осмотреть обратные клапаны насосов главного масляного и вспомогательного перед его установкой, и удалить все признаки гриза, песка, окарины.

При сборке следует убедиться, что указатель уровня масла не заедает во втулке (можно рекомендовать дополнительно к указателю уровня устанавливать на баке стеклянный указатель в виде водомерной трубки для контроля правильности работы поплавкового указателя). Закрывать крышку бака следует на картонной прокладке, плотно затягивая болты и закрывая аккуратно все отверстия в крышке, так как в работе при перегреве масла оно пенится и, вытекая из бака, льется вниз, создавая гриз, пачкая полы и стены.

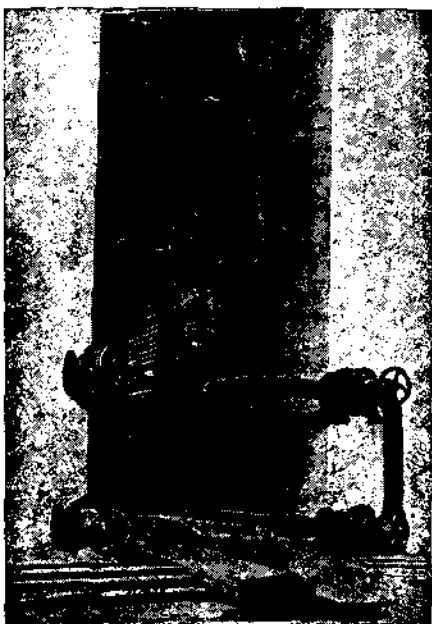
После установки на крышке масляного насоса надо проверить стоящий на той же крышке масляный дроссельный клапан и паровой дроссельный клапан, идущие от вспомогательного масляного насоса.

Лучше всего эти клапаны перед установкой разобрать, притереть и затем уже ставить, чтобы не пришлось потом задерживаться с этими работами во время пуска турбины.

## 17. Сборка системы охлаждения генератора

Могут быть две системы воздухоохлаждителей для генераторов: гладкотрубные и с ребристыми трубками. По методу установки холодильник может быть расположен вертикально и горизонтально. Последний случай показан на фиг. 119, где изображена установка холодильника при генераторе завода «Электросила».

Самая установка холодильников проста и проводится по чертежам завода, но следует заметить несколько важных моментов при сборке.



Фиг. 119. Воздухоохлаждение ЛМЗ.

Перед установкой холодильников, заглушив фланцы, необходимо испытать холодильники водяным давлением до 1 атм по манометру, устранив все самые ничтожные течи, так как проникновение воды в камеру циркуляции, увлажняя циркулирующий воздух, вызовет при работе генератора всасывание влаги в каналы статора, что во всех случаях вредно для генератора.

Кроме того, необходимо со всей тщательностью следить за тем, чтобы щели, места примыкания холодильника к фундаментам и проходы водяных подводящих и сливных труб были уплотнены и таким образом камера циркуляции полностью отделена от наружного пространства. Для этого уплотнения следует применить белый технический войлок толщиной 5—10 мм.

Внутренность камер необходимо тщательно окрасить за два раза с предварительной грунтовкой и шпательной стеной фундамента.

Краску необходимо применять лучшую масляную, хорошо растертую. После окраски и просушки при открытых дверях и люках необходимо камеру промыть и тщательно удалить песок, остатки краски, пыль и т. д. После этого, просушив камеры, их надо закрыть не допуская открывания до момента пуска машины.

В воздушных каналах обычно располагают выводные шины генератора, монтаж которых, конечно, должен быть закончен до окраски и монтажа воздухоохлаждителя, причем следует обращать внимание, чтобы проходные изоляторы были тщательно установлены с промазкой гипсом проходов через стену.

Шины в каналах следует окрасить масляной либо эмалевой краской и проверить после монтажа крепление шин, удалив все признаки пыли и песка.

Необходимо помнить, чтобы на подводных и сливных трубах были вварены гнезда для термометров, для контроля охладителя в работе.

В некоторых системах охлаждения генератора, например ВВС, при вертикальном охладителе необходимо наивысшую точку охладителя соединить трубкой диаметром в  $\frac{1}{4}$  дюйма с пространством разрежения конденсатора, поставив на этой трубке кран. Назначение такой трубки — отсасывать скопленный воздух верхней части охладителя, стоящего иногда выше конденсатора для создания сифона.

## VI. МОНТАЖ И УСТАНОВКА ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

### 1. Установка циркуляционных и конденсатных насосов

К такого рода вспомогательному оборудованию нужно прежде всего отнести циркуляционные и конденсатные насосы.

Фундаменты для насосов и болтовые колодцы в них должны быть заготовлены заранее по заводскому установочному чертежу. Монтажная работа будет заключаться в очистке фундамента и колодцев и установке фундаментной плиты.

Установка плиты обычно производится на подкладках из двутавровых балок либо стальных вместе швеллеров, как указано на фиг. 59 при установке стула.

Надо следить, чтобы не получилось изгиба плиты; поэтому при снятых насосах следует тщательно проверить по уровню горизонтальность плиты, пользуясь строганными поверхностями, предназначенными для установки насосов на плите. После установки насосов и моторов и проверки горизонтальности валов следует произвести центровку по муфтам, как было указано выше для простых дисковых муфт, пользуясь для этого линейкой и щупом. В случае кулачных муфт, помимо центровки, следует проверить правильность крепления кулаков.

Разбег (зазор) между дисками муфты должен быть от 3 до 4 мм и лишь для крупных агрегатов может достигать до 6 мм.

Несколько сложнее установка в случае крупных насосных агрегатов, когда моторы либо приводные турбины находятся на отдельном фундаменте; тогда следует особое внимание уделить тщательной центровке.

При соединении крупных насосных агрегатов с жесткими трубопроводами больших диаметров в 500 — 1000 мм между насосом и трубопроводом вставляется компенсатор, назначение которого дать возможность затянуть фланцевые соединения, не создавая вредных напряжений в корпусе насоса и трубопроводе. Пример конструкции компенсатора показан на фиг. 120.

Конечно, во время монтажа вспомогательных агрегатов следует строго следить, чтобы отдельные части были чисты и свободны от грязи, пыли и песка.

Крышечные болты насосов должны быть туго затянуты, чтобы крышки плотно сидели на корпусном фланце.



Фиг. 120. Компенсаторы.

Рационально при установке насосов придерживаться нижеследующего:

Если имеется фундаментная плита:

Прежде чем установить плиту, надо залить болты в болтовых колодцах; затем рихтовать плиту и затягивать болты. Если же мотор и насос доставлены смонтированными на плите, то при установке надо обращать внимание на «контроли», которыми дана установка машины на заводе.

Если фундаментной плиты нет:

Мотор и насос ставят на прокладки, как было указано выше, и рихтуют, затем заливают фундаментные болты и лишь после того как бетон схватился и болты сидят плотно в колодцах, производят окончательную рихтовку и затяжку болтов. После этого необходимо снова проверить центровку по муфтам. Обычно на напорной трубе насосов ставят задвижку, причем шпиндель ее надо ставить в таком направлении, которое допускает удобное обслуживание и не стесняет прохода.

Сальники насосов (штофбуксы) обычно набивают пеньковым шнуром, проваренным в говяжьем сале или бескислотном масле. Эту набивку туго зажимают буксой сальника, но не сильно, так как иначе возникает ненужное трение и нагрев вала в местах прохода его через сальник. Возможны даже засаждения и изнашивание вала в этих местах. Масляные камеры концевых подшипников надо тщательно осмотреть, убедиться, что кольца при кольцевой смазке свободно вращаются, а затем промыть камеры керосином и маслом.

При циркуляционных насосах заливку таковых водой можно вести паровым или водным эжектором либо специальным вакуумным насосом. В некоторых случаях применяют еще обратные клапаны. Монтаж этих частей установки не представляет никаких трудностей и должен быть выполнен строго по заводским чертежам, так как отклонения в высотах и месте расположения

могут повести к неправильной работе, снижению производительности и т. п.

Эвакуационные насосы ротационного типа не следует разбирать, не имея специальных инструкций завода, так как зеркальные поверхности рабочего цилиндра могут быть случайно повреждены и насос приведен в негодность. Поэтому такие насосы, которые, кстати, малы по своим размерам, ставят прямо на фундамент по вагетпасу, тем более, что они приходят на место монтажа в собранном виде.

## 2. Установка паровых эжекторов и водоструйных аппаратов

Кроме насосов, к вспомогательным механизмам следует отнести паровые эжекторы и водоструйные аппараты, служащие для отсасывания воздуха из конденсаторов турбин.

Установка паровых эжекторов не представляет никаких трудностей. Эжекторы должны быть установлены по чертежам завода.

Перед установкой следует, сняв верхнюю крышку эжектора, налить воду в паровое пространство, закрыв предварительно фланцы водяных полостей для того, чтобы проверить плотность сальников холодильника и целостность труб.

Основная часть эжекторов — это паровые сопла. Перед установкой их следует обязательно разобрать и очистить, так как попадание грязи и осалины прекратит работу эжектора. Если эжекторы рассчитаны на определенное давление, то превышение этого давления вообще вредно отражается на работе эжектора. Для того, чтобы гарантировать постоянство давления, перед вентилями эжекторов нужно ставить диафрагму между двумя фланцами паропроводящих труб, рассчитанную на соответствующее давление и расход пара.

Основной вопрос правильной работы эжекторов — это всегда их охлаждение, поэтому трубы, подводящие воду, должны быть тщательно просмотрены и поставлены строго по чертежу, так как изменения всегда могут вредно отразиться на правильном подводе воды.

Водоструйные аппараты, применяемые обыкновенно при турбинах ВЭС, можно устанавливать, не разбирая их. Обычно они устанавливаются прямо на болтах, вделанных в одну из колонн фундамента турбины.

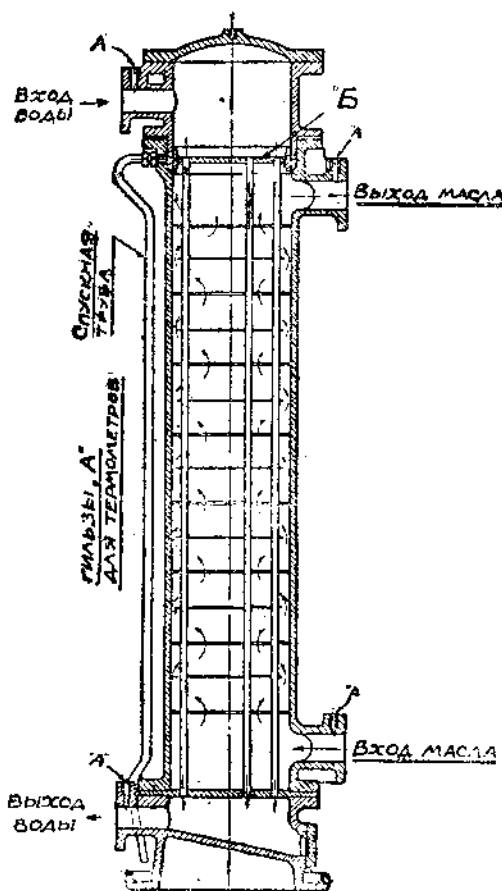
Для этого делают шаблон, при помощи которого устанавливаются расстояния между болтами в соответствии с отверстиями во фланце крепления струйного аппарата, на котором он подвешен.

## 3. Установка маслоохладителей

При установке маслоохладителей прежде всего следует проверить плотность сальников и трубок маслоохладителя. Особенно это важно в турбинах ДМЗ типа АЕГ и в турбинах АЕГ, где масло имеет давление меньшее, чем поступающая в холодильник вода, отчего вода может проникнуть в масляную систему, вызывая образование

эмульсии, что может повести к сухому трению подшипников, износу шеек валов и расплавлению вкладышей. Для этого следует поступать так же, как и при проверке паровых эжекторов. При снятых крышках налить одну из полостей водой и дать давление до 1 атм, проверить плотность сальников и целостность труб.

Кроме того, следует тщательно уложить прокладки между нижней



Фиг. 121. Маслоохладитель ЛМЗ—ЛМВ.

этих задвижек в работе машины может повести к очень тяжелым последствиям для агрегата.

Рекомендуется на линиях задвижек устанавливать указатель степени открытия задвижки, так как иногда обслуживающий персонал, забывая открыть водяную задвижку, ищет причину повышения температуры масла, не замечая, что подвод воды к холодильнику недостаточен. Схема такого указателя дана на фиг. 122.

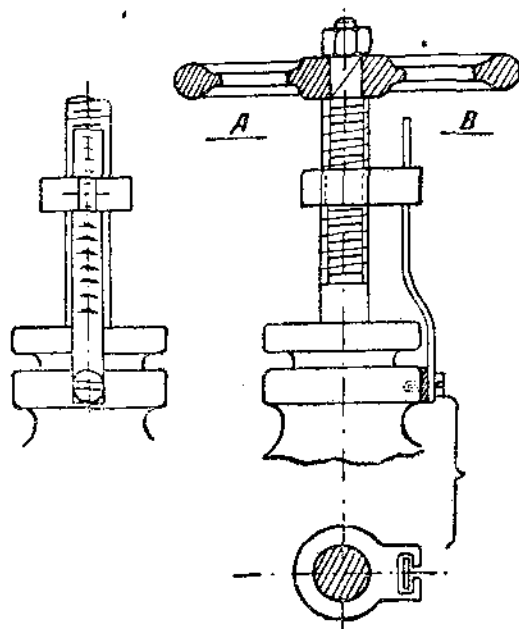
и верхней водяными камерами холодильника и трубной решеткой, так как эти соединения являются местом проникновения воды в масло (см. а, фиг. 121).

Прокладки изготавливаются либо из кожи, либо из картона и ставятся на мыльце или зеленом мыле, которые не растворяются в масле.

При установке термометров на всех входящих и отходящих патрубках маслоохладителей необходимо проверить, не попадает ли штуцер термометра в полость маслоохладителя, так как такое положение его дает неверное показание температуры в данной трубе. Поэтому лучше всего сварить отдельные штуцера на 250—300 мм от маслоохладителя, чтобы быть уверенным в правильных показаниях термометров.

Перед установкой следует разобрать, прочистить и пригнать все масляные и водяные задвижки, прилегающие к маслоохладителю, так как заедание

Монтаж и установка испарительных и подогревательных устройств обычно в той или иной форме повторяет все правила установки аппаратов трубчатого типа (эжекторов и маслоохладителей) производится



Фиг. 122. Указатель открытия задвижки.

строго по чертежам завода-изготовителя, поэтому останавливаться на простых монтажных операциях для оборудования этого типа не приходится.

## VII. ТРУБОПРОВОДНЫЕ РАБОТЫ И МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДОВ

Монтаж трубопроводов может быть начат только с момента окончания монтажа всех основных частей турбинной установки (корпусов турбины, насосов, эжекторов и т. д.). Поэтому следует придерживаться такого порядка, при котором в первую очередь монтируются отдельные части турбоагрегата, имеющие концевые фланцы.

Трубопроводы, выполненные по установочным чертежам на заводе, обычно должны быть прислапаны на место работ с одним свободным фланцем для возможности пригонки такового во время монтажа. По установочным чертежам на заводе гнут трубы до диаметра в 100 мм. Трубопроводы же диаметром, меньшим 100 мм, должны быть изготовлены на месте путем гнутья и пригонки.

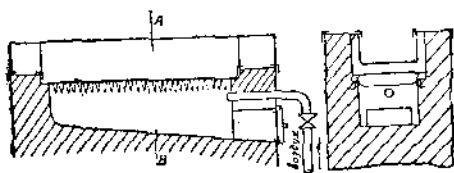
## 1. Гнутье труб

При гнутье труб необходимо применять определенные методы работы, так как в противном случае легко допустить смятие трубы в плоскости изгиба и выпучивание с боков, к чему все трубы при выгибании имеют большую склонность.

Рассмотрим несколько примеров изгибания труб по плавной дуге.

Не все материалы обладают свойствами, благоприятными для образования плавного изгиба. Так, например, жесткое железо и сталь после отжига имеют свойство выгибаться более последовательно, тогда как мягкое, хорошо отожженное железо, поддаваясь изгибу в одном месте, продолжает гнуться примерно в тех же точках, чем и создаст благоприятные условия для образования равномерного изгиба, а некоторого угла.

Отожженная красная медь, а отчасти и латушь, напротив, даст возможность легко получить плавный изгиб по дуге, начиная с того места,



Фиг. 123. Горн для разогрева труб.

которое поддавалось усилию. Происходит это потому, что медь обладает свойством быстрее твердеть в месте деформации, чем на соседних участках.

Все толстостенные трубы большого и среднего диаметров, а газовые всех диаметров, за исключением особо крупных, перед началом гнутья нужно нагреть, причем сталь и железо необходимо доводить до оранжевого каления, а медь — до красного. В холодном состоянии можно производить только самые незначительные поправки.

Отжиг и нагрев труб производится на древесном или кузнечном угле, но не на коксе, так как содержащаяся в последнем сера, соединившись с металлом, портит его.

Разметка мест изгиба производится мелом. Отметив по окружности нужное место изгиба, разогревают трубу на горне до красного каления, поворачивая ее для равномерности нагрева так, чтобы отмеченное место было равномерно накалено со всех сторон, причем длина места накала вдоль трубы должна соответствовать меткам на трубе. Мел при этом виден на трубе в виде черного пояса на раскаленной поверхности. Так как раскалить трубу на обыкновенном горне на строго определенном участке трудно, то раскаляют трубу на большом участке и излишнюю нагретую часть охлаждают мокрой тряпкой.

Тип наиболее простого горна для разогрева труб дан на фиг. 123.

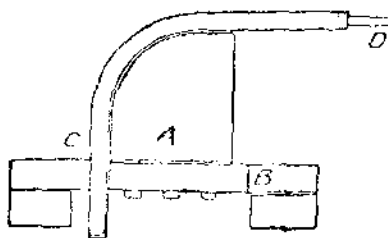
Нагрев трубу, ее быстро выпимают и закладывают в тиски (лучше трубопроводного типа, которые изображены на фиг. 124, или простые кузнечные). Трубу зажимают в раскаленной части, при том слабо, чтобы не смять ее по раскаленному месту. Зажимать нужно в горизонтальном положении. Затем за конец тянут по прямой линии вверх до образования нужного угла загиба.

Другой способ заключается в зажимании в тиски не раскаленного участка, а смежной с ним холодной части, причем изгибание производится не в вертикальной, а в горизонтальной плоскости. Трубу гнут до момента появления складок на изгибе, указывающих на начало смятия, которого следует избегать. Затем быстро меняют в тисках место зажима, зажимая уже раскаленную часть, чтобы обжать образовавшиеся пучины для труб диаметром до 75 мм. Трубы крупных диаметров набивают сухим песком.

Песок, который насыпается в трубы, должен быть предварительно основательно высушен на сковородах.

Насыщение песка в трубы производится сыпком. При насыщении труба ставится вертикально или с крутым наклоном. Во все время насыщения песка по трубе следует постукивать лучше всего обрезками газовых труб в 1— $\frac{3}{4}$ " длиной 400—450 мм. Оба конца трубы, конечно, закупоривают деревянными пробками. Все эти мероприятия направлены к тому, чтобы пучинки в трубе были набиты возможно плотнее, так как плотно набитая труба не даст складок и не будет смята на изгибах.

Дальнейшая работа по изгибанию производится так, как было указано выше, т. е. производится разметка колен, нагрев на горне и изгибание.

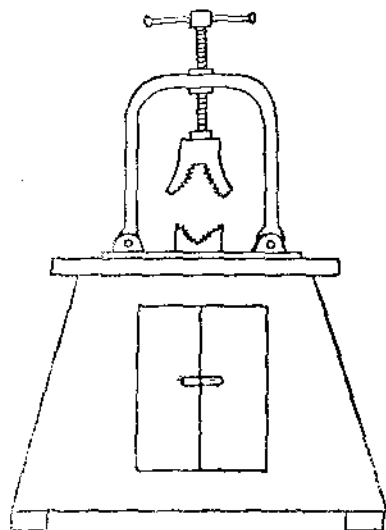


Фиг. 125. Станок для гнутья труб.

верстаке, либо роликового станка, значительно экономящего мускульные усилия при гнутье.

На фиг. 125 приведен простейший тип станка — шаблона для гнутья труб.

К столу В прикрепляется металлический шаблон А. В столе имеется отверстие для пропуска трубы С. В свободный конец трубы

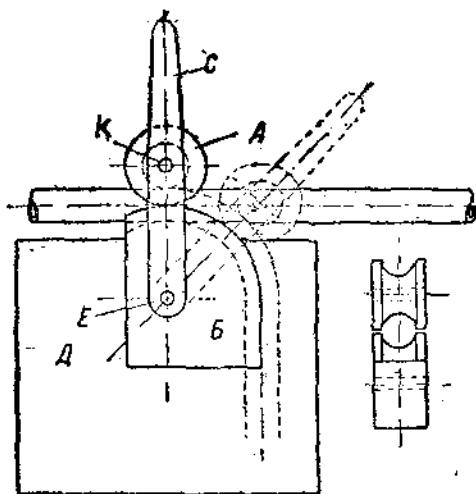


Фиг. 124. Трубные тиски.

Существуют способы изгибания труб, — особенно медных, — путем наполнения их расплавленной кауифолью, которую затем вытравляют и выливают из трубы, но этот способ медленный и довольно дорогой.

Большое облегчение при изгибании может быть достигнуто применением шаблонов, изготовляемых из углового железа, закрепленного на

вставляют металлический стержень *D* для увеличения плеча рычага и гнут трубу после ее нагрева. Для труб различных диаметров должен быть подобран соответствующий шаблон.

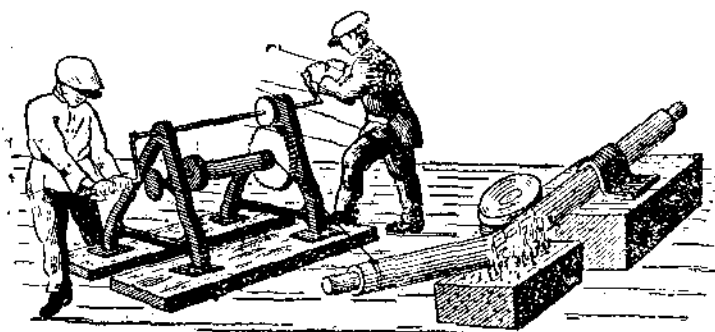


Фиг. 126. Станок для гнутья труб.

На фиг. 126 представлен более совершенный тип станка для гнутья. На столе укреплен шаблон *Б*, имеющий выемку по краю, соответствующую диаметру изгибаемой трубы.

В шаблоне *Б* имеется отверстие, через которое проходит ось *Е*, вокруг которой вращается рычаг *С*. На рычаге *С* имеется блок *А* с выемкой по размеру трубы, вращающийся на оси *К*. Труба закладывается в зазор между блоком *А* и направляющей *Б*. Поворачивая рычаг *С* в направлении, указанном пунктиром, загибают трубу.

Труба предварительно должна быть набита песком и нагрета. Трубы диаметром до 50 мм можно загибать при помощи описанного станка без набивки песком и нагрева.



Фиг. 127. Гнутье труб лебедкой.

На фиг. 127 приведен способ загибания труб большого диаметра с помощью лебедки. Необходимо помнить, что трубы диаметром до 2" легко загнуть в два нагрева трубы, от 2 до 4" — в 3—4 нагрева, трубы же от 4 до 12" необходимо нагревать непрерывно, поэтому под сгибаемым коленом следует устанавливать род малого горна.

## 2. Фасонные детали и фланцы

В большинстве случаев все фасонные детали изготавливаются на заводе и присылаются на монтаж в готовом виде; такими фасонными частями трубопроводов являются колена, тройники, крестовины и отводы. Во всех случаях для низких и средних давлений следует предпочитать железные трубопроводы, исключая паропроводов, которые обычно делаются стальными. Такие трубопроводы легко монтируются. «Пассовка» (пригонка) железных труб значительно легче. При железных трубах отпадает необходимость в специальных коленах, которые получаются прямо гнутьем.

Фасонные детали железных труб могут быть легко изготовлены на месте путем применения в широких пределах автогенной резки труб.

Фланцы могут быть изготовлены также на месте работы путем вырезывания автогенным способом из железных листов в 15—25—30—35 мм в зависимости от диаметра труб. После вырезывания фланцы обтачиваются на станке.

Насадка фланца происходит в такой последовательности: вначале конец трубы отжигается нагревом до вишнево-красного каления, затем опиливается драчевым напильником, после этого молотом на очищенный конец нагоняется фланец и выравнивается перпендикулярно оси трубы при помощи угольника, изображенного на фиг. 6, п. 105. Затем производит вальцовку трубы и отбортовку ручным молотком края, сглаживая таковой драчевым напильником.

Всегда следует обращать внимание на совпадение дыр во фланцах соединяемых труб; поэтому рекомендуется установить предварительно трубу на место, припасовать ее и прихватить в 3—4 точках стык трубы при помощи автогена и затем уже сплав трубу, заварить ее автогеном.

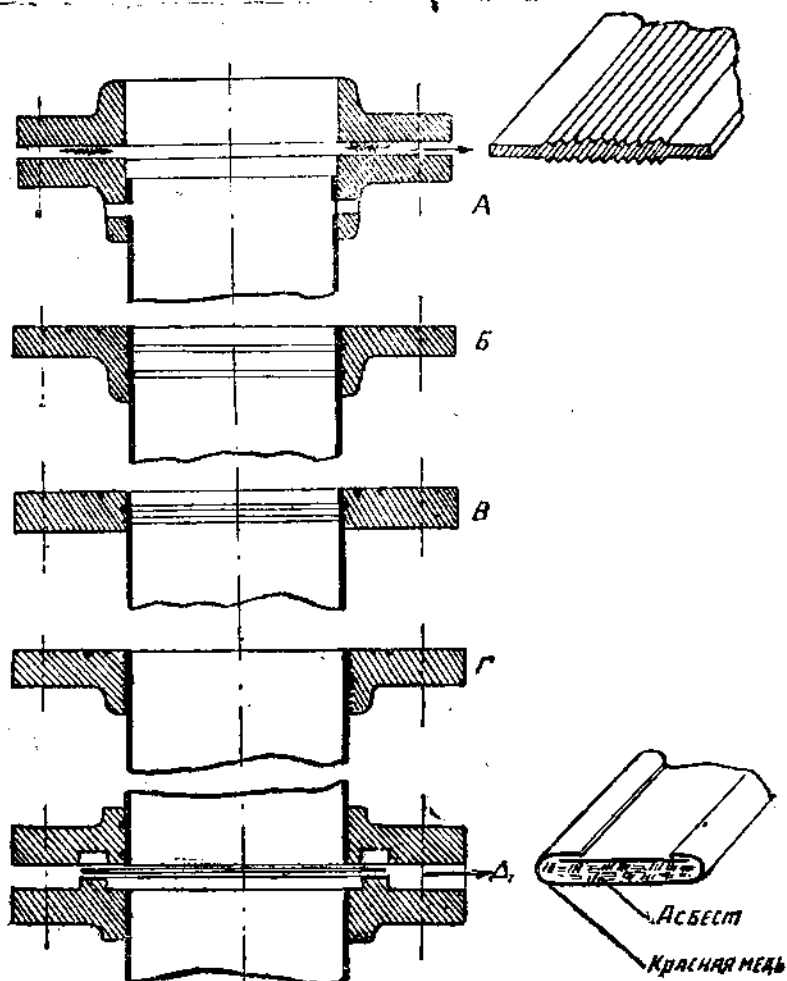
Существует целый ряд способов крепления фланцев на трубах. Наиболее употребительные в настоящее время изображены на фиг. 128.

А. Укрепление штампованного железного или стального фланца на трубе путем приклепывания. Фланец гладкий. Прокладка — стальное кольцо.

Б. Укрепление железного штампованного фланца на трубе путем развальцовки.

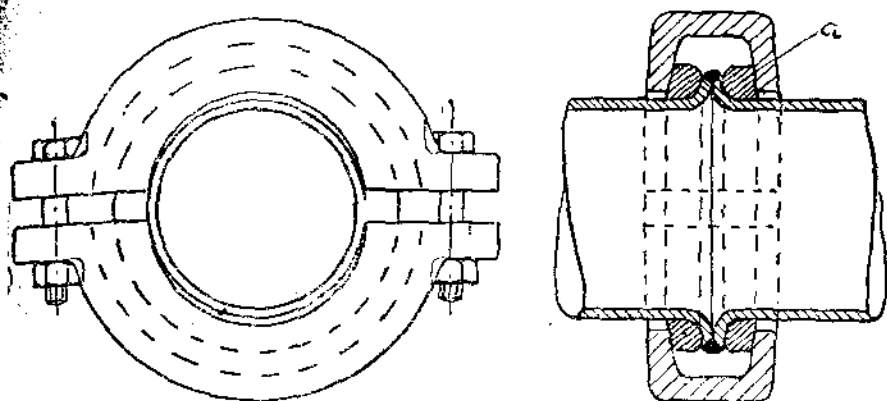
В. Крепление вырезанного из листового железа фланца на трубе путем развальцовки. На внутренней стороне фланца выточены бороздки. В некоторых случаях можно проварить стык трубы и фланца изнутри электросваркой.

Г. Крепление штампованного железного фланца на трубе путем навививания на газовой резьбе (применяется для небольших давлений до 12 атм). Рекомендуется изнутри трубу провальцовать, так как всегда возможно проникновение пара и воды по винту нарезки. Такое соединение связано с большой работой по нарезке трубы и фланца и сравнительно дорого.



Фиг. 128. Способ крепления фланцев.

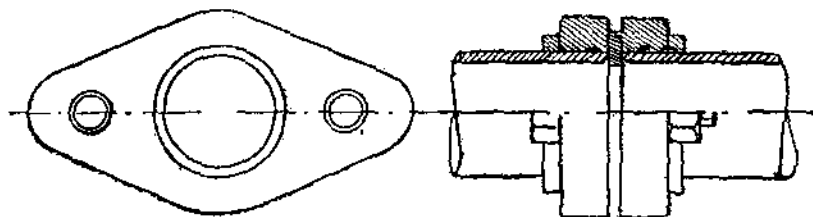
Д. Система фланца для высоких давлений. Фланец может быть укреплен путем вальцовки. На поверхности фланцев с одной стороны сделана заточка, с другой — выточка; этот фланец применяется для давлений от 25 атм. и выше.



Фиг. 129. Соединение Моноблок.

Оригинальное соединение труб типа Моноблок, дающее большую надежность, приведено на фиг. 129. Употребляется для паропроводов высокого давления.

Монтаж этого рода соединений производят в такой последовательности. На трубу насаживают кольца, а затем конец трубы нагревают на нефтяном горне до красного каления и разбивают молотом для образования борта. Борт заливают и заваривают при помощи электросварки. Затем надевают хомуты, которые затягивают болтами. Соединение вполне надежно и оправдывается на практике.



Фиг. 130. Фланец труб малого диаметра.

Для мелких труб применяют фланцы на два болта, изображенные на фиг. 130.

При установке труб расстояние таковых от стены колонны и других труб следует всегда делать не менее 200 мм для удобства ремонта.

### 3. Прокладки и набивки

При монтаже трубопроводов особое внимание следует обращать на прокладки, устанавливаемые между фланцами. Для холодной воды применяются картонные прокладки, пропитанные вареным маслом для давлений до 5 атм.

Для пара и горячей воды применяются уплотнения из клингерита и паронита для давлений до 30 атм. Асбестовые прокладки, пропитанные графитом, применяют также для пара и горячей воды для давлений до 15 атм.

Медно-асбестовые прокладки, изображенные на фиг. 128 Д, применяют для высоких давлений при фланцах с заточками. Медно-асбестовое кольцо укладывается в выточку и зажимается. Зачастую при этих же фланцах применяют кольца из отожженной красной меди, достаточно пластичной для того, чтобы служить уплотнением.

Для маслопроводов применяют картон, пропитанный спиртовым раствором шеллака или зеленым мылом.

Для всасывающих труб конденсатного насоса применяют резиновые уплотнения из листовой либо круглой резины. Уплотнения из кожи вообще не рекомендуется и их следует ставить лишь в исключительных случаях.

Во всех случаях при сборке необходимо соблюдать строгую параллельность поверхностей фланцев, так как перекосы вызовут неравномерное зажатие прокладок, а следовательно и вероятность прорыва таковых.

### 4. Температурные расширения трубопроводов и компенсаторы

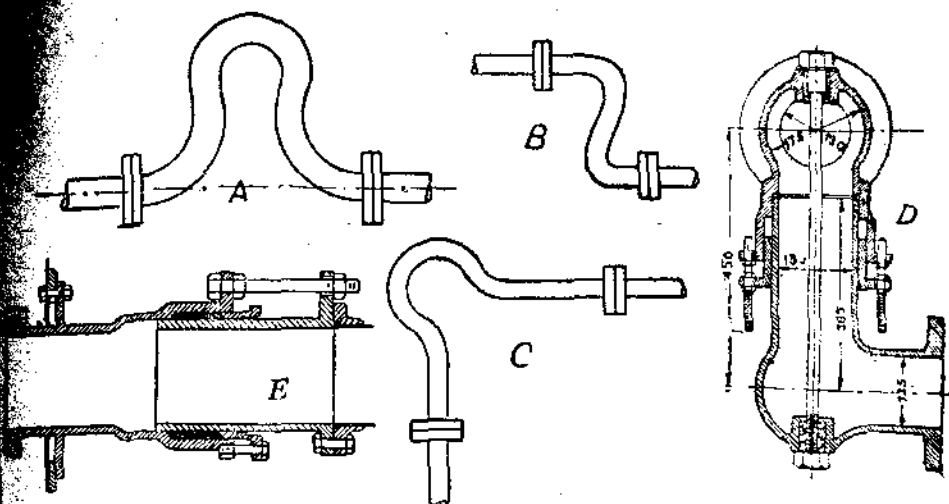
При монтаже трубопроводов как для пара, так и для горячей воды следует всегда помнить, что при нагревании труба удлиняется, а это вызывает значительные напряжения в трубопроводах, что при неудачном расположении последних может вызвать поломку трубы либо расстройство фланцевого соединения. Кроме того, необходимо принять во внимание, что трубопроводы, особенно паропроводы, зачастую подвержены вибрациям и сотрясениям в случае попадания воды в паропровод либо при работе турбин с впуском пара порциями (при системе пульсирующих клапанов, как, например, в турбинах ВВС).

Исходя из всех этих соображений, следует помнить, что при одном закрепленном конце трубы другой должен быть свободен, либо между двумя фиксированными точками трубопровода должны быть поставлены компенсаторы. Компенсатором может быть вся труба, если на ней сделаны соответствующие колена и отводы. Расстояния между компенсаторами в зависимости от диаметра, температуры и конструкции таковых колеблются в пределах 20—50 м. При длинных трубопроводах необходимо ставить специально изготовленные компенсаторы. Фиг. 131 дает типы компенсаторов:

А — так называемый лирообразный компенсатор для паропроводов устанавливается в горизонтальной плоскости;

В — геобразный компенсатор;

- А — компенсирующее колесо;  
 В — угловой сальниковый компенсатор, применяемый для паропроводов с небольшим давлением;  
 С — сальниковый компенсатор на прямом участке.



Фиг. 131. Компенсаторы расширения.

## 5. Водотводчики и конденсационные горшки

Во всех случаях при монтаже труб следует помнить, что трубопроводы должны быть расположены так, чтобы нигде не образовалось застоя воды либо конденсата.

В پایینших точках должны быть поставлены продувки для удаления скопившейся воды.

Для более удобного улавливания воды паропровод рекомендуется устраивать с уклоном в сторону потока пара от 3 до 4 мм на каждый метр длины.

Количества конденсационной воды в кг/час на 1 м<sup>2</sup> внутренней поверхности паропровода характеризуются следующей таблицей:

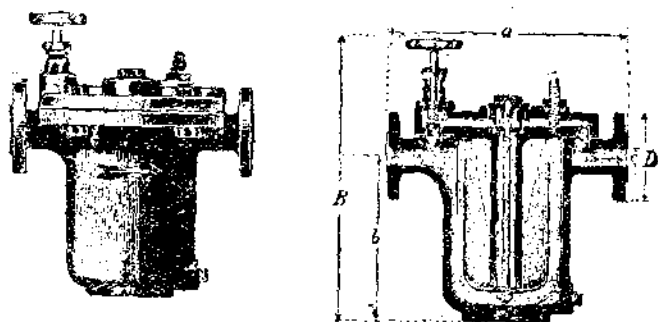
| Род изоляции          | Толщина изоляции (мм) | Давление пара (атм) |     |     |     |       |       |
|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----|-----|-----|-------|-------|
|                       |                       | 2—3                 | 4—5 | 6—7 | 8—9 | 10—12 | 15—31 |
| Голая труба . . . . . | —                     | 2,0                 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5   | 6,0   |
| Солома . . . . .      | 15                    | 1,0                 | 1,3 | 1,6 | 2,0 | 2,2   | 2,6   |
| Казельгур . . . . .   | 20                    | 0,7                 | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 1,3   | 1,4   |
| Пробка . . . . .      | 40                    | 0,5                 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0   | 1,2   |
| Шелк . . . . .        | 20                    | 0,4                 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8   | 1,0   |

Фланцы изолированы

При неизолированных фланцах количество конденсата на 20% больше.

Все эти моменты обычно предусмотрены проектом установки, но при монтаже следует всегда об этом помнить, так как вполне естественные изменения в процессе монтажа могут быть следаны так, что вызовут большие неприятности и даже аварию в эксплуатации.

Дренажирование паропроводов производится путем отвода скопленной воды в конденсационные горшки.



Фиг. 132. Конденсационные горшки.

Перед установкой конденсационные горшки следует вскрыть и проверить действие шпинделя, шарового крана или других движущихся частей в зависимости от конструкции, так как часто при тугой пригонке всего механизма и при нагреве он заедает и перестает работать, что создает угрозу скопления воды в паропроводах.

На фиг. 132 изображен один из типов конденсационных горшков, наиболее часто применяемых на практике. Верхняя крышка ставится на асбесто-графитной прокладке.

## 6. Вентили, задвижки и краны

При установке задвижек всегда следует таковые разобрать. То же относится и к паровым вентилям. При задвижках следует обращать внимание на правильное прилегание кольца к заточке на корпусе.

При задвижках с расклиниванием клип в работе обычно заедает и часто задвижку не представляется возможным открыть. На эту часть задвижек, особенно паровых, нужно обращать исключительное внимание.

Для высокого давления при перегретом паре применяют вентили (клапаны) с никелевыми седлами, которые необходимо перед установкой притереть. Краны должны быть притерты, причем притирку необходимо делать на масле с самым мелким номером наждака. Во всех случаях при паровых вентилях и обратных клапанах надо следить

правильностью установки таковых по потоку пара. Обычно на корпусе вентилей и обратных клапанов на отливке снаружи имеется стрелка, которая указывает направление потока пара либо воды. Сальники паровых вентилей уплотняются асбестовым шнуром на графите, сальники водяных вентилей либо задвижек — просмоленным шнуром.

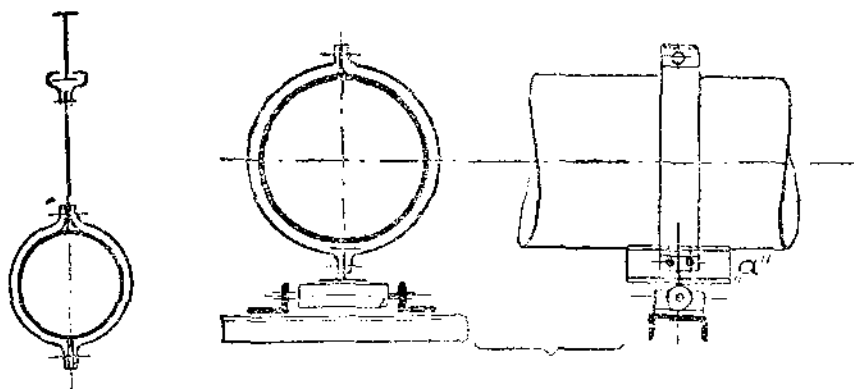
Совершенно особые требования предъявляются к сальникам на задвижках воздушных труб от конденсатора к струйному аппарату либо эжекторам. В этом случае применяют иногда сальники с водяным уплотнением, так называемыми «водяными чашками».

К водяным чашкам по трубкам в  $1\frac{1}{2}$ " подводится обычно конденсат от напорной магистрали конденсатного насоса. Необходимо следить, дабы сальник был набит так, чтобы через него лишь слегка проходила вода в виде слезы. В этом случае плотность будет обеспечена.

## 7. Подвески и опоры паро- и трубопроводов

При монтаже труб следует весьма осторожно относиться к установке подвесок и опор.

Особенно это относится к трубопроводам, где температурная игра значительно больше, чем в прочих трубах. Подвижные опоры обычно делают в виде катков, как указано на фиг. 133.



Фиг. 133. Подвижные опоры.

При монтаже необходимо подсчитать удлинение трубы и направление этого удлинения, так как в противном случае возможен сход опорного ребра  $a$  с катка. Простейший тип подвески дан на той же фиг. 133. Если такие подвески не прибыли готовыми с завода, то их очень просто можно изготовить на месте.

Не рекомендуется на одной подвеске укреплять несколько труб, так как при ремонтах одной из труб придется разбирать или временно укреплять другие. Не следует спешить с установкой труб на опоры и подвески, пока нет уверенности, что полностью произошло сжа-

тивание цементной заделки, в противном случае придется переделывать всю работу заново. После установки на опоры необходимо проверить всю трубу ватерпасом, изображенным на фиг. 6, п. 102. Сложные шарнирные подвески применяют при турбинном монтаже редко, да и применение таковых обычно не вызывается необходимостью.

Мертвыми точками в паро- и трубопроводах турбинной установки являются обычно фланцы самой турбины и вспомогательных механизмов, поэтому обычно добавочных мертвых точек устанавливать не приходится, но в отличие от искусственных мертвых точек следует помнить, что на мертвые точки (фланцы) турбоагрегатов нельзя допускать больших усилий, так как это может повести к излому фланцев либо перекосу отдельных механизмов.

В этом отношении зачастую полезно бывает даже подвергнуть критике проектное расположение трубопроводов, если есть подозрение, что при нагреве возникнут усилия неблагоприятно влияющие на отдельные части установки.

## 8. Изоляция трубе- и паропроводов

Паропроводы и трубопроводы горячей воды с температурой выше 50—60° должны быть изолированы. Изолирующими материалами в настоящее время служат следующие вещества:

Пробковая мука.

Овечья шерсть.

Шелк.

Шелковые очесы.

Хлопок.

Опилки.

Торфяная мелочь.

Кизельгур (инфузорная земля).

Асфальтированные пробковые сегменты.

Изоляционная масса из пробки, асбеста, кизельгура, соломы и глины.

Доменные шлаки.

Асбест.

Асбестит.

Асбзузурит.

И, наконец, в последнее время пенобетон.

Конструкция изоляции дается обычно проектом.

Толщину изоляции можно определить по следующей таблице:

|                                 |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Температура пара (°C) . . . . . | 150 | 120 | 250 | 300 | 350 | 400 |
| Толщина изоляции (мм) . . . . . | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  |

О  
низан  
в мо  
персо  
В  
и во  
Т  
скани  
бопр  
М  
дель  
П  
Д  
твори  
ется  
служ  
быть  
З  
слой  
подс  
К  
териз  
краш  
О  
просл

Изолирующий слой свыше 60 мм применяют обычно на паропроводах диаметром свыше 200 мм.

Температура насыщенного пара практически равна температуре наружной стенки голого паропровода (разница не более 1°C).

Температура перегретого пара значительно отличается от температуры наружной стенки паропровода.

По таблице гарантий, приводимой ниже. Серебровским для трубопроводов с температурой пара в 350°C, при температуре помещения 0°C и толщине изоляции 60 мм, максимальное падение температуры на погонный метр пути может быть дано следующей таблицей:

| Диаметр трубы<br>(мм) | Скорость пара (м/сек.) |      |      |      |      |
|-----------------------|------------------------|------|------|------|------|
|                       | 12                     | 15   | 20   | 30   | 40   |
| 50                    | 1,00                   | 0,88 | 0,66 | 0,44 | 0,33 |
| 100                   | 0,60                   | 0,50 | 0,40 | 0,30 | 0,26 |
| 150                   | 0,38                   | 0,30 | 0,28 | 0,24 | 0,22 |
| 200                   | 0,32                   | 0,28 | 0,24 | 0,20 | 0,18 |
| 250                   | 0,30                   | 0,26 | 0,20 | 0,17 | 0,12 |

Обычно изоляционные работы выполняются специальными организациями, однако возможны случаи, когда они будут включены в монтажные работы; тогда следует предусмотреть соответствующий персонал для производства изоляционных работ.

В настоящее время разработаны и разрабатываются все новые и новые системы изоляции.

Трудность выполнения таких систем заключается обычно в изыскании способов накладки и удержания на паропроводах и трубопроводах изоляционной массы.

Многие системы изоляции предусматривают создание между отдельными слоями изолирующих веществ воздушной прослойки.

Приведем процессы для самой простой изоляции: глина—асбестит.

Для производства изоляционных работ необходимо обыкновенное творило для размешивания массы, лопата и сито. Масса размешивается до густоты крутого теста. При этом надо иметь в виду, что глина служит только связывающим материалом и количество ее должно быть минимальным.

Затем масса руками намазывается на горячую трубу и наносится слой нужной толщины, так что схватывание массы идет слоями по мере подсыхания ее на горячей трубе.

Когда по поверхности изоляционной массы заметны пятна, характеризующие высыхание, массу обшивают мешковиной, которую окрашивают клесовой краской светлых тонов.

Один из сложных типов изоляции — это изоляция с воздушной прослойкой.

Воздушная прослойка достигается обматыванием паропровода соломепным жгутом, который при высокой температуре пара сгорает.

Поверх жгута накладывают слой асбестита с небольшим количеством глины, а затем все это обматывают промасленной бумагой. Поверх бумаги обматывают проволокой в 1—2 мм, свернутой в виде спирали, затем снова идет слой асбестита с глиной и все это обшивается мешковиной и окрашивается в светлые тона.

Организация работ и в этом случае остается той же, только процесс становится более трудоемким.

Работа может быть выполнена неквалифицированными рабочими под руководством опытного изолировщика. Обычно в турбинных установках нет таких сложных изоляций, так как небольшие части паропроводов в габарите фундамента изолируются и монтируются бригадой, устанавливающей паропроводы; поэтому при турбине приходится ограничиваться лишь самой простой изоляцией из асбестита с глиной, а зачастую даже обматыванием асбеститовым шнуром частей трубопроводов. Корпуса турбины изолируют асбестовыми подушками, которые должны быть получены с завода и уложены под металлическую обшивку турбинных цилиндров.

Испарители и подогреватели можно изолировать асбестовым картоном толщиной 3—5 мм и поверх дать деревянную обшивку из вагонки, полируя ее снаружи либо окрашивая светлой масляной краской.

Эту изоляцию можно упростить, применяя вместо асбестового картона асбестовую вату либо кизельгур, пробку и т. д. и набивая ими пространство между корпусом аппарата и деревянной обшивкой. При этом надо тщательно выполнять обшивку, избегая щелей, так как они будут служить источником пыления при высыхании изоляционного вещества.

Изоляцию труб следует начинать лишь тогда, когда есть возможность нагреть трубы, т. е. при первых пробных пусках. Это следует иметь в виду, так как изоляционные работы всегда связаны с большим количеством грязи, что всегда очень мешает при пусках. Поэтому следует заблаговременно иметь соответствующий персонал для поддержания в чистоте помещения, приняв все меры к тому, чтобы не загрязнять отдельных частей установки. Необходимо заготовить к этому времени мешки и брезенты для покрытия отдельных агрегатов.

## 9. Испытание паро- и трубопроводной системы

После окончания монтажа паро- и трубопроводов до пуска турбогенератора должно быть произведено испытание на плотность всех трубопроводных соединений. В этом случае следует совершенно особорассматривать испытание паропроводов, которое происходит вне зависимости от окончания монтажа трубопроводов турбинной установки.

Испытание паропроводов производится в период гидравлической пробы всей паропроводной системы. При этом перед stopорным вен-

турбины ставят заглушку, чтобы предохранить клапан от повышенного давления. Испытание паропроводов производят гидравлическим давлением, которое по нормам ИКТ выражается в

$$p = p_{\text{н}} + 5 \text{ атм.},$$

где  $p_{\text{н}}$  — рабочее давление в паропроводе.

Испытание трубопроводов и конденсатора турбинной установки обычно производят при конденсационных агрегатах путем паливания вначале водной, а затем паровой части конденсатора водой. При этом уровень воды доводят до верхней части выхлопного патрубка турбины. Этого испытания вполне достаточно, чтобы определить неплотности в трубопроводной системе, обнаружить соединения, на котором не поставлена прокладка либо не завальцован фланец.

Так как давление в трубопроводах при турбине велики, то никаких гидравлических проб не требуется. Даже для паропроводов отъемного пара нет необходимости в гидравлической пробе, так как давления отбора обычно невысоки.

Серьезное внимание следует обратить на опорожнение системы после испытания. Вода, оставшаяся в трубах, может повести к тяжелым последствиям при первых пусках агрегата, поэтому лучше даже для контроля разболтнуть некоторые фланцы, лежащие в наиболее низких точках установки, чтобы иметь полную уверенность, что вода удалена из всех частей установки.

Плотность воздушных магистралей, находящихся под разрежением, окончательно проверяют лишь при получении вакуума в конденсаторе при первой пробе турбины, но обычно испытание с помощью паливания воды является уже вполне достаточным и гарантирует плотность воздухопроводов.

Наливая водой трубопроводы турбинной установки, мы тем самым испытываем и всю трубопроводную систему испарительно-подогревательных и других устройств, связанных с турбоагрегатом. Поэтому все сказанное относительно испытания на плотность трубопроводной системы при турбине полностью относится и к вспомогательной аппаратуре турбинной установки.

## VIII. МОНТАЖ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

К числу измерительной аппаратуры стационарно установленной при турбине, следует отнести:

1. Водомерные стекла.
2. Манометры.
3. Вакууметры.
4. Мавовакууметры.
5. Ртутный боровакууметр.
6. Термометры.
7. Водомеры.
8. Тахометр.

Вся измерительная аппаратура на турбогенераторе должна быть установлена только после полного окончания монтажа, когда исключена возможность порчи и поломки таковой.

Водомерные стекла при турбинной установке ставятся на конденсаторе и отдельных аппаратах испарительно-подогревательных устройств.

Особо тщательно должно быть установлено стекло на конденсаторе. Стекло это находится под разрежением, поэтому малейшая неплотность ведет к неправильным показаниям. Неплотность нижнего сальника вызывает выход пузырьков воздуха в трубку и искажение показаний истинного уровня воды в конденсаторе.

Уплотнение трубки производится обычно при помощи резинового кольца, зажимаемого сальником. Перед трубкой должен быть установлен кран для отсоединения в случае порчи либо поломки трубки.

Трубка должна быть снабжена латунной гильзой с прорезью, чтобы защитить трубку от случайных поломок и ударов.

На всех прочих аппаратах, как то: испарителях, подогревателях и т. д., устанавливают трубки, применяемые для котлов низкого давления.

В том случае, если испытание турбинной установки началось и обнаружено, что водомерное стекло пропускает воздух, то до перепаковки, чтобы не прерывать испытания и не останавливать пуска, можно сальник стекла густо обмазать тавотом либо цилиндрическим маслом, которое закроет неплотности. Таким образом будет временно закрыт доступ воздуха в стекло. Конечно, тотчас же после остановки машины надо заново перепаковать оба сальника.

Манометры для пара должны быть установлены обязательно на трубках, изогнутых в форме буквы U либо в виде кольца. Назначение таких трубок вызвать конденсацию пара в них и предохранить механизм манометра от непосредственного нагрева паром. Перед установкой следует все манометры проверить на масляных весах, сравнив их с контрольным манометром.

Манометр неисправен, если стрелка не стоит на нуле, когда манометр сообщен с атмосферой.

Необходимо обращать внимание на свинцовую шайбу, вставляемую под штуцер манометра, чтобы уплотнить это соединение, так как неплотность поведет к неправильным показаниям. Перед манометром должен быть обязательно установлен трехходовый кран, при помощи которого можно продувать манометр. Этот же кран служит для некоторого дросселирования пара при работе машины. Такое дросселирование необходимо, чтобы смягчить толчки давления, отражающиеся на механизме манометра.

Установка пружинных вакууметров не отличается от установки манометров, но, конечно, перед последними не ставят трубок для конденсации пара, а только кран.

Мановакууметры ставят обычно в средних ступенях турбины, где в зависимости от условий работы будет либо давление, либо разрежение.

должен всегда иметь исчерпывающие данные о давлении в отдельных местах турбины, так как установка того или иного прибора может привести к его порче, если давления не соответствуют его градуировке и конструкции. Для измерения вакуума обычно применяют ртутный вакуумметр, устанавливаемый отдельно на стене при турбине. При присоединении прибора—обычно соединительный патрубок к турбине и конденсатором. Необходимо обращать внимание на полную плотность соединительной трубки вакуумметра. Обычно на выходе трубки при турбине или конденсаторе устанавливается кран. Трубку для подвода применяют красной меди по возможности большого диаметра (6—8 мм). При таких диаметрах менее вероятно скопление воды, присутствие которой в трубке искажает показания прибора.

Не рекомендуется применять для соединений резиновую трубку, а в крайнем же случае в резиновую трубку надо вставить спиральную луженку, завитую из  $\frac{1}{2}$  мм железной проволоки.

Для проверки плотности присоединения вакуумметра после отсчета следует закрыть кран, установленный в месте присоединения трубки к конденсатору, и следить за опусканием ртути в трубке. Если за одну минуту уровень опустится не более чем на 10 мм, то соединение можно считать достаточно плотным. При более быстром опускании уровня присоединение прибора необходимо проверить.

В настоящее время наиболее употребительны баровакуумметры. В одном футляре соединены вакуумметр с барометром. Прибор удобен, так как позволяет сразу определять абсолютный вакуум по разности высот барометра и вакуумметра. Установка прибора не представляет никаких затруднений.

Измерение температур при турбогенераторе играет очень большую роль. Термометры установлены на паре, воде, воздухе, масле. Установка термометра имеет большое влияние на точность его показаний. На фиг. 134 показан способ установки термометра. Обычно термометр устанавливается в металлической гильзе, сваренной в трубе либо вставленной в специальное гнездо на корпусе турбины.

Место установки гильзы следует выбирать так, чтобы гильза при всех нагрузках турбины хорошо омывалась паром, водой, воздухом либо маслом и не находилась в мертвых углах.

Так как в трубах малого диаметра длина гильзы ограничена, то термометры ставят навстречу потоку пара в колене, как указано на фиг. 135.

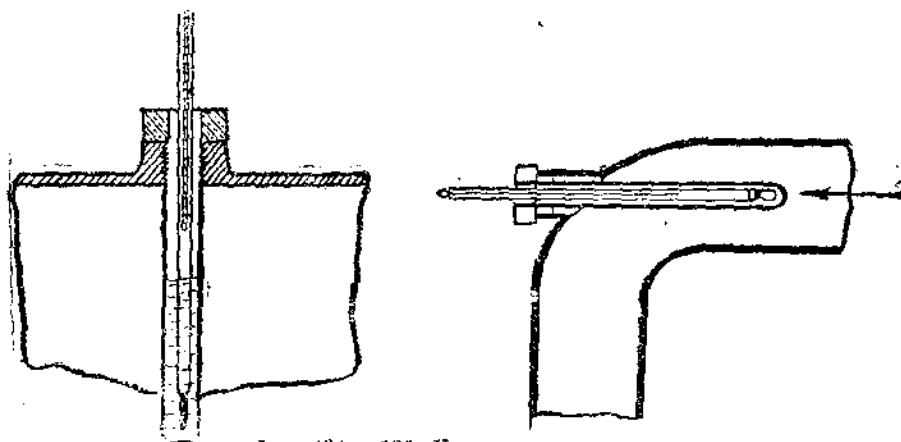
Перед пуском турбины в гильзу наливают масло, а при высокоперегретом паре — свинец, хотя при этом термометр всплывает и его приходится привязывать; поэтому предпочитают вставлять термометр в пустую гильзу и обматывать верхнюю часть его асбестовым шнуром, который препятствует конвекции воздуха внутри гильзы.

Обычно температуры воздуха в генераторе замеряются термопарами либо термометрами сопротивлений, устанавливаемыми в футлярах внутри каналов охлаждения с выводом проводов на щиток возле

турбогенератора, где может быть осуществлена кнопочная система при гальванометре.

Водомеры могут быть установлены на магистрали конденсата в виде водомера Вентури; тогда монтаж такой трубы сводится к установке обыкновенного фланцевого патрубка, поэтому останавливать на этом наше внимание мы не будем.

Тахометр турбогенератора устанавливается обычно на колонке регулятора либо у переднего подшипника. Установка не представляет никаких затруднений, но при первом пуске тахометр должен быть проверен ручным контрольным тахометром и смазан касторовым маслом



Фиг. 134 и 135. Установка термометра.

Перед первым пуском следует самым тщательным образом проверить установку всех приборов, обратив особое внимание на термометры на подшипниках. Эти термометры можно рекомендовать проверить по имеющимся всегда точным контрольным термометрам.

## IX. ПРОБНЫЙ ПУСК ТУРБОГЕНЕРАТОРА

Пуск турбогенератора обычно начинают с вспомогательных механизмов: насосов, эжекторов, водоструйных аппаратов.

Пуская насосы с электрическим приводом, прежде всего следует убедиться, что пусковой шкаф находится под напряжением.

Затем проверяют заполнение масляных камер подшипников до верхнего края маслоуказателя. В насосах, где задний подшипник смазывается густой смазкой, надо перед пуском выжать смазку, повернув масленку Пштауфера.

В случае, если во всасывающей трубе имеется задвижка, надо такую открыть и держать ее открытой во все время работы.

Перед пуском необходимо наполнить насос водой до верхнего регулирующего шибера на напорной трубе, который должен быть

акрыт. Наполнение малых насосов производится при помощи водопоники, которая находится на корпусе насоса, либо при помощи открывания верхней задвижки, впуская воду из напорной магистрали. Большие насосы обычно заполняют водой при помощи шаровых и водоструйных эжекторов либо так называемых эвакуационных насосов.

Обратные клапаны при насосах, особенно крупных циркуляционных, выходят из употребления, так как при случайных остановках насосов создаются гидравлические удары, которые могут повести к разрушению всей системы. Если насос стоит ниже уровня воды в водоеме, из которого происходит всасывание, то наполнение может быть произведено открыванием шиберов на всасывающей трубе и спуском воздуха из насоса через воздушный кран.

Высоколежащие части всасывающих труб должны быть обезвоздушены и заполнены водой.

Весь воздух из насоса и всасывающих труб должен быть удален, так как насос всасывает лишь тогда, когда в нем нет воздуха.

После заполнения испытуемого насоса кран к воздушному эжектору или эвакуационному насосу закрывают и пускают насос при закрытой задвижке на напорной трубе. Лишь при достижении насосом нормального числа оборотов, которое указано на паспортной табличке и может быть проверено тахометром, задвижку медленно приоткрывают, обращая внимание на показания амперметра либо ваттметра.

Если при пуске давление с увеличением числа оборотов не повышается, то в насосе скопился воздух и он должен быть немедленно остановлен, а затем снова тщательно обезвоздушен и заполнен.

Если приоткрывать задвижку на напорном трубопроводе, то расход увеличивается, причем мотор постепенно загружается.

Если вода в избытке, то достаточно прикрыть шибер. Вредное увеличение давления в этом случае места не имеет (равно как и в том случае, когда задвижка совсем закрыта).

Регулировать следует только задвижкой на напорной трубе.

Пустив насос, следует прежде всего обратить внимание на подшипники и сальники.

Подшипники после двухчасовой работы не должны иметь температуры выше 40—50°.

Правильно набитый сальник должен пропускать тонкую струйку воды, которая стекает в ванну, — в этом случае сальник охлаждается и плотность его обеспечена. Если сальник затянут чересчур туго, то вода из него не течет и сальник будет греться, что вредно отражается на насосе, вызывая ненужные сопротивления. Насос никогда не должен вращаться без воды, так как это вызывает вредные трения и нагрев отдельных частей. При первом пуске может быть целый ряд неполадок. Главнейшие из них следующие:

## 1. Насос совершенно не подает воды

Причины:

а. Неплотности во всасывающей трубе. Колесо насоса не залито, — в этом можно убедиться, открыв при закрытой напорной задвижке

воздушный край, — если насос незаполнен, из краев будет выходить воздух.

б. Число оборотов насоса недостаточно для преодоления напора.

Следует обратить внимание на напряжение по вольтметру.

в. Действительная высота подъема больше той, для которой дано число оборотов.

г. Направление вращения насоса неправильно.

д. Высота всасывания велика.

е. Обратный клапан (если таковой есть) открывается чересчур мало.

II. Насос первоначально работал хорошо, затем стал уменьшать производительность и, наконец, подача совсем прекратилась

Причины:

а. Уровень в приемном колоде упал, образовалась воронка и насос захватил воздух.

б. Колесо насоса засорилось.

в. Приемная сетка засорилась, на что указывает вакуумметр насоса, показания которого быстро возрастают.

г. Сальники пропускают воздух (чаще всего).

д. Засорился напорный трубопровод.

III. Подача насоса неравномерна

Причины:

а. Периодическое небольшое скопление воздуха благодаря неплотности во всасывающей линии.

б. Падение уровня в приемном колоде настолько велико, что высота всасывания близка к предельной.

в. Засорение приемной сетки. Явления неравномерной подачи сопровождаются обычно колебаниями стрелок: амперметра, манометра и вакуумметра.

IV. Расход мощности велик

Причины:

а. Действительный подъем значительно меньше расчетного, но число оборотов постоянно. В этом случае при совершенно открытой задвижке насос подает значительно большее количество воды. Чтобы уменьшить расход, нужно прикрыть напорную задвижку.

б. Число оборотов насосов велико. Особенно большие затруднения бывают при пуске конденсатных насосов. Для этого необходимо заполнить конденсатор водой и пустить насос при незначительно открытой задвижке, чтобы хватило воды в конденсаторе на некоторое время работы.

При конденсатных насосах следует обращать исключительное внимание на идеальную упаковку сальников, которые всегда служат причиной срыва насоса. Точно так же имеет исключительное значение плотность всасывающей магистрали.

В этих насосах в самой высокой точке имеется отсос в конденсатор, который должен быть открыт при пуске.

Окончательное испытание насоса может быть произведено только тогда, когда турбина будет готова к пуску и в конденсаторе установится вакуум. Зачастую конденсатный насос перестает откачивать по причине засорения сетки в сборнике конденсата под конденсатором, если последний не был своевременно очищен перед пуском.

В случае установки при турбине водоструйного аппарата для откачивания воздуха последний почти никогда не создаст хлопот в работе. Обычно подача воды к аппарату осуществляется с помощью насоса, имеющего отдельный привод, либо приводимого в движение мотором конденсатного насоса, с которым сцепление осуществлено полужесткой муфтой.

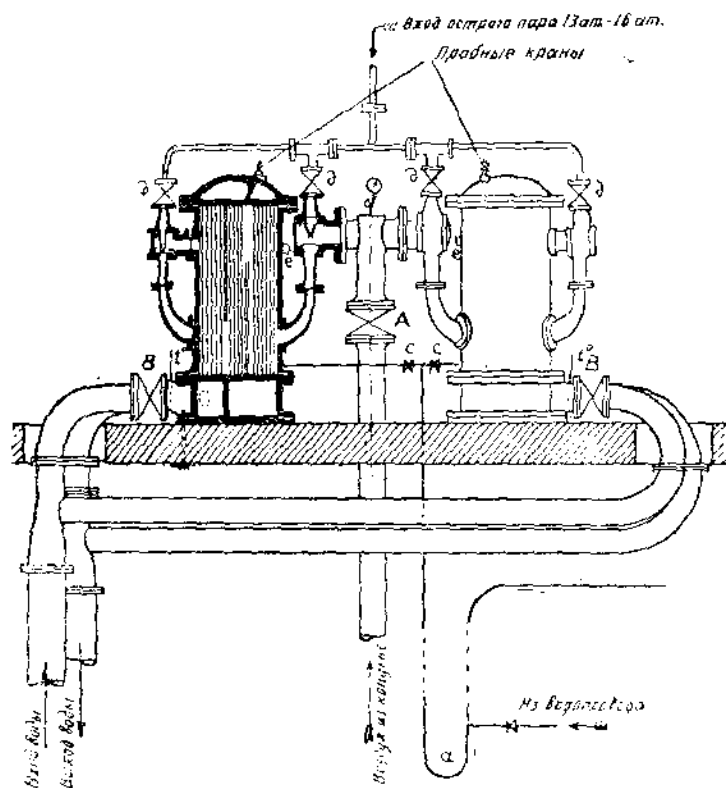
Пуск водоструйного аппарата осуществляется одновременно с пуском конденсатного насоса, причем при пуске применяют правила, которые были указаны выше для насосов. При пуске водоструйного аппарата можно создать вакуум около 40 см ртутного столба, не прибегая к пуску пара на уплотнения. При этом возможно произвести проверку на плотность всех соединений турбины, находящихся под разрежением, поднося пламя свечи либо спиртовой горелки к отдельным фланцам и соединениям. В случае неплотности пламя будет всасываться внутрь в этих местах. Пробный пуск пароструйных эжекторов может быть произведен в такой последовательности (см. фиг. 136). При закрытых паровых ventилях надо прежде всего залить водой сифонную трубку между эжекторами и конденсатором *a* и закрыть ventиль трубопровода, сообщающего эжекторы с паровым пространством конденсатора.

Пустить воду на охлаждение, открывая ventиль *B*, проверить по термометрам и путем открытия пробных кранов на крышках эжекторов равномерность поступления воды в конденсаторы таповых. Затем нужно открыть краны дренажных труб *c*.

Конденсация мягкого пара эжекторов обычно происходит с помощью конденсата турбины, причем конденсатный насос дает конденсат непосредственно в эжекторы, откуда последний поступает в подогреватели либо в баки. Вначале, когда конденсата еще нет, охлаждение производит водой от водопровода либо от специального насоса. В последнее время для этой цели применяют конденсатный насос. Для этого перед пуском эжектора конденсатор наполняют водой из водопровода на  $\frac{1}{4}$  высоты водомерного стекла. Отводящий трубопровод от эжекторов имеет соединение с конденсатором, так что вода, охлаждающая пар эжекторов, слегка нагретая, снова попадает в конденсатор, где, сливаясь по трубам, охлаждается и поступает в конденсатный насос, так что осуществляется круговой цикл. По мере заполнения конденсатора ventиль перепуска в конденсатор приоткрывают и открывают ventиль на подогреватели и баки и, наконец, когда турбина начнет принимать нагрузку, ventиль перепуска в конденсатор может быть совсем закрыт.

После того как пушено охлаждение, открывают паровые вентили *В* сначала первой ступени, затем второй ступени, доводя давление постепенно до 13—16 атм., в зависимости от заводских данных, которые даны марочной таблицей, обычно укрепляемой на корпусе эжекторов.

При пуске пара необходимо следить за показаниями вакуумметров, которые довольно быстро покажут разрежение, если вентиль *А* закрыт. Затем надо медленно открывать вентиль *А*, следя за вакууметром



Фиг. 136. Паровые эжекторы.

на эжекторах и на турбине. При этом из дыхательных труб должен выходить влажный воздух, смешанный с паром. При достижении вакуума в 40 см ртутного столба и неуплотненных паром лабиринтах турбины работу эжекторов можно считать удовлетворительной. Обычно эжекторы рассчитаны так, что один эжектор создает разрежение, достаточное для работы турбины, другой же служит резервом; поэтому последний при пуске должен быть тщательно отрезан от действующего.

Обычно неполадки, встречающиеся при первом пуске эжекторов, следующие:

А. Из дыхательных труб выбрасывается вода.

Причины:

1) остался открытым вентиль или кран, с помощью которого была ополнена сифонная труба а и поступающая вода залила паровую часть эжекторов;

2) неплотность сальников на трубах охладителей или повреждение трубок.

В. Вакуум начинает падать и обе или одна из дыхательных труб толчками выбрасывает воздух, причем в интервалах между толчками воздуха наблюдается всасывание такового внутрь эжектора.

Причины: засорение паровых сопел окалиной либо грязью, оказавшейся в паропроводе после монтажных работ. Необходимо разобрат и почистить сопла.

С. Из дыхательных труб выбрасывается горячий пар, вакуум начинает падать.

Причины: отсутствие правильной подачи воды к холодильникам. В этом случае, открывав пробный кран на крышке эжектора, необходимо проверить, поступает ли вода в эжектор, и если нет, тотчас же закрыть доступ пара в эжекторы и проверить все вентили на трубопроводах, а также правильность работы насоса, либо наличие напора в водопроводе.

После проверки вспомогательных агрегатов можно приступить к пуску турбогенератора.

Первый пуск можно рекомендовать производить без обшивки турбинных цилиндров, так как в этом случае все трубопроводы и штуцеры доступны для осмотра.

Прежде всего необходимо проверить все болтовые крепления цилиндров и подтянуть слабо затянутые болты, так как при пуске пара в цилиндр при слабой затяжке болтов возможно выдувание смазки, находящейся в стыке цилиндров. В этом случае никаким образом плотности достигнуть быть не может и единственное средство — это остановить турбину и после ее остывания вскрыть крышку и наложить свежий слой мастики.

Затем производится осмотр крепления подшипников, контроль зазоров между головками болтов и подлежащими шайбами для возможности свободного расширения цилиндров и устанавливаются указатели расширения (фиг. 77).

Вся площадка возле турбины очищается от излишних предметов и тщательно убирается.

Ставится стол с подготовленными инструментами: стетоскопом (обычно металлический стержень либо медная трубка) для выслушивания турбогенератора, контрольным ручным тахометром, бланками для первых записей, часами.

Необходимо проверить уровень масла в масляном баке, заготовив несколько бочек запасного масла для доливания в бак, так как при первом пуске масляного насоса вся система заполняется маслом и уровень в баке значительно снижается. Затем надо тщательно образом проверить установку термометров на всех подшипниках и на

сливных трубах, залив все гильзы термометров маслом. Необходимо обратить внимание, чтобы на две гильзы не оказались тряпки, пакля, вата и т. д., так как это поведет к неверным показаниям термометра, снижая их и вводя в заблуждение при первом пуске.

Затем можно начать продувку паропроводов острого пара, подходящих к стопорным вентилям турбины, с целью удалить скопившийся в них конденсат. Не следует забывать перед пуском открыть дренажный ventиль трубы, подводящей пар к уплотнениям, так как в противном случае уплотнения будут залиты водой. После продувки паропровода можно пускать вспомогательный масляный турбонасос, причем пуск надо производить очень осторожно, открывая пусковой ventиль, чтобы постепенно прогреть корпус и ротор турбины. При этом надо обращать внимание на установку предохранительного клапана на подводящей трубе насоса. Клапан следует установить так, чтобы при увеличении давления перед турбиной сверх допустимого заводом клапан был подорван. Этим будет ограничено число оборотов турбины, которая обычно рассчитана на число оборотов от 3000 до 4500 в минуту.

После пуска масляного насоса проверяется вся масляная система на плотность фланцев и правильность подвода масла к подшипникам. Обычно на подающих маслопроводах к подшипникам турбин устанавливают диафрагмы, чтобы регулировать подвод масла к подшипникам. Первый пуск служит проверкой правильного выбора диаметра диафрагм. Подвод масла к подшипникам может быть проверен в некоторых системах турбин (напр., ЛМЗ) по стоку масла, так как на сливной трубе имеется закрытое стеклом отверстие, через которое возможно контролировать правильность стока, а следовательно и подвода масла. В случае, если масло в сливной трубе не появляется, необходимо насос остановить, разобрать маслопровод и проверить его, прочистив перед повторной установкой на место.

Затем путем установки регулирующего дроссельного клапана, стоящего обычно на трубе, отводящей масло от масляных насосов, следует правильно отрегулировать давления масла на подшипниках и в системе регулирования. Этим проба масляной системы заканчивается.

Затем осматривают все клапаны, поднимая («раскачивая») их с помощью рычага. Далее можно приступить к осмотру генератора. Если аксиальный зазор на муфте между турбиной и генератором проверен раньше, то, конечно, повторной его проверки производить не придется; в противном же случае необходимо снять крышку с соответствующего соединения и проверить зазоры. Необходимо предварительно снять торцевые крышки на генераторе и проверить расстояния в аксиальном и радиальном направлении между крышкой и вентилятором. Следует обращать особое внимание на пригонку масляных щитков подшипников при генераторе. Зазор должен быть 0,05—0,1 мм. При несоблюдении этого зазора возможно выбрасывание масла из подшипника в виде масляного тумана. Масло оседает на кольцах генератора, а всасываясь внутрь генератора, оседает на обмотке.

Следует подвергнуть тщательному осмотру всю систему каналов воздушного охлаждения генератора и еще раз очистить таковую. Если применяется воздушный фильтр, то следует убедиться, что он в порядке и нет щелей, через которые воздух может проникать помимо фильтра.

Затем можно перейти к осмотру возбuditеля. Следует проверить: хорошо ли приболчен якорь возбuditеля к валу генератора, не задевают ли щетки коллектора за траверзу в момент набегания ротора на подшипники генератора со стороны возбuditеля, надочно ли укреплены щеткодержатели и траверзы. Особого внимания требует установка щеток, как на коллекторе возбuditеля, и на кольцах генератора. Нажим на щетки должен быть одинаков и действовать в радиальном направлении. Между нижним краем щеточной обеймы и коллектором либо контактными кольцами должен быть радиальный зазор в 2—3 мм. Щеткодержатели не должны поворачиваться на траверзах. Щетки должны иметь хороший контакт. Сами щетки должны быть хорошо притерты стеклинной бумагой, протаскиваемой во направлении вращения.

Всю электрическую систему необходимо до пуска проверить путем прозвонивания с помощью индуктора. Одновременно при помощи мегаметра следует проверить сопротивление изоляции на отдельных участках цепи возбуждения по отношению к земле и к неизолированным металлическим частям машины. Сопротивления изоляции ротора, обмотки статора и отдельных обмоток возбuditеля, а также всей цепи возбуждения в целом должны быть замерены и записаны.

Так как сопротивление изоляции уменьшается с повышением температуры, то следует записать и температуру, при которой производились измерения.

Затем производится осмотр всех вентилях, кранов и задвижек, которые надо привести в положение, какое они должны иметь при пуске.

После этого приступают к первому пуску турбогенератора, который производят в такой последовательности:

1. Пускают циркуляционный насос и, открывая пробные краны в верхней части конденсатора, убеждаются, что циркуляция воды обеспечена (в некоторых конструкциях турбин в верхней части конденсатора устанавливают краны с трубами, соединенными с паровым пространством конденсатора для отсасывания скопившегося воздуха).

2. Пускают конденсатный насос, причем в установках с паровыми эжекторами надо убедиться, что охлаждение эжекторов происходит нормально; в установках с водоструйными аппаратами при насосе, связанном с конденсатным, проверяют работу водоструйного аппарата, контролируя правильность подвода воды к таковому.

3. Пускают паровые эжекторы.

4. Наблюдает за вакууметром турбины, и когда вакуум достигает 60—65%, пускают масляный насос, убеждаясь в правильности циркуляции масла.

5. Проверяют открытие всех дренажных труб на паропроводах между стопорным клапаном и отдельными частями турбины.

6. Медленно, толчками открывают стопорный клапан турбины, следя за валом турбины. Как только вал начинает вращаться, быстро закрывают вентиль, а затем медленно открывают снова.

7. Одновременно с первыми оборотами турбины дают пар на уплотнения лабиринтов (некоторые конструкции турбин допускаютпуск уплотняющего пара на лабиринты при стоящей машине, однако надо всегда иметь в виду, что при этом получается односторонний прогрев вала и возможность его изгиба; такая система в настоящее время оставлена и, напр., для крупных турбин имеется специальная электрическая буксовка для вращения турбины до пуска в нее пара, чтобы можно было дать пар в лабиринтные уплотнения).

8. При первом толчке паром турбине дают 150—200 оборотов и приступают к выслушиванию турбины при помощи длинных трубок. Выслушивать надо прежде всего в местах лабиринтных уплотнений, так как в этих местах чаще всего происходят задевания. Вслед за этим приступают к выслушиванию цилиндров, обращая внимание на металлические звуки, свидетельствующие о цеплении вращающихся частей о неподвижные. В случае цеплений либо шумов турбину надо тотчас же остановить. Выслушивать надо также червячную передачу между валом и приводом регулятора, так как зачастую беспокойный ход таковой служит причиной вибраций машины.

9. Если все в порядке, продолжают вращать турбину, не увеличивая числа оборотов, минут 15—20 для ее равномерного прогрева, пока не уравнивается температура роторов, диафрагм и корпуса, так как неравномерный нагрев может повести к изменению величины зазоров и задеванию ротора о неподвижные части турбины.

10. Контролируют температуру масла на подшипниках и, когда масло при входе в масляный насос достигнет температуры около 35—40°, начинают увеличивать число оборотов турбогенератора.

11. Повышение числа оборотов турбины подымает давление в масляной системе, так как начинает работать главный масляный насос. Обычно начало работы главного масляного насоса лежит в пределах 1000—1500 оборотов. При этом следует постепенно прикрывать вентиль подвода пара к вспомогательному насосу, следя за манометром, указывающим давление масла после насоса. Это давление для разных систем турбин колеблется в пределах 2—4 атм.

Затем постепенно можно доводить число оборотов до нормального (в турбинах средней мощности обычно 3000 об/мин).

12. С момента достижения турбиной нормального числа оборотов особое внимание надо уделять таким моментам: следить за температурой масла, входящего в насос и выходящего из такового. В случае повышения температуры масла выше 40° открыть вентили, подводящие воду к маслоохладителям. Охлаждение масла следует производить с большой осторожностью, так как чересчур холодное масло вызывает вибрацию и беспокойный ход машины. Необходимо следить за температурой кожуха главного масляного насоса. Чрезмерный нагрев кожуха выше температуры проходящего масла указывает на плохую работу насоса, неправильные зазоры либо перекос валов.

Для наблюдения за температурой подшипников необходимо назначить отдельное лицо, которое занимается исключительно контролем температур подшипников. В случае, если температура масла, подходящего от подшипников, достигает температуры 60—65°C, турбину надо остановить и вскрыть вкладыши подшипников, которые вызывают подозрение.

Контроль работы упорных подшипников производит не только по температурам масла, но и путем проверки осевых сдвигов с помощью шаблонов либо специальных приспособлений, устанавливаемых на некоторых конструкциях турбин.

При турбинах с водяными уплотнениями Метро-Визьерс либо ЛМЗ последней модели, уже при числе оборотов выше 50% от нормального, можно переходить на уплотнение лабиринтов водой. Если вакуум при этом падает, необходимо вернуться к паровому уплотнению, сделав попытку снова перейти на водяное при более высоком числе оборотов.

Необходимо строго следить за температурой подходящего к турбине пара, не допуская снижения перегрева пара ниже 30% по отношению к нормальному.

Следует иметь в виду, что при числе оборотов турбины в интервале 1200—2400 происходит прохождение ротора турбины через число оборотов, кратное критическому; при этом турбина работает беспокойно, с незначительной вибрацией, которая исчезает при повышении числа оборотов. Заранее указать число оборотов, кратное критическому, невозможно, так как для каждой данной турбины оно различно и зависит от степени балансировки ротора. Для спокойного перехода через число оборотов, кратное критическому, число оборотов понижают, а затем снова повышают, быстро проходя нежелательное число оборотов.

При числе оборотов около 2750—2800 начинает работать регулятор. Это характеризуется опусканием клапана. Этот момент фиксируется в записи. Обычно уже при 2900 оборотах клапаны закрыты и можно полностью открыть вентиль; при этом турбина не должна повышать числа оборотов, а плавно переходить на работу регулятора. До 3000 оборотов турбину доводят при помощи механизма, действующего на перестановку муфты регулятора. При этом можно произвести проверку регулятора следующим образом. Маховичок приспособления для изменения числа оборотов поворачивают до отказа в одном направлении и записывают полученное число оборотов. Затем маховичок вращают до отказа в обратном направлении и снова записывают число оборотов. Разность чисел оборотов даст интервал, в пределах которого возможно регулирование при помощи механизма.

Во время работы турбины следует, обойдя всю установку, проверить правильную работу всех механизмов, состояние подшипников и сальников циркуляционного и конденсационного насосов, работу электродов, состояние коллектора возбуждателя и коллектора генератора.

В случае какой-либо неполадки, требующей немедленной остановки турбины, от руки закрывают автоматический клапан и открывают

предохранительный клапан на выпускной трубе. При этом надо одновременно закрыть подвод пара к эжекторам, чтобы путем сбрасывания вакуума быстрее остановить турбогенератор. В момент спешки не следует забывать пустить вспомогательный масляный насос, так как в противном случае при понижении числа оборотов ниже 800—1000 главный насос перестанет подавать масло и начнется сухое трение подшипников со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Тотчас же после остановки следует, даже при вполне благоприятных результатах первого пропуска, вскрыть подшипники и осмотреть верхний и нижний вкладыши опорных, а также сегменты и вкладыши упорных подшипников.

Дефекты в работе подшипников могут быть разбиты на несколько групп:

1. Повышение температуры масла, охлаждающего подшипники.
2. Неправильная работа, вызывающая вибрацию машин.
3. Дефекты в работе только упорных подшипников.
4. Дефекты случайного происхождения.

Причины, вызывающие эти дефекты, могут быть сведены к следующему:

1. Повышение температуры масла может быть вызвано:

- а. Попаданием воды в масло, что обычно происходит при неплотностях в корпусе маслоохладителей либо конденсацией пара в турбинке вспомогательного масляного насоса, а также в случае проникновения воды и пара в масло через лабиринты.

- б. Попаданием песка в масло, что может быть при недостаточной очистке камер подшипников от формовочной земли, которая зачастую при небрежной обработке на заводе закрашивается, а затем, отрываясь, попадает в масляную систему турбогенератора. Иногда попадание песка возможно при плохой очистке от песка маслопроводов после их гнущих.

- в. Засорением отверстий для подвода масла к подшипнику как в корпусе, так и во вкладыше. Причиной этому может быть случайно забытая во время монтажа тряпка или временная заглушка.

- г. Неправильным составом баббита. Для проверки этого обстоятельства следует помнить, что состав баббита, применяемого для вкладышей турбин по стандарту, выработанному комитетом по стандартизации, применяется по марке Б1. Состав его следующий:

► Сурьмы 11—12%

Меди 5—6%

Олово остальное.

Общее количество примесей менее 0,3%. Количество каждой примеси в отдельности менее 0,1%, свинца 0,3%.

Твердость баббита по Бринеллю составляет 30—34.

Такая проверка не может быть произведена без помощи лаборатории.

- д. Малым зазором между шейкой вала и внутренней поверхностью вкладыша.

При этом на вкладыше получается «пакат» со сдиранием отдельных слоев баббита. Для исправления необходимо расфранить внутреннюю поверхность вкладыша, доведя зазор до необходимой величины.

е. Малым развалом нижней половины вкладыша. При этом масло не затягивается под шейку вала и начинается сухое трение.

ж. Теплопередачей от цилиндра к подшипнику при неудачном расположении подшипника. Это составляет уже конструктивный дефект, который устранить нельзя.

2. Неправильная работа подшипников, вызывающая вибрацию машины, может быть по следующим причинам:

а. Небрежная постановка прокладок под рамы и корпуса подшипников, которые при работе турбины разбалтываются и нарушают центровку турбины. В этом случае необходима проверка всей центровки.

б. Неплотное прилегание крышки подшипников к вкладышу.

Вибрация особенно сильна в моменты изменения числа оборотов.

в. Неправильная пригонка вкладышей подшипника. В этом случае вибрация обычно бывает местного характера, так как дрожит только один подшипник.

3. Дефекты в работе упорных подшипников могут быть по следующим причинам:

а. Различная толщина отдельных сегментов. При этом распределение нагрузки неравномерно, что вызывает либо расплавление баббитовой заливки сегментов, либо даже поломку вала, так как упорный диск воспринимает все время нагрузку с переменным знаком, а это вызывает усталость металла.

Проверка по толщине сегментов производится с точностью 0,02—0,03 мм.

б. Неправильная фрезовка либо опиловка скосов и неодинаковое расположение линий качания на всех сегментах.

в. Небрежная очистка корпуса упорного подшипника от грязи и формовочной земли; при этом частицы грязи забиваются между упорным диском и поверхностью сегментов, вызывая повреждение, а иногда и нагрев подшипника.

г. Засорение либо неправильное расположение масляных каналов. В этом случае температура повышается и дело может закончиться выплыванием баббита.

д. Неправильная фрезовка каналов для масла в шаровом кольце относительно отверстий для входа масла в корпус упорного подшипника, вызывающая неправильную смазку отдельных деталей и зачастую нагрев подшипника.

4. Случайные дефекты:

а. Выбывание масла из-под крышки при плохой пригонке крышки к корпусу подшипника или отсутствии в стыке асбестового шнура.

б. Неплотность или большой зазор между валом и отбойным масляным щитком. При этом наблюдается сильное выбрасывание масла из внутренней полости подшипника и образование масляного тумана, оседающего на ближайших частях турбины либо генератора. После

осмотра подшипников следует произвести проверку и осмотр клапанов, механизма регулятора и устранить замеченные мелкие дефекты.

На этом считают паровую часть турбогенератора законченной и готовой к эксплуатации и приступают к сушке генератора.

## Х. СУШКА ГЕНЕРАТОРА

Сушку генератора производят при режиме короткого замыкания. Для этого медной пластинкой соединяют зажимы главного масляного выключателя генератора со стороны генератора, причем масляный выключатель должен быть выключен. Так как токовые трансформаторы обычно включены до масляника, силу тока можно контролировать по амперметру на шите генератора.

В цель возбуждения включают прецизионный амперметр.

Если генератор имеет кольцевое охлаждение, то во время сушки надо открывать люки и двери воздушных камер, чтобы влага могла свободно испаряться.

В отверстие для входа воздуха следует вставить деревянную раму, обтянутую фланелью, чтобы фильтровать входящий в генератор воздух.

Сушку обычно производят при полном числе оборотов агрегата.

Во время сушки каждый час должны производиться следующие замеры:

- 1) температуры окружающего воздуха,
- 2) температуры входящего в генератор воздуха,
- 3) температуры выходящего из генератора воздуха,
- 4) сопротивления изоляции обмотки статора,
- 5) сопротивления цепи возбуждения.

Если в обмотку статора вставлены термомары, то следует ежедневно записывать температуры обмотки статора.

Сушку удобно производить, не останавливая машины, а только снимая ток возбуждения перед каждым измерением сопротивления изоляции.

Так как сопротивление изоляции зависит от температуры, а машина после выключения возбуждения охлаждается, то важно производить измерения через точно определенное время после снятия возбуждения. Например, через 1 мин. измерять сопротивление статора, а через 2 мин. — сопротивление цепи возбуждения.

Для того, чтобы не терять времени при наблюдениях, необходимо концы проводов вывести на поставленный вблизи возбудителя стол, на котором установлены измерительные приборы. К этому столу надо вывести хорошо изолированную проволоку, идущую от выходного конца статора генератора. К оголенному свободному концу этой проволоки не следует дотрагиваться. После снятия возбуждения и перед присоединением к мегаметру свободный конец вспомогательного провода следует привести в соприкосновение с корпусом машины для отвода электрического заряда в землю. Во время этой операции необходимо изолироваться от провода и от земли.

Во время сушки ток возбуждения устанавливают при помощи реостата и магнитного регулятора с таким расчетом, чтобы ток в статоре имел величину, при которой установившаяся температура обмотки статора приближалась бы к  $80^\circ$ , что соответствует приблизительно температуре выходящего воздуха в  $65^\circ$ .

При нормальном числе оборотов и правильной вентиляции ток в статоре обычно держат во время сушки на 20—40% выше нормального. В процессе сушки необходимо следить:

1. За температурой генератора, повышая охлаждение в случае перегрева сверх нормы.
2. За температурой кабелей, кабельных муфт и отводов от генератора, так как зачастую возможно даже выплавление изоляционной массы из муфт. В случае перегрева следует снизить ток и уменьшить количество воздуха, поступающего в генератор, либо убавить количество охлаждающей воды в холодильнике.

Записывая ежедневно сопротивление изоляции, получим кривую, изображенную на фиг. 137, где по оси абсцисс отложено время сушки, а по оси ординат — сопротивление и температура. Тогда соответственно кривая *I* дает изменение сопротивления, а кривая *II* — температуру выходящего воздуха.

Как видно, сопротивление изоляции вначале быстро падает, а затем медленно возрастает.

Сопротивление изоляции в нагретом состоянии должно быть по нормам не меньше, чем

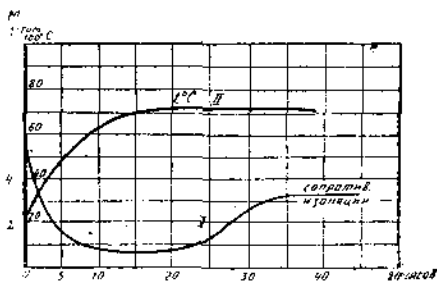
$$\frac{V}{bVA + 1000} \text{ мегом.}$$

Сушку можно считать законченной, когда сопротивление изоляции повышается и имеет величину в 2—3 раза большую предписанной нормами.

Сопротивление изоляции ротора измеряют в начале и в конце сушки, сняв щетки с контактных колец.

Если канты ротора сделаны из поддающейся намагничиванию стали (в настоящее время канты делают почти исключительно из антимагнитного металла), то он с большой силой будет стремиться перемещаться в аксиальном направлении и давление его на вкладыш подшипника будет тем сильнее, чем больше смещен ротор из своего среднего положения. Лобовые части обмотки статора при прохождении тока действуют на ротор, как соленоиды на подвижной железный сердечник.

Если ротор установлен правильно, то он будет одинаково воздействовать на оба подшипника, но при малейшем сдвиге из сред-



Фиг. 137. Кривая сушки генератора.

него положения ротор пойдет дальше в направлении сдвига, пока не упрется в торец вкладыша подшипника галтелью на валу.

Чтобы устранить это явление, приходится иногда передвигать статор в сторону подшипника, на который давит ротор. Из этих соображений надо делать минимальный разбег ротора, приняв во внимание температурную игру.

Время, потребное на сушку, обычно составляет около 24—48 часов и находится, конечно, в зависимости от начального состояния обмоток генератора, т. е. их влажности.

## XI. ПРОБА ТУРБОГЕНЕРАТОРА ПОД НАГРУЗКОЙ

После окончания сушки генератора турбина должна быть остановлена. Прежде всего необходимо разобрать всю проводку и аппаратуру, служившую в период сушки генератора для необходимых замеров.

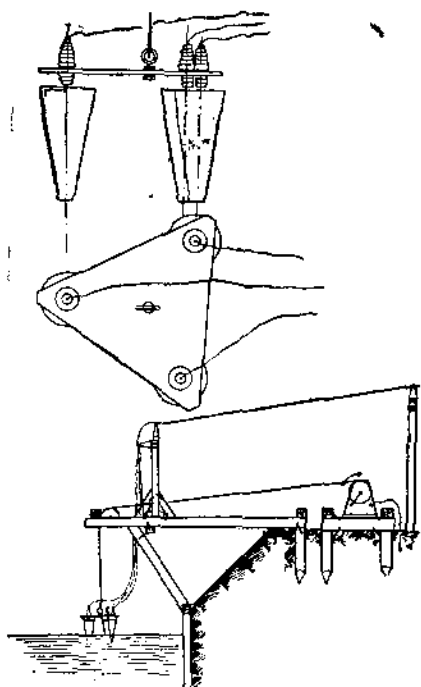
Затем надо снять коротко замыкающую пластинку, установленную перед сушкой на главном масляном выключателе, еще раз осмотреть воздушные камеры генератора и закрыть их, а затем осмотреть весь агрегат в целом. После этого, если не замечено никаких дефектов, можно приступить к испытанию турбогенератора под нагрузкой.

Надо сказать, что первый пуск под нагрузкой не следует делать, прямо включая генератор на сеть, так как возможные неполадки в первый момент пуска и потребность снятия нагрузки отразятся на отдаче энергии абонентам.

Все эти соображения заставляют первый пуск под нагрузкой делать, поглощая энергию при помощи водяных реостатов. Так как обычно тепловые станции расположены вблизи водоемов, то легче всего такой реостат устроить на реке либо озере. Один из простей-

ших типов таких реостатов приведен на фиг. 138. Такой реостат состоит из конических электродов, соединенных между собой траверзой с проходными изоляторами, от клемм которых дана временная кабельная проводка на клеммы генераторного масляника.

Реостат подвешен на тросе. Опускание и поднятие реостата может производиться с помощью лебедки.



Фиг. 138. Реостат для испытания под нагрузкой.

Распределительный щит генератора должен быть обязательно соединен прямым телефоном с местом установки реостата, чтобы легко было регулировать нагрузку и снимать ее в случае необходимости.

В случае установки реостата пластинчатого типа необходимо его усадить в деревянный ящик, в который обеспечен приток воды.

Расход воды на киловатт-час равен около 5 литров.

Когда все эти подготовительные работы закончены, можно приступать к испытанию под нагрузкой.

Первое испытание под нагрузкой служит вместе с тем проверкой исполнения заводом некоторых гарантийных данных. Особенно это касается генератора. Поэтому можно рекомендовать включить параллельно измерительным приборам щита контрольные измерительные приборы.

Описанным выше образом производят пуск турбогенератора. По достижении турбогенератором нормального числа оборотов начинают постепенно давать возбуждение генератору, доводя напряжение статора до нормального значения. В этот момент необходимо весьма тщательно исследовать всю работу машины, особенно генератора, так как вибрации, которые появляются в момент возбуждения, указывают на повреждение изоляции в обмотке ротора. В этом случае надо возбуждение с генератора снять и проверить ход машины; если вибрации исчезнут, то это указывает на то, что обмотка ротора повреждена. Это связано с длительной работой по обнаружению дефекта и исправлению его.

Если при возбуждении ход агрегата нормальный, то можно начинать испытание. Обычно, когда генератор возбужден, то ход турбогенератора становится значительно ровнее и спокойнее, что обусловлено нормальным положением ротора генератора по отношению к статору; при этом муфта между турбиной и генератором работает правильно без аксиальной игры.

Затем по сигналам со щита постепенно опускают реостат, нагружая тем турбогенератор и записывая показания приборов.

Первую запись следует сделать при вполне возбужденном генераторе без нагрузки, обращая особое внимание на величину тока возбуждения. Если ротор в порядке, то ток возбуждения должен соответствовать величине последнего, которая была при заводском испытании, имея в виду равенство напряжений в первом и последнем случаях.

При пробе на реостат надо до возбуждения генератора слегка опустить концы реостата в воду.

Подымать реостат из воды при полном напряжении не рекомендуется.

Нагружать надо вначале медленно, выдерживая паузы в 5 минут между отдельными погружениями реостата. По достижении нагрузки на агрегате, равной 20%, следует выдержать турбогенератор под этой нагрузкой около 10—15 минут, чтобы основательно прогреть турбину и паропроводы и тем избежать резких снижений температуры

пара при быстром росте расхода последнего. Нагрузку постепенно доводят до нормальной, следя за работой регулирования турбины.

Затем нагрузку медленно снимают. Вся операция обычно занимает около 2-х часов. После этого надо снять возбуждение и проверить работу регулятора свертхока. Для этого при выключенном масле-нике замыкают накоротко выводные клеммы последнего со стороны сети. Включают масленик и постепенно возбуждают генератор, доводя ток статора до нормальной величины и выше; при этом ограничитель тока выключает масленик при силе тока, на которую он установлен. При повторении опыта надо предварительно снять возбуждение с генератора и затем уже выключать масленик обратно, так как в противном случае наступит нечто иное, как короткое замыкание со всеми последствиями такового.

Затем производят проверку работы скоростного автомата.

Скоростной автомат обычно установлен так, что прекращает впуск пара в турбину путем захлопывания главного клапана при числе оборотов, превышающем нормальное на 10%.

Доведение турбины до этого числа оборотов производят путем нажатия на муфту регулятора либо на рычаг, связанный с этой муфтой. Нажатие на муфту регулятора надо производить постепенно. При этой операции помимо тахометра, установленного на турбине, следует иметь еще контрольный тахометр прямо на валу агрегата и взаимно контролировать оба прибора.

Если при повышении числа оборотов до 10—12% автомат не срабатывает, необходимо автомат привести в действие от руки. Установка автомата безопасности производится рядом проб на специальном станке на заводе, но все же окончательно установка может быть произведена правильно только на месте, путем опыта. Это указывает, что пробу на разбег необходимо повторить и считать ее окончательной лишь тогда, когда автомат два раза кряду сработал при одинаковом числе оборотов.

Все посторонние лица в момент испытаний должны быть удалены. Персонал должен весь находиться только у передней части турбины, чтобы в случае разбоя таковой и возможной аварии избежать несчастных случаев с людьми.

После испытания автомата безопасности производят пробу на сброс нагрузки. Эту пробу производят при нагрузке в 25, 50, 75 и 100% от нормальной.

Для этого возбуждают генератор и нагружают агрегат при помощи реостата. Когда нужная величина нагрузки достигнута, выключают главный масленик генератора. При этом число оборотов турбины повышается, а регулятор доводит число оборотов до нормального без того, чтобы автомат безопасности сработал.

С особенной осторожностью следует относиться к сбросам нагрузок в 75 и 100 % от нормальной.

При этих испытаниях необходимо определить степень неравномерности регулятора и сравнить ее с заводской гарантией.

Это определение производят следующим образом:

Если имеется пишущий тахометр, то лучше всего снять тахограмму (фиг. 139); в случае же его отсутствия замечают число оборотов по тахометру непосредственно перед сбросом нагрузки  $n_1$ , максимальное увеличение числа оборотов  $n_{\max}$  и максимально установившееся число оборотов после сброса нагрузки  $n_2$ . Степень неравномерности:

$$\delta = \frac{n_2 - n_1}{n_1} \cdot 100\%.$$

Для современных турбин степень неравномерности составляет 3—4%.

Эта величина весьма важна при определении характера параллельной работы турбогенераторов.

Колебания нагрузки принимает в первую голову тот турбогенератор, регулятор которого имеет наименьшую степень неравномерности.

Примерную таблицу для испытания на сброс нагрузок приводим ниже (фиг. 140, стр. 140).

Повышение числа оборотов турбины после сброса нагрузки связано целым рядом причин, из которых основную роль играют следующие:

Закрывание клапанов требует некоторого промежутка времени, в течение которого пар продолжает поступать в турбину.

В момент сброса нагрузки турбина заполнена паром, который продолжает расширяться в отдельных ступенях турбины, производя работу.

Если имеются отборы пара, то возможен возврат пара из отборов через турбину в конденсатор и связанное с этим повышение числа оборотов.

Особенно тяжел сброс нагрузки в турбинных установках, где выхлоп вспомогательных турбин конденсатного либо циркуляционного насосов происходит в промежуточные ступени турбины, при этом, подвергаясь действию регулятора, турбина увеличивает число оборотов.

Все сказанное требует самого тщательного осмотра обратных клапанов на отборах пара, так как в противном случае возможен разрыв турбины при пробе на сброс нагрузки.

Надежность работы турбины требует от регулятора повышения числа оборотов при сбросе не более чем на 5—6%.

После окончания всех описанных выше испытаний турбогенератор можно считать готовым к вводу в эксплуатацию и он может быть приключен к сети для параллельной работы с другими генераторами.



Фиг. 139. Тахограмма пробы скоростного автомата.

| Результат испытания регулятора                |                             |                                       |           | 1932 г.          |                  |                  |
|-----------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------|------------------|------------------|------------------|
|                                               |                             |                                       |           | 5/V              | 5/V              | 5/V              |
| Режим                                         | Мощность ген.               | N <sub>э</sub>                        | кв        | 3500             | 5000             | 8500             |
|                                               | Давл. у вен-<br>тиля        | p <sub>1</sub>                        | ата       | 25               | 27               | 26,5             |
|                                               | ° пара у вент.              | t <sub>1</sub>                        | °C        | 320              | 345              | 330              |
|                                               | Давл. матого<br>пара        | p <sub>2</sub>                        | ата       | 0,05             | 0,06             | 0,06             |
|                                               | Число оборотов              | n <sub>1</sub>                        | об/мин    | 3000             | 3000             | 3000             |
| Время сброса нагрузки                         |                             |                                       | час. мин. | 10 <sup>15</sup> | 11 <sup>00</sup> | 11 <sup>45</sup> |
| Максимальное отклонение через                 |                             |                                       | сек.      | 6,1              | 5,9              | 4,0              |
| Максимальное<br>возрастание<br>числа оборотов | Число оборотов              | n <sub>max</sub>                      | об/мин    | 3080             | 3155             | 3220             |
|                                               | Отклонение от<br>начального | $\frac{n_{max} - n_1}{n_1} \cdot 100$ | %         | 2,67             | 5,17             | 7,32             |
| Установив-<br>шееся число<br>оборотов         | Число оборотов              | n <sub>2</sub>                        | об/мин    | 3030             | 3060             | 3098             |
|                                               | Отклонение от<br>начального | $\frac{n_2 - n_1}{n_1} \cdot 100$     | %         | 1,0              | 2,0              | 3,27             |

Фиг. 140. Испытание регулятора при сбросе нагрузки турбины  
ВВС 11000 кв.

## **XII. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ МОНТАЖНЫХ РАБОТ**

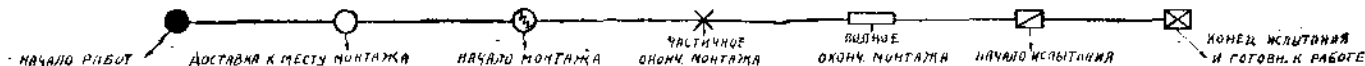
Успешное проведение монтажных работ в большой степени зависит от правильного составления монтажного плана. При монтаже турбогенератора проведение той или иной работы зависит от соответствующей подготовленности отдельных деталей к сборке. В свою очередь отдельные детали могут быть собраны только в определенной последовательности. Конечно, возможны некоторые отклонения от порядка сборки, но в весьма незначительных пределах. Напр., сборка цилиндров может быть произведена только после установки рамы, сборка регулирования — только после установки рамы и цилиндров.

В то же время мы имеем ряд работ, которые могут быть проведены одновременно, с таким расчетом, чтобы окончание таковых давало возможность начать новую работу. Примером такой работы может служить

# МОНТАЖНЫЙ ПЛАН

УСТАНОВКИ ТУРБОГЕНЕРАТОРА ВВС 11000кв. /2<sup>х</sup> ЦИЛИНДР/

ОБОЗНАЧЕНИЯ:



| МЕСЯЦЫ:                  | 1 |   |   | 2 |   |   | 3 |   |   | 4 |   |   | 5 |   |   | 6 |   |   | 7 |   |   | 8 |   |   | 9 |   |   |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ДЕКАДЫ                   | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| ТУРБИНА                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ЦИЛИНДР ВЫСОК. ДАВЛЕН.   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ЦИЛИНДР                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| РОТОР                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ВЕНТИЛЬНЫЕ КОРПУСА       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ВПУСКНОЙ ВЕНТИЛЬ         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ПОДШИПНИКИ               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| САЛЬНИКИ И ЛАБИРИНТЫ     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| РЕГУЛИРОВАНИЕ            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ПРОМЕЖУТОЧ. ПОДШИПНИК    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ОПОРНЫЕ ПЛИТЫ            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ЦИЛИНДР НИЗК. ДАВЛЕН.    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ЦИЛИНДР                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| РОТОР                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ПОДШИПНИКИ               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| САЛЬНИКИ И ЛАБИРИНТЫ     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| СОЕДИНЕНИЕ С ГЕНЕРАТОРОМ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ФУНДАМЕНТ. ПЛИТА         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ГЕНЕРАТОР                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| СТАТОР                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| РОТОР                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ВОЗБУДИТЕЛЬ              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ОХЛАЖДЕНИЕ               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ОБШИВКА                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ЭЛЕКТРИЧЕСК. ЧАСТЬ       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| КОНДЕНСАЦ. УСТ-ВО        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ВОДОСТРУЙНЫЙ НАСОС       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| КОНДЕНСАТНЫЙ НАСОС       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ЦИРКУЛЯЦИОН. НАСОС       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| МОТОР И ПУСКОВ. УСТ-ВО   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| СТРУЙНЫЙ АППАРАТ         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| КОНДЕНСАТОР              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ТРУБОПРОВОДЫ У ТУРБИНЫ   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ПОДОГРЕВАТЕЛИ            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ИСПАРИТЕЛИ               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ПАРОПРОВОДЫ              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

Фиг. 141, План монтажных работ.

первый пуск турбогенератора. Для возможности первого пропуска необходимо окончание механических монтажных работ, турбоприводного и электромонтажа. Таким образом, планируя монтажные работы, надо координировать отдельные процессы так, чтобы достигнуть, во-первых, минимального времени для производства монтажа, во-вторых, избежать моментов, когда из-за неувязки в работах и последовательности таковых получают простои рабочей силы, в-третьих, достичь такого темпа в работах, чтобы во все время монтажа получить равномерное напряжение рабочего процесса без тонки и суетки на отдельных участках. Таким образом план монтажных работ может быть составлен после тщательного взвешивания каждого элемента и полного ясного представления о каждой работе в отдельности. Кроме чисто технической необходимости точного плана, такое мероприятие имеет еще и чисто психологическое значение как для руководителя работы, так и для работающих, стимулируя окончание во-время работ на отдельных участках и служа основанием для соревнования бригад.

Фиг. 141 дает пример графика работ, составленного для конденсационного турбогенератора в 11000 квт. Для различных типов турбогенераторов и различных мощностей план будет изменяться. По времени план значительно изменится в случае применения одно-, двух- и трехмеховой работы. Во всех случаях следует, конечно, стремиться к возможному сокращению сроков окончания монтажных работ. План требует для своего проведения соответствующей подготовки рабочей силы и материалов на всех этапах, так, чтобы по мере развертывания плана в работу вступали все новые рабочие и материальные ресурсы. Обязательно отмечать на плане работ фактическое выполнение таковых, производя это педагогично по окончании каждого рабочего дня. Такая система позволяет легко маневрировать в случае задержек в работе на отдельных участках. В плане не следует упускать из виду работ подсобного характера, связанных с изготовлением на стороне отдельных сложных деталей. Обычно это токарные работы по изготовлению шпилек, болтов, проточке фланцев и т. д. Эти работы зачастую могут сорвать основные крупные монтажные работы и в значительной мере нарушить план.

Производство монтажных работ связано с материальным учетом и так называемой первичной отчетностью.

Правильно поставленная отчетность имеет огромное значение для руководителя, так как в любой момент служит мерилем эффективности проводимой работы и обращает внимание на слабые участки, на которые надо бросить дополнительные силы или рационализировать процесс.

Отчетность необходимо вести в трех направлениях:

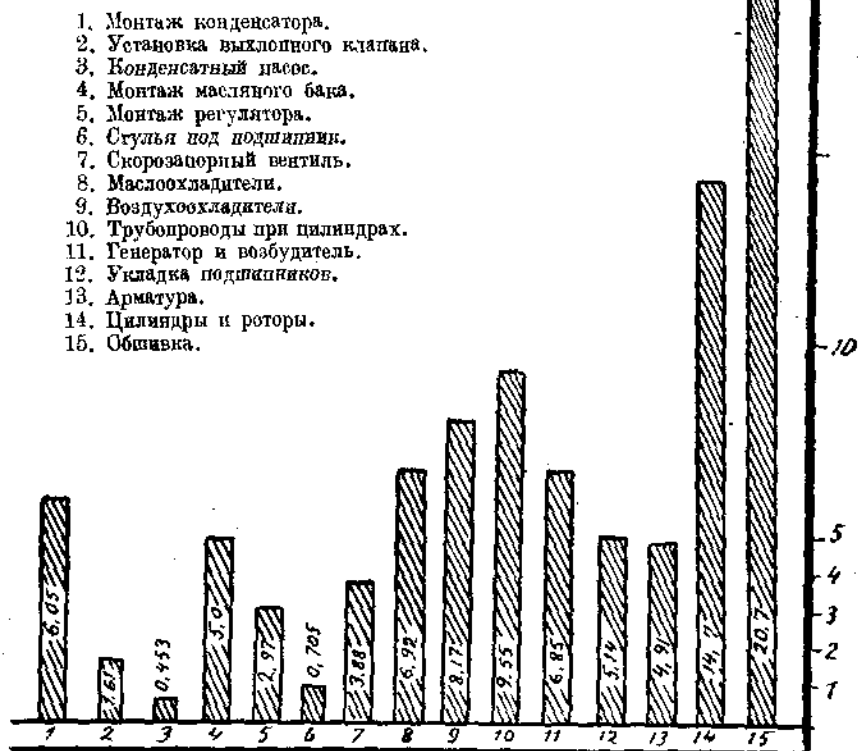
1. Техническая отчетность заключается в ведении журнала работ, в который по окончании рабочего дня надо заносить перечень и объем работ, произведенных за день, расчеты, эскизы на изготовленные детали для монтажа, изменения в проекте с указанием их причин, все задержки, неисправности и дефекты оборудования, а также встретившиеся затруднения и способы их преодоления.

2. Материальная отчетность, т. е. ведение книг прихода и расхода материала, если на монтажной площадке имеется отдельная кладовая, и учет и выписка материалов, если на стройке либо предприятии,

### Диаграмма

Монтаж двухцилиндрового турбогенератора  
11000 квт В.В.С.

Распределение рабочего времени по отдельным группам работ в % (сборка собственно турбогенератора)



Фиг. 142. Диаграмма распределения рабочего времени.

где происходит монтаж, имеется центральный склад. Как в том, так и в другом случае необходимо, чтобы на каждый день была известна материальная обеспеченность монтажных работ, дабы своевременно принять меры для получения нужных материалов, а отсутствие таковых не являлось неожиданностью для руководителя монтажных работ.

Если работа ведется неарядно, то на требования следует проставить номер яряда, чтобы в дальнейшем можно было восстановить стоимость отдельных работ по всем элементам, т. е. труду и материалам.

3. Учет труда может производиться в двух разрезах, сопоставление которых дает понятие об эффективности труда. Это учет времени отдельных работ и учет стоимости работы.

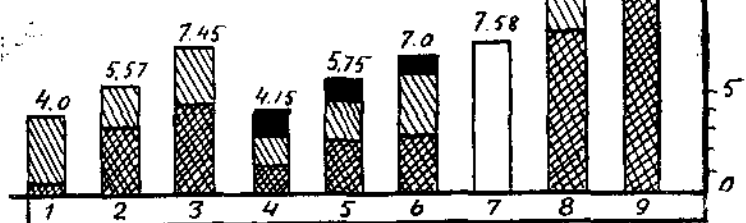
### Диаграмма

Монтаж двухцилиндрового турбогенератора 11000 квт В.В.С.

Распределение рабочего времени по отдельным группам работ в % и по квалификации

Затрачено: 23516 чел/час.  
В сутки: 157 чел/час.  
Ежедневно в среднем: 19,6 чел.

1. Транспортные работы.
2. Вспомогательные строит. работы.
3. Вспомогательные механич. работы.
4. Пригонка частей.
5. Контроль и рихтовка.
6. Монтаж испарит. подогр. у-ва.
7. Технадзор.
8. Сборка собств. турбогенератора.
9. Монтаж трубопроводов.



Фиг. 143. Диаграмма распределения рабочего времени.

Если весь монтаж ведется исключительно по сделному принципу, то таким всесторонним документом служит копия наряда, где бригадиром производится учет работы в человеко-часах по разрядам. Но монтажные работы не всегда допускают сделщину; тогда приходится вести учетные карточки на каждую работу, проставляя ежедневно в человеко-часах по разрядам затраченное время. Таким образом

постепенно создаются нормы монтажных работ. Диаграммы на фиг. 142 и 143 построены на основании ежедневного учета времени, потребного на отдельные работы, и дают некоторое представление о времени в человеко-часах, необходимом при производстве отдельных монтажных работ для турбогенератора мощностью 11000 квт. Надо сказать, что опыт в вопросах нормирования времени на монтажных работах все еще полностью не учтен и остается в виде интуиции отдельных лиц, а между тем такие нормы имеются в действительности и разработка таковых должна стать очередной задачей монтажных организаций, ведущих монтажи в больших масштабах. Это положит предел произволу и гаданиям в этой области, подведет научную базу под планирование трудового процесса при монтаже турбогенераторов.

|                                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Указать все причины затруднений, задержек, дефектов | Декадный рапорт №.....от.....до..... 19..... |
|                                                     | Монтера..... Раб. №.....                     |
|                                                     | Заказчик:.....                               |
|                                                     | Предмет монтажа:.....                        |
|                                                     | Зав. зак.....                                |
|                                                     | О состоянии работ:.....                      |
|                                                     | Предполагаемый срок окончания.....           |
|                                                     | Потребность в материалах:.....               |
|                                                     | Потребность в деньгах:.....                  |
|                                                     | Монтер (подпись)<br>Домашний адрес:.....     |

Фиг. 144. Декадный рапорт.

Учет рабочей силы следует дополнить сведениями о найме и увольнении.

Кроме этой общей отчетности, в случае ведения монтажа представителем монтажной организации на месте приходится производить выплату в расчет за материалы. В таком случае необходима чисто бухгалтерская отчетность в сжатой форме, в виде прихода-расходной

ниги с приложением оправдательных документов по всем статьям расхода.

Сверх того, ежедекадно следует представлять сводку о ходе работ с указанием задержек и необходимых средств и материалов на ближайшее время. Образец такого рапорта дан на фиг. 144.

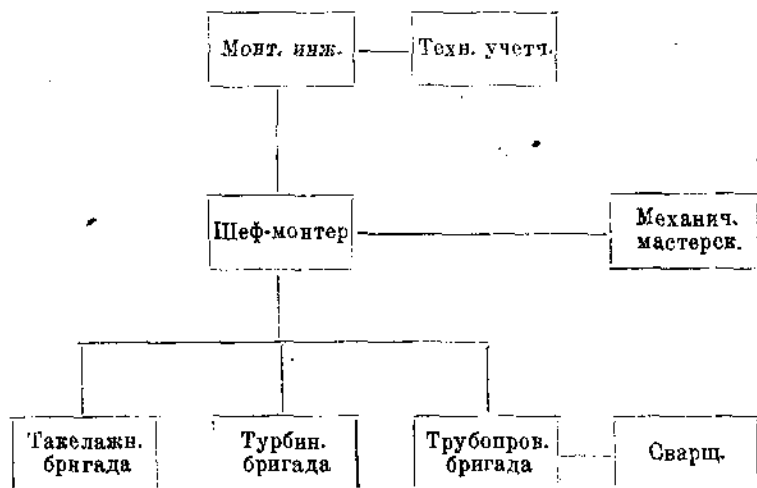
| Декадный монтажный листок № .....                  |       |                            |                     | от ..... до 19 .. г. |  |
|----------------------------------------------------|-------|----------------------------|---------------------|----------------------|--|
| Монтера .....                                      |       |                            |                     | Раб. № .....         |  |
| Заказчик: .....                                    |       |                            |                     | Зав. зак. ....       |  |
| Дни                                                | Число | Часы                       |                     | Описание работ       |  |
|                                                    |       | Норм.                      | Сверх. <sup>1</sup> |                      |  |
| 1                                                  |       |                            |                     |                      |  |
| 2                                                  |       |                            |                     |                      |  |
| 3                                                  |       |                            |                     |                      |  |
| 4                                                  |       |                            |                     |                      |  |
| 5                                                  |       |                            |                     |                      |  |
| 6                                                  |       |                            |                     |                      |  |
| 7                                                  |       |                            |                     |                      |  |
| 8                                                  |       |                            |                     |                      |  |
| 9                                                  |       |                            |                     |                      |  |
| 10                                                 |       |                            |                     |                      |  |
| Итого . . . .                                      |       |                            |                     |                      |  |
| Подпись:                                           |       | Монтера .....              |                     |                      |  |
|                                                    |       | Монтажного инж. ....       |                     |                      |  |
|                                                    |       | Представителя заказч. .... |                     |                      |  |
| <sup>1</sup> Сверхурочные по разрешению Отд. труда |       |                            |                     |                      |  |

Фиг. 145. Монтажный листок.

Если монтаж производит завод, причем оплату работающему на монтаже персоналу производит заказчик, то требуется представление ежедекадно или еженедельно монтажного листка, который служит основанием для оплаты. Оригинал поступает заказчику, одна копия направляется заводу, а другая остается на руках у руководителя монтажных работ. Образец такого монтажного листка дает фиг. 145.

В заключение следует сказать несколько слов о структурной схеме, наиболее рациональной при монтажах турбогенераторов.

Работы электротехнические по монтажу выводов, шин, киосков и т. д. могут быть совершенно выделены. В таком случае шеф-монтер должен обладать необходимыми элементарными познаниями по электротехнике, чтобы знать все правила обращения с генераторами, так как по существу монтаж генератора является чисто механической работой. Тогда структурная схема может быть по образцу представленной на фиг. 146.



146. Организационная структура.

### **ХІІІ. ВОПРОСЫ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ НА МОНТАЖНЫХ РАБОТАХ**

При производстве монтажных работ техника безопасности играет не последнюю роль. Крупные операции с тяжестями, беспорядок на площадке, зачастую срочность работ, могут в значительной мере способствовать повышению травматизма и заболеваемости и тем самым отрицательно влиять на успешность монтажных работ. Все это требует от руководителя работ полного внимания к этому важному вопросу. Внимание к вопросу должно выражаться не только формальным выполнением предписаний инспектуры труда, но техника безопасности должна лечь в основу методов производства монтажных работ на площадке.

С точки зрения техники безопасности подвергаются воздействию руководителя монтажных работ три объекта: люди, внешняя обстановка, инструменты и приборы. Это три элемента, которые служат причиной несчастных случаев. В этой последовательности проведем анализ причин несчастных случаев и мер к их предупреждению.

Л ю д и. Зачастую немалую роль в повышении травматизма играет организация труда и слабый технический надзор. Например, сделщина без учета необходимости разгрузить сдельщика от посторонней работы, возложив таковую на подсобных рабочих на повременной оплате, ведет к спешке, неосторожности, а отсюда и к повышению травматизма. Неправильная разбивка по сменам и сверхурочная работа значительно повышает число несчастных случаев. Играет роль также утомление, а иногда болезненное состояние работающих. Работа в нетрезвом виде, по статистике повышает число несчастных случаев с 82 до 229 на 1000. Неосторожность и небрежность играет, конечно, некоторую роль, повышая число несчастных случаев, но не следует этому приписывать преувеличенное значение, так как в корне этих факторов лежат другие причины.

В значительной степени способствует успешности при проведении мероприятий по технике безопасности личный пример руководителя работ и соблюдение в первую голову им лично всех правил по технике безопасности. В части организации и надзора за персоналом в первую голову следует обратить внимание на подбор персонала в соответствии с работой, поручаемой отдельным лицам. Особое внимание следует уделять не к в а л и ф и ц и р о в а н н ы м рабочим, так как эта группа, будучи мало подготовленной, всегда наиболее подвержена опасности при монтажных работах.

Нельзя неквалифицированного рабочего допускать к работе инструментами, к обращению с которыми он не имеет навыка.

Тут на первом месте должен стоять инструктаж и обучение персонала. Должно быть проведено приращение молодых рабочих к определенным квалифицированным старым рабочим.

Большое значение, особенно при такелажных работах, имеет согласованность действий работающей группы и правильная расстановка сил при работе. Следует строго следить, чтобы под в я з ы в а н и е т я ж е с т е й было выполнено по всем приведенным выше правилам, — это в значительной степени обезопасит все процессы.

Необходимо строго следить, чтобы не было случаев подъема людей при грузовых операциях на блоках, крюках, кранах и т. д.

При опускании крышек турбин должно быть соблюдено правило, при котором в последний момент закрывания делается остановка и проверка, все ли отошли от цилиндра и не держит ли кто-либо рук на фланце разъема, так как это зачастую служит причиной тяжелых несчастных случаев с потерей пальцев.

Опасные работы на высоте либо в тесных горячих местах нельзя вести по сдельному принципу, такие работы должны вестись на повременной оплате.

В отношении лично рабочего прежде всего следует заботиться о костюме, в котором он работает. Костюм должен быть гладкий, не стесняющий и лишенный свисающих либо торчащих полостей. В этом смысле лучшим костюмом является «комбинезон», т. е. шитые вместе брюки и рубашка, причем сзади на поясе должны быть вшиты вертикальные резинки, чтобы при нагибании не затягивать воротника

на шею. Рукава и концы брюк должны застегиваться на пуговицы, чтобы этой частью костюма не задевать и не цепляться за выступы машин и деталей.

Всегда большую борьбу приходится выдерживать снабжая рабочих очками и рукавицами при работах, требующих этих предохранительных приспособлений, напр., рубка чугуна зубилом, работа на наждачном круге, пареноска и перетаскивание листового железа и т. д. За соблюдением этого элементарного правила следует жестко следить, так как поражение глаз является очень частой травмой на монтажных работах.

Как было сказано выше, создание нормальных условий труда — внешней обстановки — в высокой степени устраняет возможность несчастных случаев. Иногда совершенно незаметные мелочи могут быть причиной несчастного случая и в этом смысле всегда следует тщательно продумать все условия работы на площадке.

Прежде всего в деле безопасности труда немаловажную роль играет вопрос уборки.

Загроможденность проходов может вызвать тяжелые увечья для лиц, производящих работы на площадке.

Такая мелочь, как разлитое и не вытертое масло, тавот, мазь, на которых поскользнется рабочий, может стать причиной тяжелых ушибов либо падений.

Очень часто причиной несчастных случаев может быть шум в рабочем помещении, что особенно часто бывает при монтаже, когда началась сборка труб и одновременно с поднятием тяжестей идет насадка фланцев или отбортовка. В этих случаях шум и работы, связанные с этим, следует на время прекратить до окончания ответственной и опасной работы. Часто рабочие производят операции с деталями, веса которых они не знают, и, не получая указаний от лица технического надзора, могут причинить себе тяжелые увечья.

Всегда следует ставить под надзор работы, связанные с применением электричества под напряжением 110 и 220 вольт, так как большие массы металла, с которыми связаны монтажные работы, вода, протекающая из труб, создают все условия для сильных, зачастую смертельных поражений электрическим током.

Во избежание всех перечисленных выше случаев следует на монтажной площадке создавать необходимые условия для безопасности трудовых процессов.

Уборка 2—3 раза в день пола, расстановка в продуманном порядке громоздких деталей, должны войти в нормальную привычку как командного, так и рядового рабочего персонала.

Вне зависимости от требований технического надзора следует провести такие мероприятия в области подъемных приспособлений:

Маркировать все тали, блоки, цепи, тросы, указав предельный допускаемый для подъема на таковых груз.

Цепи, канаты и тросы должны быть испытаны на прочность.

Вес отдельных деталей должен быть указан на них масляной краской, чтобы рабочий знал, с какими массами ему приходится

оперировать. От времени до времени должен быть произведен осмотр и проверка подъемных приспособлений. Надо обращать внимание, чтобы на талях, кранах и лебедках были в порядке тормоза и трещотки.

Если подъем производится лебедкой, то нельзя допускать, чтобы опускание груза производилось при освобожденных быстровращающихся рукоятках, так как это дает целый ряд несчастных случаев.

Обычно турбинный монтаж связан с работой на поверхностях фундаментов, имеющих много проемов, через которые возможно падение работающих с большой высоты.

Все эти проемы в начале монтажа надо закрыть досчатыми щитами из досок в  $1\frac{1}{2}$ —2" и открывать только с момента, когда над таким отверстием идет установка соответствующей детали.

Точно так же в начале монтажа на фундаменте обычно еще не закончены перила: поэтому края фундамента должны быть ограждены досчатым забором в 1,5 м высотой со сплошь зашитой нижней частью, чтобы избежать падения инструментов с высоты на работающих под фундаментом рабочих.

При монтажных работах приходится иногда строить большое количество лесов. На леса нужно обращать внимание, не следует позволять работающим «подмачиваться» и «пристраиваться». Леса должны быть надежны и рассчитаны на тот груз, который будет на них втиснут. Пол лесов должен быть сплошной досчатый. Леса должны иметь прочные ограждения. Очень часто несчастные случаи имеют причину скверное устройство лестниц либо неправильную их установку.

Соскальзывание по гладкому полу и поломка перегруженных лестниц — это частая причина падений и тяжелых ушибов.

После окончания работ следует во время осмотра убедиться, что все тяжести и грузы установлены так, что они не могут соскользнуть либо сдвинуться и находятся в вполне устойчивом состоянии, так как при начале работ следующей смены неосторожное прикосновение либо толчок послужат причиной выхода детали из состояния равновесия, что может причинить тяжелые ушибы и увечья работающим.

Выше мы уже упоминали, что напряжение в электропроводке в 110 вольт представляет большую опасность, особенно при работах в трубах и конденсаторе.

Для этого надо применять напряжение 12—24 вольт, совершенно безопасное для жизни.

Обычно применяют для этого специальные трансформаторы переносного типа. Штепсель и вилка низкого напряжения должны быть такой конструкции, чтобы не допускать возможности применения таковых при штепселе в 110 вольт.

Наконец, рассмотрим последнюю группу несчастных случаев, связанную с неисправностью применяемого инструмента.

Одной из причин несчастных случаев этого рода является работа несответствующим своему назначению инструментом, когда рабочий «приспособляется». Непрочность инструмента, напр., хрупкость зубил либо рукоятки молотков из плохого дерева, служат причиной тяжелых травм глаз и лица окружающих работающего людей.

В последнее время часто наблюдаются несчастные случаи, связанные с применением на монтаже пневматических и электрических бормашин и зубил. Рука рабочего в перчатку. При стремлении направить сверло наматывается на сверло перчатка, а вместе с ней и палец рабочего, — обычно большой, который вырывается с сухожилием. Поэтому этот род механизированных инструментов требует особого инструктажа и надзора. При электробормашинах, кроме того, возможны также поражения электрическим током; поэтому все подводящие провода должны иметь плотную резиновую изоляцию.

Много случаев бывает из-за неисправности гаечных ключей, когда губки на них сбиты либо согнуты. При работе ключ соскакивает с гайки и рабочий руками ударяется о соседние детали машины, причиняя себе более или менее тяжелые повреждения рук.

Во избежание подобных случаев необходимо, чтобы на монтаже было назначено одно лицо, которое должно следить за исправностью инструмента, не допуская к употреблению испорченный либо непрочный инструмент.

Следует еще упомянуть о двух факторах, которые в значительной степени могут влиять на повышение числа несчастных случаев, это ненормальная температура помещения и освещение. При монтажных работах может быть высокая температура, если монтаж производится в залах с действующим оборудованием, и низкая, если монтаж производится зимой на новостройке в недостаточно отапливаемом помещении. В обоих случаях влияние на работающих ненормальной температуры может быть значительным. При низкой температуре суставы становятся малоподвижными, пальцы коченеют, кроме того, теплая одежда стесняет движения. В этих условиях рабочие становятся неповоротливыми, в то время как условия монтажа требуют максимум ловкости и поворотливости.

Чересчур высокая температура у индивидуумов со слабым сердцем вызывает головокружение, носовое кровотечение и даже обмороки. Поэтому следует стремиться к поддержанию в помещении, где происходит монтаж, умеренной температуры порядка 12°C, создавая либо самое примитивное отопление с помощью железных печей, либо устраивая простейшую вентиляцию, если таковой на действующем предприятии нет.

Особо стоит вопрос о правилах безопасности при работах с автогенными аппаратами и электросваркой. По этому вопросу отсылаем к специальным руководствам; в общем же надо заметить следующее:

Генератор газа должен быть установлен в отдельном помещении, доступ в которое посторонним следует воспретить.

Баллоны с кислородом должны храниться в лежачем положении. Переносить баллоны должны не менее двух человек. В одном месте не должно храниться более двух баллонов.

Курение при автогенных работах должно быть воспрещено. Касаясь электросварки, следует заметить, что опасными могут быть поражения током, если сварочное напряжение выбрано около 100 вольт, и поражение глаз светом яркой дуги. Для этого при сварке

работающий должен быть снабжен сварочной маской, в которую вставлены цветные стекла: обычно два красных и между ними одно зеленое, либо два красных и два зеленых. Место сварки должно быть ограждено от прочих помещений легкими экранами из холста либо диэкта для предохранения глаз от яркого света дуги. Во всех случаях сварщики должны иметь плотный брезентовый костюм, плотные ботинки и рукавицы для предохранения тела от брызг металла при сварке.

Указанные мероприятия не могут, конечно, исчерпать всех возможных причин несчастных случаев, однако соблюдение этих элементарных правил безопасности повысит производительность труда и предохранит работающих от так называемых «случайностей», которых можно будет в значительной мере избежать.

---

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### 1. РЕЦЕПТЫ НЕКОТОРЫХ СОСТАВОВ, ПРОМЕНЯЕМЫХ ПРИ МОНТАЖНЫХ РАБОТАХ

#### 1) РАСТВОРЫ

##### Известковый раствор

|                                     |         |
|-------------------------------------|---------|
| Извести гашеной по объему . . . . . | 1 часть |
| Песка по объему . . . . .           | 1 »     |
| Воды по мере надобности.            |         |

Применение: заделка отверстий в кирпичных стенах.

##### Цементный раствор

|                   |                                    |
|-------------------|------------------------------------|
| Цемент . . . . .  | 1 часть (по объему)                |
| Извести . . . . . | $\frac{1}{2}$ —2 части (по объему) |
| Песка . . . . .   | 5—10 частей (по объему)            |
| Воды . . . . .    | 1,3—1,7 части (по объему)          |

Применение: заделка отверстий в бетонных и кирпичных стенах и заму-ровка крошечных.

##### Бетон

|                  |                     |
|------------------|---------------------|
| Щебня . . . . .  | 4—10 ч. (по объему) |
| Песка . . . . .  | 2—5 ч. (по объему)  |
| Цемент . . . . . | 1 ч. (по объему)    |

Применение: фундаменты под вспомогательные агрегаты.

#### 2) ЗАМАЗКИ

##### Замазка для отливок

|                              |                 |
|------------------------------|-----------------|
| Сала . . . . .               | 1 часть по весу |
| Гарпунса (канифоль). . . . . | 2 » » »         |
| Воска . . . . .              | 8 » » »         |
| Чугунных стружек . . . . .   | 24 » » »        |

Применение: исправление пористых чугунных отливок. Исправляемые места подогреваются путем накладывания раскаленного железа и затем заливаются охлажденной, но еще жидкой замазкой.

Для той же цели

|                   |              |
|-------------------|--------------|
| Свинца . . . . .  | 9 ч. по весу |
| Сурьмы . . . . .  | 2 ч. » »     |
| Висмута . . . . . | 1 ч. » »     |

или

|                   |              |
|-------------------|--------------|
| Свинца . . . . .  | 8 ч. по весу |
| Сурьмы . . . . .  | 3 ч. » »     |
| Висмута . . . . . | 1 ч. » »     |

Для очень пористых отливок

|                         |              |
|-------------------------|--------------|
| Воды . . . . .          | 100 ч. п в с |
| Нашатыря . . . . .      | 15 ч. » »    |
| Серного цвета . . . . . | 15 » » »     |
| Ржаной муки! . . . . .  | 2 » » »      |

Замазку наносят на отливку и затем опускают в воду, чтобы под давлением воды замаска глубже проникла в поры. Затвердевает через сутки.

#### Замаска для дерева

|                            |                                              |
|----------------------------|----------------------------------------------|
| Льняная олифа . . . . .    | } Замешать до<br>тестообразного<br>состояния |
| Мел . . . . .              |                                              |
| Свинцовые белила . . . . . |                                              |

#### Суриксовая замаска

|                           |              |
|---------------------------|--------------|
| Сурика . . . . .          | 2 ч. по весу |
| Белил свинцовых . . . . . | 5 ч. » »     |

Может быть заменена готовыми замасками, как, напр., веронит, манганезит, манганол. Применяется для смазывания прокладок для воды и пара.

#### Железная замаска

|                                     |              |
|-------------------------------------|--------------|
| Серного цвета . . . . .             | 1 ч. по весу |
| Нашатыря . . . . .                  | 2 ч. » »     |
| Железной стружки в уксусе . . . . . | 10 ч. » »    |

Применяется для соединений чугунных и железных раструбных труб.

#### Глицериновая замаска

Смесь глета с глицеринем растирается до консистенции мази. Применяется для раструбных соединений водяных труб.

#### Смоляная замаска

|                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| Гарпнуса . . . . .               | 1 ч. по весу |
| Олифы подогретой . . . . .       | 1 ч. » »     |
| Гидравлической извести . . . . . | 8 ч. » »     |
| Свинцовых белил . . . . .        | 3 ч. » »     |

Применяется для раструбных соединений водяных труб.

#### Замаска для железа

|                           |              |
|---------------------------|--------------|
| Серы . . . . .            | 3 ч. по весу |
| Свинцовых белил . . . . . | 3 ч. » »     |
| Буры . . . . .            | 1 ч. » »     |

Предварительно поверхность железа смазывают крепкой серной кислотой и затем обсыпают вышеприведенным раствором и крепко спрессовывают. Затвердевание продолжается несколько дней.

### Замазка для железных шты ей в камне

|                           |              |
|---------------------------|--------------|
| Цемента. . . . .          | 4 ч. по весу |
| Кирпичной муки . . . . .  | 4 ч. » »     |
| Железных опилок . . . . . | 1 ч. » »     |

### Замазка для дерева или стекла на железе

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| Расплавленного шеплака. . . . . | 2 ч. |
| Плавленного мела . . . . .      | 1 ч. |

Наносится в горячем виде.

### Замазка для металлов на стекле

|                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| Воска . . . . .                   | 2 ч. по весу |
| Песка. . . . .                    | 1 ч. » »     |
| Расплавленного гарпиуса . . . . . | 4 ч. » »     |
| Муки кирпичной . . . . .          | 1 ч. » »     |

Наносится в горячем виде.

или

|                             |               |
|-----------------------------|---------------|
| Копалового лака . . . . .   | 15 ч. по весу |
| Льняного масла . . . . .    | 5 ч. » »      |
| Терпентина . . . . .        | 3 ч. » »      |
| Клея корабельного . . . . . | 5 ч. » »      |

Смешивать на водяной бане и смешать с гашеной известью до порошковидного состояния

### Замазка для стекла в металлических гильзах

|                        |             |
|------------------------|-------------|
| Гарпиуса . . . . .     | 8 ч по весу |
| Воска . . . . .        | 2 » » »     |
| Окиси железа . . . . . | 4 » » »     |
| Терпентина . . . . .   | 1 » » »     |

## 3) МАТЕРИАЛ ДЛЯ ШЛИФОВНИ

Обычно применяются кварцит, кремнь, кварцевый песок либо искусственные карборунд ( $\text{SiC}$ ) и толченное стекло.

Из содержащих глинозем применяют естественные:

Корунд, содержащий 95%  $\text{Al}_2\text{O}_3$

Наждак, содержащий 60%  $\text{Al}_2\text{O}_3$

Искусственные: корунды, диамантин, алундум, электрит и т. д.

Все эти вещества применяют в разных видах в виде напильников, сверл, камней, шайб и порошка.

## 4) МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОЛИРОВНИ

Мелкий наждак.

Окись железа под названием: английская красная,

*Saput mortuum*, *stocua mortis*, колкотур.

Парижская красная.

Окись алюминия из квасцов.

Окись хрома.

Все эти составы применяют в виде мельчайшего порошка либо растертым с водой, спиртом, маслом, глицерином. либо в виде пасты.

## II. СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Приемка масел должна производиться после соответствующей пробы и анализа.

Отбор пробы из бочек и бидонов производится следующим образом:

а. Из каждой подлежащей приемке партии отбирают по указанию приемщика не менее 2% бочек или бидонов; если в партии менее 10 бочек, отбирают не менее одной бочки или бидона, а если в партии свыше 10 упаковочных мест, — не менее двух.

б. Из каждой отобранной бочки или бидона отбирают пробу объемом не менее 1200 см<sup>3</sup>.

в. Пробу масла отбирают длинной трубкой диаметром около 20 мм или специальным ливером после предварительного взбалтывания масла катанием бочки или бидона взад и вперед. Перед взятием проб прибор для взятия пробы промывают продуктом, из которого отбирают пробу.

В случае требования приемщика пробу отбирают после отстаивания содержимого бочки или бидона в течение 24 час. Проба производится в лаборатории по специальной инструкции для испытания масел (см. специальные руководства, напр., инж. Давидов, «Вопросы применения масел на электростанциях», и др. Нефтяного издательства).

Таблица 1

| Название<br>масла | Уд. вес при<br>15°С | Вязкость по<br>Энглери при<br>50°С | t° вспышки<br>по Брен. | Нагревая<br>проба | Минеральные<br>кислоты и щелоч. | Кислот. в мг<br>КОН | Зола %       | Десмульс. по<br>R. E. | Окисляе-<br>мость |              | t° застывания |
|-------------------|---------------------|------------------------------------|------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------|--------------|-----------------------|-------------------|--------------|---------------|
|                   |                     |                                    |                        |                   |                                 |                     |              |                       | % окис-<br>ления  | %<br>шлама   |               |
| Экстра легкое     | 0,880—0,905         | 2,5—2,9                            | 165                    | Отлич. - I балл   | Полное отсут.                   | Не выше 0,07        | Не выше 0,01 | R.E. = 100            | Не более 0,3      | Не более 0,1 | —15           |
| Легкое . . .      | 0,885—0,905         | 3,0—3,5                            | 175                    |                   |                                 |                     |              |                       |                   |              | —15           |
| Среднее . . .     | 0,890—0,910         | 4,0—4,5                            | 180                    |                   |                                 |                     |              |                       |                   |              | —10           |

Таблица 2

| Название<br>масла | t° вспышки<br>по Бренкеру | Вязкость по<br>Заслери<br>при 50°С | Нагревая<br>проба | Кислотность<br>мг КОН<br>не выше | Минеральная<br>кислотность<br>и щелочность | Зола в %<br>не выше | Десмульс.<br>по Коппрау                 | % осадка | Кислотность<br>в мг КОН | t° застывания<br>не выше |
|-------------------|---------------------------|------------------------------------|-------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------|----------|-------------------------|--------------------------|
| Турбинное<br>Л    | 175                       | 2,9—3,2                            | I балл            | 0,07                             | Отсутствие                                 | 0,005               | Отсутств. учитываемого<br>слоя эмульсии | 0,15     | 0,60                    | —10°С.                   |
| Турбинное<br>М    | 180                       | 5,0—4,5                            | »                 | 0,07                             |                                            | 0,005               |                                         | 0,15     | 0,60                    | —10°С                    |
| Турбинное<br>ЛМ   | 180                       | 3,5—4,0                            | »                 | 0,07                             |                                            | 0,005               |                                         | 0,15     | 0,60                    | —10°С                    |

### III. СПЛАВЫ И ЗАЛИВКИ ВКЛАДЫШЕЙ

|                    |  |     |           |             |
|--------------------|--|-----|-----------|-------------|
| Бронза: алюминевая |  | Cu  | 90—97     | (% по весу) |
|                    |  | Al  | 3—10      | » » »       |
| фосфористая        |  | Cu  | 70—90     | » » »       |
|                    |  | Sn  | 4—13      | » » »       |
|                    |  | Pb  | 5,5—16    | » » »       |
|                    |  | P   | 0,5—1     | » » »       |
|                    |  | или |           |             |
|                    |  | Cu  | 78—90     | » » »       |
|                    |  | Sn  | 7—20      | » » »       |
|                    |  | Zn  | 0—7       | » » »       |
|                    |  | P   | 0—2       | » » »       |
| Баббит:            |  | Sn  | 15—16     | » » »       |
|                    |  | Pb  | 64,5—67,5 | » » »       |
|                    |  | Sb  | 15—16,5   | » » »       |
|                    |  | Cu  | 2,5—3     | » » »       |

Характеристика баббитов по ГОСТ

| Марка | Sb<br>Сурьма | Cu<br>Медь | Sn<br>Олово | Pb<br>Свинец | Примеси                                                                                                    | Область применения                   |
|-------|--------------|------------|-------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Б1    | 11—12        | 5—6        | Остальное   | —            | Общее количество менее 0,3%; количество каждой примеси в отдельности менее 0,1%; свинца до 0,3%            | Турбогенераторы                      |
| Б2    | 15—16,5      | 2,5—3      | 15—16       | Остальное    | Общее количество менее 0,3%; количество каждой примеси в отдельности менее 0,1%; % олова не выше % сурьмы. | Для всех машин, кроме указанных выше |

Припуск на прибыль и обработку для заливки вкладышей

| Толщина стенок<br>вкладыша в мм | Диаметр вкладыша<br>в мм | Припуск на обработку на сторону<br>в мм | Припуск на прибыль в % к высоте<br>литья |
|---------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|
| 6—10                            | 0—50                     | 1—3                                     | 5                                        |
| 10—14                           | 50—100                   | 3—5                                     | 10                                       |
| 14—20                           | 100—200                  | 5—10                                    | 10—20                                    |
| 20 и больше                     | 200 и больше             | 10—15                                   | 10—20                                    |

### Литературные источники

1. Г. С. Жиряцкий, проф., Паровые турбины, т. I и II, Киев, 1930—1931.
2. Г. С. Жиряцкий, проф., Атлас по паровым турбинам, 1930.
3. А. А. Раддиг, проф., Теория и расчет конденсационных установок, Москва—Ленинград, 1930.
4. С. М. Лосев, инж., Паровые турбогенераторы, часть I, Москва—Ленинград, 1931.
5. Р. Дж. Каула, И. В. Робинсон и М. И. Яновский, Конденсационные установки, Ленинград, 1929.
6. К. Цитеман, Расчет и конструкция паровых турбин, Ленинград—Москва, 1933.
7. Л. Я. Вершадский, инж., Техника ремонтно-монтажного дела, т. I и II, Москва, 1929.
8. О. Лаше и В. Кизер, Материалы и конструкции в турбо- и динамостроении.
9. М. Я. Бень и Б. В. Шостакович, инж., Центровая паровой турбины, Гос. энерг. изд., 1932.
10. Б. В. Шостакович и М. Я. Бень, инж., Испытание паровой турбины на заводском стане, Ленинградское областное издательство 1932.
11. С. А. Кабанов, инж. технолог, Монтаж электрических машин и ремонт их, Ленинград, 1931.
12. Гессе Г. К., Пуск и обслуживание турбогенератора.
13. А. В. Щегляев, инж., Испытание паровой турбины.
14. Библиотека нормативных материалов по теплотехнике. Серия ПТ, Вып. I и 2, Паровые турбины, Москва, 1930.
15. Давидов Н. А., Регирер А. М., Черножуков Н. И., Бутков Н. А., инж., Вопросы применения масел на электрических станциях. Турбинные и трансформаторные масла.
16. Черножуков Н. И. и Лосиков Б. В., Наблюдение и правила ухода за турбинным маслом, Энергоиздат, 1932.
17. Бурдаков А. А., проф., Центробежные насосы, ГТИ, Москва, 1931.
18. «Русско-германский вестник науки и техники», 1931.
19. «Известия всесоюзного теплотехнического института», 1931—1932.
20. Террел Крофт, Принципы и практика паровых турбин, Изд. Северо-западного областного промышленного ВСНХ, Ленинград, 1927.
21. «Тепло и Сила», 1931—1933.
22. «Power», 1931—1932.
23. Дуббель Г., Справочная книга по машиностроению, т. I и II.
24. А. М. Авко, Монтаж паропроводов, ОГИЗ, Москва, 1933.
25. П. Н. Кузьмин, Ремонт турбопроводов.
26. Г. И. Добкин и Д. И. Файнберг, (Минск), Установка турбогенератора бесподвального типа завода Метрополитен-Виккерс, «Тепло и сила», № 2, 1932.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                            | Стр. |
|----------------------------------------------------------------------------|------|
| Предисловие . . . . .                                                      | 3    |
| I. Приемка на заводе, упаковка и отправка . . . . .                        | 5    |
| II. Подготовительные работы . . . . .                                      | 9    |
| III. Измерительные инструменты и методы измерений . . . . .                | 19   |
| IV. Танкальные работы . . . . .                                            | 30   |
| V. Монтажные работы . . . . .                                              | 45   |
| 1. Чистка . . . . .                                                        | 45   |
| 2. Подготовка фундамента . . . . .                                         | 48   |
| 3. Разбивка осей и установка рам . . . . .                                 | 54   |
| 4. Установка конденсатора . . . . .                                        | 61   |
| 5. Установка нижних частей цилиндра турбины . . . . .                      | 67   |
| 6. Центровка цилиндров . . . . .                                           | 70   |
| 7. Установка вкладышей подшипников . . . . .                               | 71   |
| 8. Установка статора генератора . . . . .                                  | 73   |
| 9. Центровка валов . . . . .                                               | 79   |
| 10. Сборка уплотнений и сальников . . . . .                                | 84   |
| 11. Закрывание турбины . . . . .                                           | 88   |
| 12. Сборка масляных насосов . . . . .                                      | 91   |
| 13. Сборка регулятора . . . . .                                            | 92   |
| 14. Сборка регулятора безопасности . . . . .                               | 95   |
| 15. Сборка клапанов и клапанного механизма . . . . .                       | 98   |
| 16. Установка масляного бака . . . . .                                     | 99   |
| 17. Сборка системы охлаждения генератора . . . . .                         | 100  |
| VI. Монтаж и установка вспомогательного оборудования . . . . .             | 101  |
| 1. Установка циркуляционных и конденсатных насосов . . . . .               | 101  |
| 2. Установка паровых эжекторов и водоструйных аппаратов . . . . .          | 103  |
| 3. Установка маслоохладителей . . . . .                                    | 103  |
| VII. Трубопроводные работы и монтаж трубопроводов . . . . .                | 105  |
| 1. Гнутье труб . . . . .                                                   | 106  |
| 2. Фасонные детали и фланцы . . . . .                                      | 109  |
| 3. Прокладки и набивки . . . . .                                           | 112  |
| 4. Температурные расширения трубопроводов и компенсаторы . . . . .         | 112  |
| 5. Водостводчики и конденсационные горшки . . . . .                        | 113  |
| 6. Вентили, задвижки и краны . . . . .                                     | 114  |
| 7. Подвески и опоры паро- и трубопроводов . . . . .                        | 115  |
| 8. Изоляция трубо- и паропроводов . . . . .                                | 116  |
| 9. Испытание паро- и трубопроводной системы . . . . .                      | 118  |
| VIII. Монтаж измерительных приборов . . . . .                              | 119  |
| IX. Пробный пуск турбогенератора . . . . .                                 | 122  |
| X. Сушка генератора . . . . .                                              | 134  |
| XI. Проба турбогенератора под нагрузкой . . . . .                          | 136  |
| XII. Организация и планирование монтажных работ . . . . .                  | 140  |
| XIII. Вопросы техники безопасности на монтажных работах . . . . .          | 146  |
| Приложение . . . . .                                                       | 150  |
| I. Рецепты некоторых составов, применяемых при монтажных работах . . . . . | 152  |
| II. Смазочные материалы . . . . .                                          | 155  |
| III. Сплав и заливка вкладышей . . . . .                                   | 156  |

Киевск. филия ГНТИУ. Сдано к набору 30/XI 1933 г. Подписано к печати 17/X 1934 г.  
 Формат бумаги 1/16 62×94 см. Вес пер. стопы 36 кг. На печатном листе 45.000 знаков.



ДЕРЖАВНЕ НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ВИДАВНИЦТВО УКРАЇНИ

ОНТИ-ДНТУ

Харків, Пролетарський майдан, 7.

ПЕЧАТАЕТСЯ:

ВАСИЛЕНКО.

## СПРАВОЧНИК ПО КОТЛОНАДЗОРУ.

ОНТИ-ГНТИУ. 15 печ. л. Тираж 5.000 экз. Ориент. цена 3 руб. 75 коп.

**СОДЕРЖАНИЕ.** I. Материалы для постройки и ремонта котлов. II. Существующие методы испытания материалов. III. Испытание материалов. IV. Правила для постройки и расчета паровых котлов. V. Применение расчета котлов давлением до 22 атм. VI. Борьба с разъемом паровых котлов. VII. Повреждения котлов и их ремонт.

В справочнике подробно изложены процессы работы паровых котлов и ухода за ними. Материал разбит на две части: специальную и постановления НКТ СССР по технике безопасности.

Книга рассчитана на инженеров, техников, мастеров и теплотехников, обслуживающих паровые котлы.

ГІРШБЕРГ.

## СУЧАСНІ КОМПРЕСОРНІ ДИЗЕЛІ СЕРЕДНЬОЇ ПОТУЖНОСТІ БУДОВИ РАДЯНСЬКИХ ЗАВОДІВ.

ОНТИ-ДНТУ. 3 др. арк. Тираж 10.000 прим.

**ЗМІСТ.** 1. Що таке безкомпресорний дизель. 2. Які дизелі і на яких заводах будуються в СРСР. 3. Безкомпресорні дизелі з „струй розпилом“. Дизель системи Ман типа Г. Дизель системи Дейц типа М. 4. Безкомпресорні дизелі з форкамерним розпилом. 5. Основні тенденції розвитку конструкції цих форм безкомпресорних дизелів.

Книгу розраховано на заводських робітників, monterів, механіків, вибітників, а також студентів вистів.

ЖИРИЦЬКИЙ Г. С.

## АТЛАС ПО ПАРОВИМ МАШИНАМ.

ОНТИ-ГНТИУ. 17 печ. л. Тираж 3.000 экз.

Ориент. цена 8 руб.

**СОДЕРЖАНИЕ.** В атласе даны распространенные конструкции паровых машин с деталями. Всего 64 таблицы. Разобраны все применяемые у нас в энергопромышленности паровые машины, включая передвижных. Атлас сопровождается текстом.

Книжка рассчитана на студентов ВТУЗ'ов и конструкторов.

**ПРОДАЖ** по всіх книгарнях Книготоргу ОНТИ-ДНТУ, Укркнигоцентру та Вукопкниги.

Замовлення надсилайте: Харків, Пролетарський майдан, 7  
та Київ, вул. Свердлова, 2/9, Книготоргу ОНТИ.

Ассортиментний сектор Книготоргу ОНТИ.