

9178 544 Л. А. БЕЛЯВСКИЙ

БЕТОННЫЕ ДОРОГИ



ОГИЗ ГОСТРАНСИЗДАТ
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ЛЕНИНГРАД 1934

1. ОБЗОР РАЗВИТИЯ БЕТОННЫХ ДОРОГ.

Появление бетонных дорог было вызвано сильным развитием автомобильных сообщений, а так как почти всем требованиям, которые могут быть предъявлены автодвижением, бетонные дороги удовлетворяют, то строительство этих дорог росло вместе с ростом автопромышленности и развитием автомобильного движения.

Родиной бетонных дорог принято считать Северо-Американские Соединенные Штаты.

Начало постройки первых бетонных дорог в САСШ можно отнести к 1884 г. (штат Огайо). Построенные в 1894 г. в Бельфонте¹ (штат Огайо), и в 1904 г. в Лемар (штат Айова), бетонные дороги находятся в эксплуатации еще до сих пор. Систематическое строительство дорог нового типа началось лишь с 1909 г., причем до 1911 г. строительство шло сдержанными темпами, было строительством опытным, при этом все же дало до 500 км бетонных дорог, преимущественно в городах и пригородах.

За время с 1911 до 1917 гг., до вступления САСШ в мировую империалистическую войну, было построено уже 8000 км бетонных дорог.

Во время войны бетонно-дорожное строительство, как и все виды промышленности САСШ, было приспособлено для удовлетворения военных потребностей.

Бетонная одежда в эти годы устраивалась на дорогах военных лагерей, на дорогах служащих для военных перевозок, на подъездных путях к военным заводам и узлам.

Под влиянием тяжелого движения военных автомобилей и артиллерии приходили в негодность существовавшие покрытия дорог, которые перестраивались на cemento-бетонные. Поэтому интенсивность постройки бетонных дорог в 1917—1918 г. не упала, и за эти годы было построено больше 4500 км.

После усовершенствования бетонно-дорожных машин, примерно с 1919 г., строительство бетонных дорог в САСШ, полностью механизированное, становится еще более интенсивным. В эти годы САСШ насыщаются автомобилями, требующими хорошей дороги. К тому времени бетонные дороги успели себя хорошо зарекомендовать в течение 8—10 лет своей службы (причем в военные годы в очень суровых условиях).

В настоящее время бетонные дороги в САСШ занимают первое место среди усовершенствованных дорог, а по отношению к общей длине федеральных штатных дорог составляют 12,5%, но годичный объем бетонно-дорожных работ за последние годы, вследствие кризиса, несколько упал.

¹ Первая американская дорога была двуслойной.

В Англии первая бетонная дорога была построена в 1865 г. (Шотландия), однако до развития постройки бетонных дорог в САСШ на применение бетона для дорожного строительства в Европе не было установившегося взгляда. После войны строительство бетонных дорог и здесь начало расти. Новые многочисленные окружные дороги Англии строятся из бетона.

Помимо самой Англии, с 1914—1915 г. строительство дорог началось и в ее доминионах — в Канаде, Австралии и Новой Зеландии, причем две последние страны по количеству построенных бетонных дорог значительно обогнали метрополию и стоят сейчас на втором месте, вслед за Америкой.

В Италии строительство бетонных дорог вначале носило иной характер, чем в САСШ.

В то время, как в Америке все внимание было сосредоточено на темпах постройки и на вопросах механизации строительства, причем ставилось задачей в кратчайший срок заменить слабые дорожные покрытия на ряде магистралей прочной бетонной одеждой, — в Италии к бетонным дорогам подошли, как к дорогам новым, специально автомобильным, и сразу же предъявили к ним особые повышенные технические требования. Примером таких дорог — „автострад“ — являются построенные в Северной Италии линии от Милана до озер Комо, Маджоре и др., общей длиной 86 км, и шириной одежды в 15 м, с пологими радиусами, с расположением пересечений автострады с ж.-д. и автогужевыми путями в разных уровнях.

Впрочем сейчас и другие страны усилили технические требования при постройке дорог, а в САСШ производится даже полная перестройка неудовлетворительных участков ранее построенных бетонных дорог.

Построив в Северной Италии, являющейся местом многочисленных экскурсий иностранных туристов и обладающей рядом всемирно известных курортов, кроме указанных дорог, ряд других, обеспечив интенсивное дорожное движение образцовой сетью и изучив опыт этого строительства, итальянцы перешли к постройке бетонных дорог в Римской провинции, и взамен старых, уже заброшенных было, римских дорог, возвели в 1930 г. ряд трактов с бетонной одеждой, как например Рим — Альбано (25 км), шириной 10—12 м, по исторической „Виа Аппиа“, Рим — Неаполь (275 км), с шириной проезда 5 1/2 м, по „Виа Казелина“. При проведении последней дороги, захватывающей богатейшие садоводческие и винодельческие районы, установка была не столько на транзитное и автомобильное движение, как на широкий пропуск грузов в местных экипажах, старинного образца, с узкими ободами колес — и в соответствии с этим ряд требований, предъявляемых к автостоадам, был снят, а конструкция одежды была переработана в целях придания ей большей прочности.

Во Франции старейшая бетонная мостовая была построена в 1876 г. на одной из улиц Гренобля. В 90-х годах было построено еще несколько дорог, причем строители стремились осуществить бетонную дорогу в виде основания из тощего бетона значительной толщины (20—25 см), смазанного тонким (3—4 см) верхним слоем цементного раствора. Слабым местом такой конструкции являлась недостаточная связность корки с основанием. Дальнейшим развитием явилось устройство верхнего слоя из гравийного бетона. Наконец, после войны началось в большом объеме переустройство шоссейных дорог на бетонные, но при том лишь на небольших участках с интенсивным и подчас тяжелым движением (грузовики на сплошных шинах, повозки с железными ободами). Отсюда особенности современного французского строительства, — исключительно двуслойные одежды, высокая проч-

ность верхнего слоя, в самой постройке — усиленное внимание вопросам обработки бетона: вибраторы, специальные составы бетона. Достигнув в этом большого успеха, бетонная двуслойная одежда с 1922 г. вытеснила все применявшиеся до этого во Франции типы бетонных дорог. Относительно малый масштаб работ (156 км за 10 лет) не вызывал еще острой необходимости в большой механизации работ.

В Германии бетон как материал для оснований дорожных покрытий, — асфальтовых и торцовых, — применялся с середины 19-го века. Первый опыт применения бетона в качестве слоя износа был сделан в 1891 году в ряде германских городов: Лейпциге, Бреславле, Цвикау, Штетине, Бремене и др. Эти дороги являлись незначительными по своему протяжению, но показали высокие эксплуатационные качества; так например, покрытие в Тиргартене (Берлин) просуществовало без значительных повреждений свыше 20 лет.

Первая междугородная бетонная дорога в Германии была построена лишь в 1915 г. в Грюнвальде, под Берлином, дл. 240 м, шир. 8 м в два слоя общей толщиной в 21,5 см.

Наличие бетонных дорог во всех странах света приведено в таблице 1.

Таблица 1¹

Название страны	Длина бетонных дорог в км	Средняя ширина в м	Примечания
САСШ	117 100*	5,5—6,0	* Таблица составлена на основании данных, опубликованных Департаментом Промышленности САСШ в Бюлетене Международной постоянной Ассоциации Дорожных Конгрессов № 85, февраль 1933 г. Париж.
Канада	4 340	—	
Австралия	2 930	—	* По статистическим данным журнала Betonstrasse в 1931 г. и другим данным, в этих странах имеется большое количество бетонных дорог, а именно: в САСШ 145 000 км, в Германии 380 км, во Франции 156 км. Расхождение в цифрах следует объяснить тем, что часть пригородных дорог не охвачена статистикой Ассоциации.
Новая Зеландия	580	—	
Англия и Сев. Ирландия	580	6,7	* По 2—3 км дорог имеется в Дании, Панаме, на о-ве Кубе, в Гондурасе, Сиаме и в Южно-Африканском Союзе.
Испания	460	—	
Голландия	380	6,0	
Италия	300	11,5	
Венецуэла	250	—	
Бельгия	250	5,4	
Ирландия	240	—	
Гавай	230	—	
Германия	200*	5,6	
Бразилия	100	—	
Франция	100*	5,4	
Уругвай	100	—	
Перу	100	—	
Венгрия	90	6,0	
Чехословакия	70	—	
Швейцария	40	5,7	
Алжир	40	—	
Швеция	40	5,6	
Австрия	30	10,0	
Филиппины	30	—	
Сомали (итал.)	30	—	
Гонгконг	30	—	
Костарика	25	—	
Люксембург	20	—	
Ирак	15	—	
Финляндия	5	—	
Прочие страны*	15	—	
	128 720		

Удельный вес САСШ в строительстве бетонных дорог из этой таблицы выступает очень выпукло.

В мировом дорожном хозяйстве роль бетонных дорог еще незначительна, что можно видеть из приводимого в приложении 1 распределения дорог всех стран мира по типу одежд.

Среди усовершенствованных дорог удельный вес бетонных дорог значительно выше, а среди дорог высшего типа бетонные дороги заняли первое место в мире, что видно из таблицы 2, где итоговые цифры длины усовершенствованных и высших типов дорог по странам света¹ подразделены по типам более подробно, чем это указано в приложении 1.

Таблица 2

	Европа	Азия	Африка	Америка	Австралия	Всего
Водосвязное шоссе ..	640 690					
Поверхн. обработка ..	68 800	153 850	29 540	117 820	15 340	957 240
Глубокая обработка ..	66 300	9 200	1 940	11 400	350	91 690
Асфальто-бетон	33 200	24 550	4 150	56 000	1 130	152 135
Цементный бетон	2 810	1 150	300	24 520	3 500	62 700
Клинкерные мостовые ..	5 080	150	80	122 020	3 740	128 800
Друг. усов. мостовые ..	16 500	—	70	7 240	—	12 320
				1 000	230	17 800
	833 380	188 900	36 080	340 000	34 290	1 422 680

В СССР бетонно-дорожное строительство находится в стадии начальных опытов. Огромный расход бетона в промышленном строительстве последних лет поглощал всю продукцию цементных заводов Союза. Приблизительный подсчет объема бетонных работ за 1932 г. дает цифру свыше 4 миллионов кубических метров, составляя по стоимости 10% от общей стоимости всего строительства. Да и техника бетонно-дорожного строительства, еще не освоенная, при отсутствии машин производства СССР, не позволяла развиваться у нас строительству бетонных дорог и все их наличие может быть сведено в следующий краткий перечень:

Таблица 3

Назначение дороги	Название городов	Адрес	Год постройки	Длина м
Улицы:	Ленинград, Лесной	Объездная ул. ²	1913	150
	Тифлис	Салалакская улица		200
	Ялта	Набережная	1927	950
Тракты:	Симферополь-Севастополь	Опытный участок	1928	1 000
	Могилев-Минск	Опытный участок	1929	250
	Минск-Борисов	Опытный участок	1930	443
Заводские пути:	Ленинград-Москва	Опытный участок	1931	270
	Горький-Канавино	Автозавод, Соцгород	1931	5 000

¹ Дороги СССР в таблицу не включены.

² К 1933 г. пришла в негодность из-за отсутствия ремонта и разборки полосы бетона для укладки канализации. При постройке дороги был применен кирпичный щебень для бетона.

На текущую пятилетку строительство бетонных дорог в СССР сохранит еще свой опытный характер. Дорожное строительство, которое с 1929 г. выдвинуто, как одно из звеньев социалистического переустройства Союза, будет опираться на дороги низкой стоимости и белое шоссе, а затем, несомненно, бетонные дороги должны будут занять свое место в общем дорожном строительстве.

Основные предпосылки для этого вполне благоприятны: автомобильная промышленность имеет уже четыре действующих завода; продукция цементной промышленности достигла в 1932 г. 30 миллионов бочек цемента и имеет перспективы для дальнейшего развития благодаря постройке новых заводов и реконструкции старых и, наконец, строительству собственных дорожных машин положено прочное начало в виде организации специальных заводов дорожных машин.

2. ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ О БЕТОННОЙ ОДЕЖДЕ.

Бетонная одежда в поперечном профиле состоит из:

- а) бетонной одежды различной конструкции (проезжей части дороги),
- б) основания (естественный грунт или искусственное основание),
- в) обочин (грунтовых или замощенных), а затем дренажных устройств, канав и других элементов земляного полотна, присущих дороге любого типа.

Бетонные одежды подразделяются на три основных группы:

- а) бетонные одежды нормального типа,
- б) " " усиленного "
- в) " " низкой стоимости.

Бетонная одежда нормального типа представляет собой плиту, толщина которой зависит, главным образом, от величины той нагрузки, которая будет передаваться на плиту от экипажей, и от свойств грунта основания (см. гл. 4); длина же непрерывного участка плиты зависит от ряда обстоятельств, подробно разобранных ниже, в гл. 5.

Ширина бетонной одежды, также как и других вышних типов одежд, находится в зависимости от интенсивности движения и определяется числом ездых полос (числом "путей"). На каждую ездую полосу отводилось обычно от 2,70 до 2,75 м. Этот размер признается в последнее время недостаточным в связи с развитием авто-движения, вызывающим более частую встречу экипажей на дороге, в связи с увеличением габаритов экипажей, и в связи с увеличением скоростей движения, что в свою очередь вызывает уширение "полосок безопасности" между полосами теоретического движения. Большинство американских дорог постройки 1931 и 1932 г. имеют минимальную ширину в 6 м (два пути). Ширина в 5,4 м применяется на новостроящихся магистральных дорогах лишь в 7 штатах из 48 штатов Северной Америки. В восточных штатах Америки и в Калифорнии ряд бетонных дорог имеет ширину проезжей части в 9 и 12 м и даже до 60 м (участок у Детройта). Выше уже была отмечена большая ширина проезжей части итальянских бетонных дорог. При большой ширине бетонная проезжая часть подразделяется бульварами или рядами деревьев на отдельные пути.

В зависимости от того, устраивается ли плита в один или два слоя, различают два нормальных типа бетонной одежды.

1. Однослойные бетонные одежды (рис. 2), являющиеся наиболее распространенными. В Америке применяется только этот вид дорожной бетонной одежды.

Однослойная бетонная плита требует в среднем расхода около 300—350 кг цемента на 1 м³ бетона при средней толщине плиты 18—24 см.

Главными преимуществами этого типа являются:

1) наименьшее число и наибольшая простота операций по устройству одежды, а также и по заготовке материалов;

2) наибольшая быстрота постройки и быстрый ввод дороги в эксплуатацию.

Недостатком является необходимость употреблять бетон высокой прочности (с указанным уже расходом цемента 300—350 кг/м³) по всей толщине плиты, в том числе и в нижней ее части, где большая сопротивляемость износу, необходимая для поверхностного слоя (см. ниже, стр. 20), не требуется.

2. Двухслойные бетонные одежды получили развитие в некоторых европейских странах, где цемент и хорошего качества камень имеют

Рис. 1. Заканчиваемая постройкой многопутная дорога под Нью-Джерсеем, САСШ.

большую ценность, особенно при слабых местных породах (рис. 3).

Нижний слой одежды — „несущий“ или „подстилающий“ — имеет назначение принять нагрузку незначительно рассредоточенную верхним слоем и распределить ее на достаточную площадь основания. Внутренние усилия в нижнем слое плиты, сводящиеся, как будет рассмотрено ниже, в гл. 4, к нормальным сжимающим или растягивающим напряжениям, могут быть достаточно успешно приняты бетоном, содержащим 250—300 кг цемента в м³ бетона.

Верхний слой — слой «истирания» — должен иметь очень высокую сопротивляемость истирающим его поверхность усилиям и вполне прочно



Рис. 2. Один из типичных американских профилей однослойной бетонной дороги (расход цемента около 350 кг/м^3 бетона).

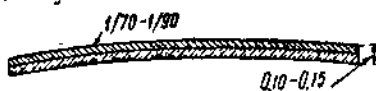


Рис. 3. Типичный поперечный профиль двуслойной дороги. Верхний слой толщиной 5—6 см с расходом цемента $500\text{--}600 \text{ кг/м}^3$. Нижний слой — 5—9 см с расходом цемента $250\text{--}300 \text{ кг/м}^3$.

воспринимать действие сосредоточенных сил. В некоторых случаях эти сосредоточенные силы действуют ударно на крайне незначительных площадках (удары копыта лошади).

Повышенная прочность верхнего слоя достигается применением высококачественных пород камня, высококачественного цемента или большим расходом нормального цемента ($500\text{--}600 \text{ кг/м}^3$ бетона).

Как на примеры устройства двуслойных дорог можно указать на «Виа Казелина» (соединяющую Рим с Неаполем) дл. 275 км, с сильным смешанным движением, при наличии старинных грузовых экипажей наряду с автомобилями. Здесь для верхнего слоя толщиной 5 см применялся специальный цемент («цементолит») и инертные из базальта, искусственно раздробленного, величиной фракции не более 20 мм. В нижний же слой на портландском цементе шел базальтовый щебень крупностью зерен до 40 мм.

На дороге Шаффгаузен — Констанц (Швейцария) верхний слой толщиной 6 см был сделан из высевок кремнистого известняка и песка на обычном портланд-цементе. Нижний слой из карьерного гравия и песка, на цементе того же сорта, но с меньшим его расходом.

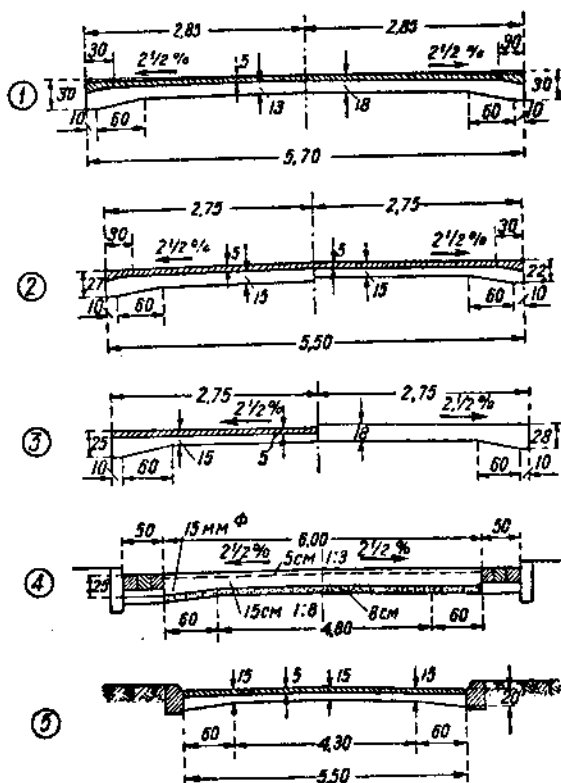


Рис. 4. Поперечные профили двуслойных дорог.

1. Мюнхен, Бавария } Верхний слой армирован от
2. Мюнхен, Бавария } 0,6 до 2 кг/м^3
3. Мюнхен-Регензее } 3 кг/м³
4. Кеттенский округ } 15 мм прутья.
5. Мюльгейм-Рур } 15 мм прутья.

Австрийцем Эмпергером была предложена¹ своя конструкция дороги в два слоя. Эмпергер считает прочное сцепление двух слоев бетона между собой крупным недостатком двуслойной одежды, ведущим к образованию трещин (так как при различных составах бетона и подвергаясь различному влиянию температуры и влажности, оба слоя одинаково расширяться и сжиматься не могут). Поэтому им было предложено отделить верхний слой от нижнего слоем песка. Для устранения возможности проникновения раствора из верхнего слоя в нижний через слой песка Эмпергер рекомендует насыщать песок водой (рис. 5).

Другой способ предотвращения сцепления верхнего слоя с нижним заключается в смазке поверхности затвердевшего нижнего слоя суглинком и имеет большое распространение в Германии. Оба способа отделения слоев сильно усложняют производство работ.

При постройке в 1930 г. дороги в Кеттенском округе (Германия), чтобы сгладить резкое различие в составах верхнего и нижнего слоя, бетонная одежда была построена в три слоя:

1) нижний, толщиной в 8 см, из бетона состава, примерно, 1:6, с расходом цемента 250 кг/м^3 бетона, 2) средний слой той же толщины, состава 1:5, с расходом цемента в 300 кг/м^3 и 3) верхний слой 7 см толщины, состава 1:3 $\frac{1}{2}$, при 375 кг/м^3 бетона. Ввиду того, что общая

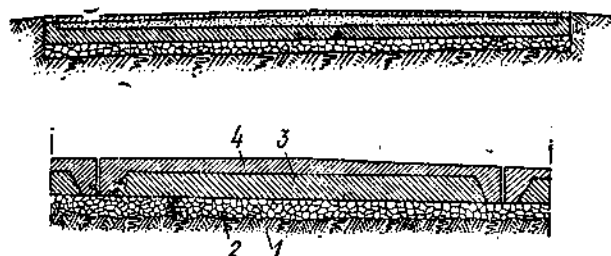


Рис. 5. Система двуслойной дороги, предложенная Эмпергером.

длина плиты 33 см была принята выше обычной, трудно дать оценку такого типа одежды; однако, впродолжение 2 лет этот участок дороги, длиной 4,24 км, не дал ни одной трещины.

Представляя собой отдельные плиты, уложенные на упругом основании, однослойные и двуслойные бетонные одежды деформируются под действием нагрузки, причем действие нагрузки особенно сильно сказывается на просадке (прогибе) плит при переходе нагрузки с одной плиты на другую. Поэтому между собою плиты соединяются особыми штырями или шпунтами, обеспечивающими совместную работу плит при переходе груза с одной плиты на другую.

Перечисленные выше нормальные типы бетонных одежд предназначаются для очень оживленных трактов, с преобладанием тяжелого грузового движения (большие нагрузки на колесо). Опыт показывает, что самое интенсивное движение на резиновых шинах, даже при частом повторении прохода экипажей с предельной нагрузкой на колесо, при средней твердости и крупности щебня (или гравия), не вызывает почти никакого износа поверхности бетонной одежды и, следовательно, при проектировании бетонной одежды задача сводится, главным образом, к обеспечению соответствующей прочности при минимальной стоимости одежды.

При тяжелом грузовом движении на стальных шинах прочность обыч-

¹ Die Betonstrasse, 1930 г. стр., 113.

ной бетонной одежды необходимо увеличивать применением очень прочного крупного агрегата. С этой целью можно либо, устраивая плиту в один слой из бетона обычного качества, до окончания схватывания его, рассыпать и затрамбовывать в поверхность одежды прочный крупный щебень, либо устраивать плиту в два слоя, вводя при этом в верхний слой агрегаты большой прочности.

Бетонная одежда усиленного типа получается путем армирования бетонных плит. Различие между нормальной и усиленной (армированной) бетонной одеждой постепенно сглаживается, так как незначительное армирование признается теперь необходимым и в одеждах нормального типа, а с другой стороны установлено, что высокая насыщенность бетонных одежд арматурой создает ненужную жесткость, почему наблюдается тенденция к снижению процентного содержания железа в бетоне.

Наиболее распространено применение сильного армирования бетонной одежды при слабых грунтах, и при особо тяжелых нагрузках.

Армированные дороги в большинстве случаев однослойные, хотя встречается армирование и двухслойных дорог; чаще в этом случае подвергается армированию только нижний слой.

Бетонная одежда низкой стоимости появилась значительно позже нормальных типов бетонной одежды. Ее появление вызвано было стремлением удешевить строительство бетонных дорог, особенно на трактах второстепенного значения. Удешевление стоимости бетонных дорог шло по трем основным направлениям:

- а) за счет уменьшения ширины одежды,
- б) " " " расхода цемента,
- в) " " " объема некоторых работ по заготовке материала.

Уменьшение ширины бетонной одежды оказалось вполне целесообразным на трактах с малым движением при условии замощения обочин (см. ниже гл. 19). Получились так называемые **однопутные бетонные дороги**.

Устраивая связанную цементом шоссейную одежду можно достичь значительного уменьшения расхода цемента на 1 м², но свойства получаемой таким путем одежды значительно отличаются от свойств нормальной бетонной плиты.

Связанное цементом шоссе более всего подходит для легкого и среднего движения. Этот тип шоссе особенно выгоден при неблагоприятных в отношении отвода воды местах (плохо поддающихся дренированию).

Наконец, вводя в состав бетонной одежды крупные довольно правильной формы камни, можно достичь значительного уменьшения объема бетона, а следовательно и операций по его изготовлению („Каменьбетон“, см. гл. 19).

Бетон находит применение также в качестве основания для покрытий из асфальто-бетона, торцов, клинкера и плиток специальных составов. Роль бетона в этом случае та же, что и в нижнем слое двухслойных бетонных одежд.

Подводя итог всем указаниям относительно различных типов бетонных одежд, следует отметить почти исключительное распространение однослойной бетонной одежды нормального типа, значительно меньшее распространение двухслойных бетонных одежд, суживающееся применение сильного армирования, новые типы бетонных дорог низкой стоимости — „однопутных“ в форме узкой плиты и „цементированного шоссе“.

Дальнейшее изложение настоящей книги будет касаться бетонных одежд нормального типа, преимущественно однослойных; в конце книги приводятся в отдельных главах данные о бетонных армированных одеждах и о бетонных дорогах низкой стоимости.

Вопросы применения бетона для оснований других типов покрытий в книге не разбираются.

Следует отметить, что выражение „бетонная дорога“ в большинстве случаев принято относить к понятию „бетонная одежда“, притом нормального типа. В дальнейшем в этой книге выражение „бетонные дороги“ надо будет понимать именно в указанном смысле.

Продольный уклон бетонных дорог, как дорог, обладающих гладкой поверхностью, не может быть значительным. По Т. У. ЦУ_орТранса нормальный предельный продольный уклон принят в 4%, в исключительных случаях — 5%. В Америке по нормам Ассоциации Инженеров предельным уклоном, допустимым с точки зрения безопасности, считается 8%.

Впрочем в американских городах встречаются уклоны от 11% до 29%, например, м. Ронек (в штате Виргиния), в Германии есть отдельные случаи устройства, при конном движении, бетонной дороги с подъемом в 20%, а на опытной кольцевой дороге в Нюрнберге, на большом участке уклон достигает 27%.¹

Эти примеры крутых уклонов являются исключением, едва ли заслуживающим подражания, так как пользование бетонной дорогой при столь крупных уклонах может повести при заморозках после дождей, при гололеде и при неисправном содержании дороги (тонком слое грязи), к опасному скольжению экипажей.

Специальным выбором инертных для верхнего слоя можно несколько варьировать в степени гладкости поверхности бетонной одежды и при больших уклонах устраивать более шероховатую поверхность. В некоторых же случаях, в тех же целях, поверхность устраивают рифленой.

Радиусы кривых на бетонных дорогах применяются такие же, как и на других вышших типах дорог. Рекомендуемые радиусы 500—300 м, наименьшие нормальные 250—275 м в зависимости от класса дороги и местности, в исключительных случаях нормы допускают уменьшение радиуса до 150—75 м.

Высокие величины предельных радиусов вызваны стремлением обеспечить безопасность больших скоростей движения как в отношении уменьшения центробежной силы, так и в отношении достаточной видимости встречных и обгоняемых повозок в закрытой местности.

Уширение бетонной одежды производится на тех же основаниях, что и при других вышших типах покрытиях.

Американские нормы указывают на необходимость устраивать на кривых уширения с внутренней стороны кривой, начиная с радиуса в 150 м.

Добавочная ширина b_1 может быть определена по следующей формуле:

$$b_1 = 3,00 - 0,02 R, \text{ где } R \text{ радиус кривой в метрах.}$$

Для кривой радиусом $R = 125$ м добавочная ширина $b_1 = 0,50$ м

$$\text{при } R = 100 \text{ м; } b_1 = 1,00 \text{ м,}$$

$$R = 75 \text{ м; } b_1 = 1,50 \text{ м,}$$

$$R = 50 \text{ м; } b_1 = 2,00 \text{ м.}$$

¹ Макаров, „Бетонные дороги“, стр. 11, 1931 г. Нефманн, „Новейшее дорожное строительство“ изд. 1932 г., стр. 130.

Пользование этой формулой при $R < 30$ м приводит к неправильным результатам.

Все основные требования, предъявляемые при выборе типа и назначении элементов, определяющих положение бетонной дороги (как и всякого другого покрытия высшего типа) в профиле и плане, а также в соответствии со значением магистрали и ее грузонапряженностью приведены в таблице 4, являющейся выборкой из Проекта Общесоюзного Стандарта 1932 г. „Техническая классификация и основные нормы проектирования автожелезных дорог“.

3. ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОФИЛЬ БЕТОННОЙ ДОРОГИ.

Поперечный профиль бетонной одежды устраивается обычно выпуклым двускатным, за исключением крутых закруглений, где профиль дороги устраивают односкатным. Односкатными же устраиваются бетонные дороги в горных местностях. Направление уклона (ската) устраивается при этом чаще в сторону косогора (для безопасности движения), иногда в наружную сторону (для более удобного отвода воды).

Очертание двускатного поперечного профиля может быть образовано несколькими способами. Рис. 6 дает несколько типовых поперечных профилей бетонных одежд САСШ.

Профиль типа 6-а образован двумя наклонными прямыми как с наружной поверхности плиты, так и снизу, по поверхности основания. Такой тип профиля легко выполнить при постройке и удобен в эксплуатации, так как дает одинаковый уклон по всей ширине дороги, но изменение высоты этого профиля по ширине одежды не соответствует распределению напряжений (см. ниже, гл. 4).

Профиль типа 6-б очерчивается двумя дугами круга или параболами и имеет большее распространение в САСШ, нежели предыдущий. В этом профиле нарастание высоты его от середины плиты к краям происходит интенсивнее именно у края плиты, где наиболее велики напряжения в плите; и поэтому расход бетона даже при большей толщине края плиты получается меньшим.

Так как плавность очертания имеет значение лишь для наружной поверхности профиля, а очертание низа профиля — поверхности основания — определяется лишь необходимой толщиной плиты, стали применять профили, у которых нижнее очертание образовано ломаными линиями. В этом случае профиль подразделяется на три участка: средний участок от 3,0 до 4,8 м одинаковой толщины (15—17,5 см), крайние участки, утолщенные до 22,5—25,0 см, длиной 60 см и между ними переходные сопрягающие участки профиля. На рис. 6-в показан такой профиль, являющийся типовым для штата Миссури. Наружная поверхность профиля — параболическая кривая.

Рис. 6-г дает другой тип профиля (штат Пенсильвания) с утолщенным краем, где крайний участок профиля имеет переменную толщину.

Рис. 6-а, б, в, г предусматривают соединение двух половин дороги шпунтовым соединением, обеспечивающим их совместную работу при расположении груза на одной из плит вблизи продольного шва. В случае устройства полос дороги без соединения их между собой применяется профиль типа 6-д (штат Калифорния). Верх очерчен по прямой, утолщение произведено с обоих концов полупрофиля.

Профиль типа 6-е одинаковой по всей ширине толщины (штат Индиана) — настоящее время находит применение лишь при наличии сильной арматуры.

Профиль типа 6-ж — верхнее очертание по параболе, нижнее по прямой (штат Нью-Йорк), вышел из употребления, как невыгодный по расходу бетона (имеет ненужную толщину в середине полупрофиля).

Профиль типа 6-з — горизонтальная плоская середина, крутые скаты к краю (по кривой) с утолщением краев (Пенсильвания), нужно отнести к числу профилей, неудобных по эксплуатационным качествам (резкое различие в уклонах по ширине профиля).

Поперечные профили бетонных дорог других стран копируют обычно американские профили.

Профиль, намеченный в 1931 г. в качестве стандартного для бетонных дорог СССР, ближе всего подходит к американскому типу 6-б.¹ На рис. 7 показано очертание профиля по параболе ординатами кривых через каждые 50 см для проезжей части шириной 6 м.

Поперечный уклон бетонной одежды, измеряемый отношением стрелки кривой

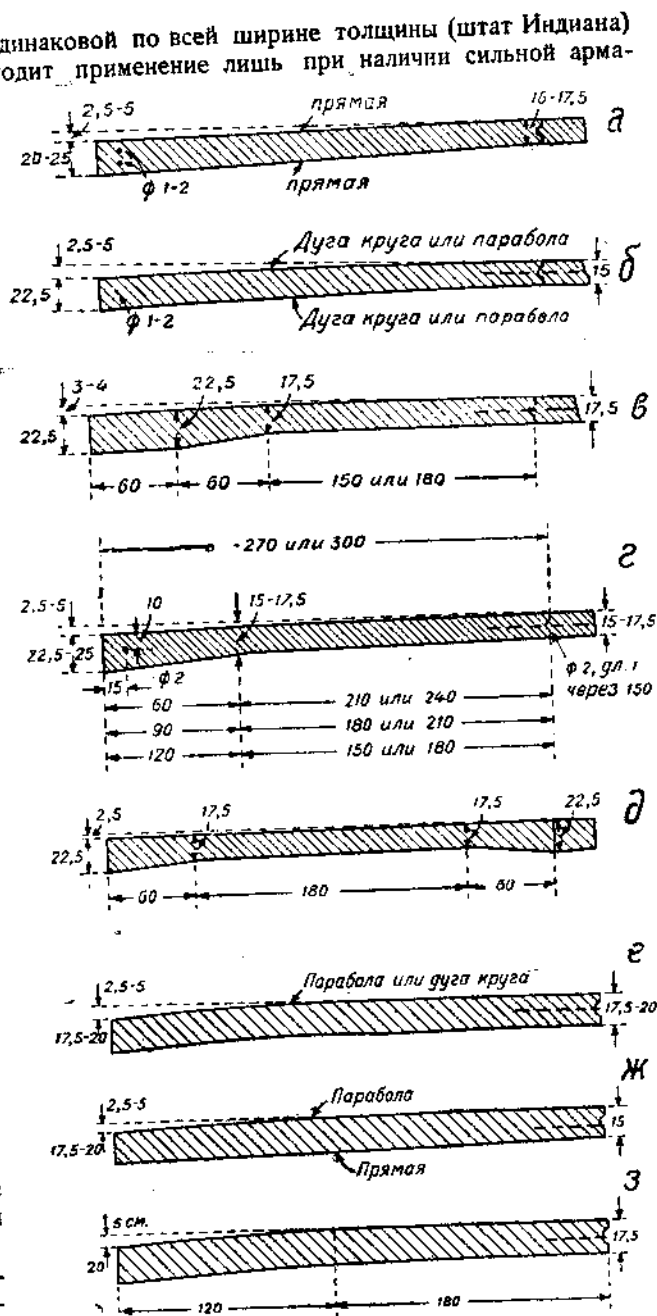


Рис. 6. Типовые поперечные профили дорог САСШ.

¹ Отличаются лишь коэффициентами в уравнениях парабол: $y = ax^2$. В американских профилях при y в дюймах и x в футах, $a=1$; уклон наружной поверхности 1 дюйм на 10 футов. Для приводимого профиля СССР у-ние верхней линии $y = 0,00005 x^2$, нижней $y = 0,00011 x^2$.

вой наружного очертания профиля к половине ширины дороги, придется для стока воды с поверхности одежды и ввиду гладкости одежды может быть незначительным. В САСШ поперечный уклон назначался в 2 дюйма на 9 фут., т. е. около 2%. В последнее время наблюдается тенденция к уменьшению поперечного уклона, и в ряде штатов САСШ он принят в 1—1½ дюйма на 10 фут., т. е. 0,8—1,33%. Осуществленные в СССР опытные участки имеют поперечный уклон в 1½—2%. Проект стандарта

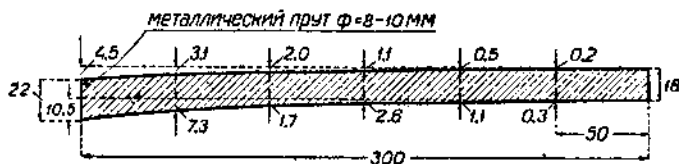


Рис. 7. Проект поперечного профиля для бетонных дорог СССР.

предусматривает 1½% поперечный уклон и, в соответствии с этим, величину стрелки верхней кривой при ширине в 6 м — 4,5 см, в 6½ м — 4,9 см и в 9 м — 6—8 см.

Односкатные профили, применяемые на кривых, не только при бетонной одежде, но и при других типах одежды, имеют целью предотвратить возможность заноса экипажей на кривых в наружную сторону, вследствие развивающейся при этом центробежной силы.

В зависимости от средних скоростей обращающихся экипажей и величины радиуса кривой, величина уклона проезжей части на кривой может быть определена, исходя из следующего расчета:

$$i = \frac{0,78v^2}{R},$$

где: v — средняя скорость движения автомобилей,

R — радиус закругления,

i — величина поперечного уклона в процентах.

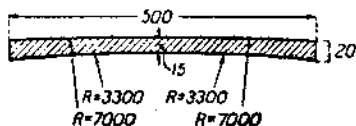


Рис. 8. Поперечный профиль бетонной одежды участка дороги Могилев-Минск, постройки 1929 г.

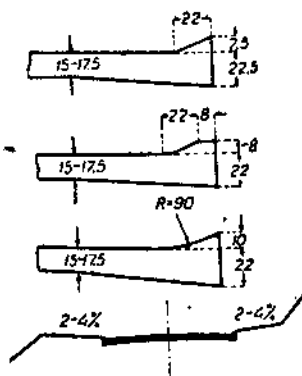


Рис. 9. Утолщение края плиты для предохранения от сползания колеса на обочину.

Существует еще ряд других формул для определения величины i .

В САСШ для кривых радиусом 150—100 см уклон берется равным 0,100—0,125 (при средних теоретических скоростях 44—40 км/час).

Вогнутые профили (в стесненных местах, в городах, в пригородах), применявшиеся в начале строительства бетонных дорог, теперь распространения не имеют, вследствие отрицательных особенностей этих типов профилей: а) затруднительности поверхностного водоотвода из средней части

дороги на сторону, б) большей площади стока воды на единицу длины средней водоотводящей части дороги, — при почти полном отсутствии пологих сторон устройства такого типа профиля.

Обочины бетонной дороги делаются шириной 1,5—2,0 м каждая, с уклоном 3—4%, а при треугольных кюветах величина уклонов увеличивается изломами до 8—14%.

При продольных уклонах более 3% рекомендуется укреплять обочины мощением, так как содержание неукрепленных обочин на дорогах с густым движением обходится дорого, из-за повреждений от частых съездов экипажей на обочины, а также из-за размыва обочин при ливнях.

В некоторых случаях при больших уклонах прибегают к увеличению ширины проезжей части за счет сужения обочин, а иногда и за счет сведения их к нулю с устройством в этом случае бордюра.

В БССР бетонная проезжая часть шириной 5 м была уширена до 6 м добавлением двух полос из клинкера за счет сужения неукрепленной обочины.

Некоторые американские проектировки профиля бетонной одежды дают особое разрешение вопроса о краях бетонной плиты. Сверх нормальной толщины плиты вдоль края по наружной поверхности делается выступ одного из типов, указанных на рис. 9. Этот выступ препятствует колесам автомобиля съезжать на обочину. Дороги такого типа построены в нескольких штатах. Выводов из эксплуатации подобного профиля в литературе не имеется.

4. ТОЛЩИНА БЕТОННОЙ ОДЕЖДЫ.

Так как стоимость бетонной одежды в большой степени зависит от толщины одежды, то вопрос о необходимой толщине бетонной плиты был и остался одним из вопросов, тщательно изучаемых во всех странах.

Наблюдения над проездом экипажей по междугородним трактам показывают, что тяжелые экипажи, движущиеся с относительно малыми скоростями, держатся ближе к краю плиты. Быстроходные более легкие экипажи держатся, наоборот, середины дороги.

Поэтому с самого начала строительства бетонных дорог им стали придавать различную толщину в поперечном сечении — большую толщину у краев и меньшую в середине, и в настоящее время плиты однообразной толщины применяются лишь на очень широких проездах, где они подразделяются вдоль на несколько поперечных полос.

Целесообразность утолщения плит у краев подтверждается и более тяжелыми условиями работы краев плиты под нагрузкой и расчетами, начиная с самых элементарных и кончая более сложными.

Испытание бетонной одежды из плит с утолщенными краями и плит однообразной толщины под действием тяжелого проезда, проведенное в Америке, показало также несомненное преимущество плит с утолщенными краями.

В гл. 3 были приведены различные типы поперечных профилей бетонной одежды, из которых можно усмотреть, что толщина бетонной плиты однослойной дороги колеблется в довольно широких пределах: от 15 до 20 см в середине плиты и от 17 до 25 см вдоль края.

Вполне естественно поэтому стремление дать теоретическое обоснование необходимой толщины бетонной дороги, чтоб затем проверить достаточность определенной расчетом толщины на опыте.

Первая серьезная попытка дать теоретическое определение необходимой толщины плиты была произведена Клиффордом Ольдером на основании опытного исследования ряда плит различной толщины на Бейтсской дороге (Bates Road).

Расчет необходимой толщины бетонной плиты по Ольдеру состоит в следующем.

Предполагается, что по сечению бетонной плиты, перпендикулярному биссектрисе угла, между продольным краем плиты и поперечным швом (или трещиной) (рис. 10) угол плиты отламывается от остальной массы плиты под давлением сосредоточенного груза (колеса), действующего в вершине угла (этот способ расчета носит название расчета на „отламывание угла“).

В упомянутых опытах Ольдера отламывание угла происходило в расстоянии от 60 до 180 см от вершины и находилось в несомненной зависимости от условий опирания плиты (от качества основания).

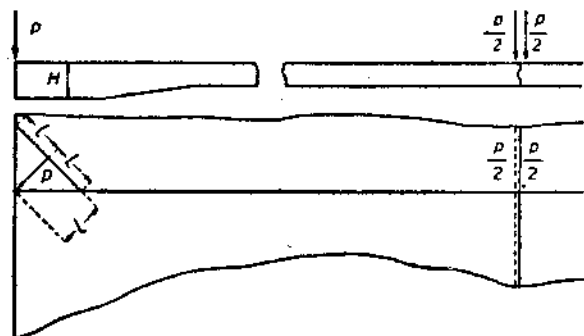


Рис. 10. Схема бетонной плиты при расчете „по Ольдеру“.

Необходимая по условиям прочности толщина плиты при определении по формуле Ольдера устанавливается следующими подсчетами.

Момент сопротивления сечения в расстоянии l от угла $W = \frac{2H^3}{6} = \frac{H^3}{3}$.

Изгибающий момент в том же сечении $M = Pl$.

Напряжения в плите $\sigma = \frac{M}{W} = \frac{Pl \cdot 3}{H^3 l} = \frac{3P}{H^3}$.

Условие прочности $\sigma = \frac{M}{W} = \frac{3P}{H^3} \leq R$, необходимая толщина плиты $H = \sqrt[3]{\frac{3P}{0,5\sigma_b}}$, так как на основании опытов и изучения причин появления трещин в бетонных дорогах САСШ допускаемое напряжение берется равным половине временного сопротивления бетона растяжению при изгибе (σ_b), т. е. коэффициент запаса прочности принимается равным 2.

При соединении соседних плит в стенках штырями или при наличии продольной арматуры, способной передать давление на части плиты по обеим сторонам стыка или шва, необходимая толщина определится, как

$$H^3 = \sqrt[3]{\frac{3P}{\sigma_b}}, \text{ т. е. } H^3 = 0,7 H.$$

Для средней части плиты при наличии продольного шва, устраиваемого так, что обеспечивается передача давления колеса на обе половины дороги (см. ниже гл. 10) или при наличии поперечной арматуры, нужная толщина

плиты $H_1 = \sqrt[3]{\frac{3P}{\sigma_b}}$, т. е. $H_1 = 0,7 H$ (при отсутствии штырей на стыках)

и $H^3 = \sqrt[3]{\frac{3P}{2\sigma_b}}$, т. е. $H^3 = 0,5 H$ (при наличии штырей).

Расчет основан, таким образом, на предположении, что угол плиты рассматриваемого сечения вовсе не поддерживается грунтом, а в рассматриваемом сечении совершенно жестко заделан.

Неправдоподобность такого предположения заставила исследовательские организации САСШ произвести опытные исследования бетонных плит на специальной установке, где они подвергались действию повторных знакопеременных нагрузок, при обычных для дорожной одежды составах бетона.¹

Результаты ряда испытаний показаны на рис. 11. На том же рисунке нанесены кривые $H = \sqrt{\frac{3P}{\sigma_b}}$ и $H = \sqrt{\frac{3P}{R}}$, для $\sigma_b = 55 \text{ кг/см}^2$ и для $R = 0,5 \sigma_b = 27,5 \text{ кг/см}^2$. Коэффициент запаса прочности равный 2 м, судя по этим опытам

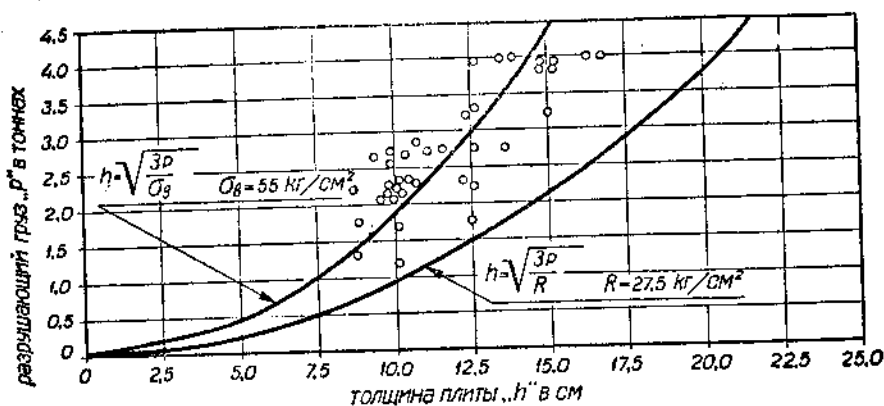


Рис. 11. Зависимость между толщиной бетонной плиты и величиной разрушающего груза.

вполне достаточен, так как только некоторые точки поместились возле кривой допустимого напряжения, большинство же испытаний показало, что разрушение происходит при напряжениях выше 55 кг/см^2 . Следует, однако, заметить, что столь высокое временное сопротивление бетона растяжению присуще далеко не всем цементам и часто наблюдается, что при очень высоких показателях прочности бетона сжатию, временное сопротивление растяжению относительно невелико (около $1/7 - 1/10$ временного сопротивления сжатию).

В этой же серии опытов было установлено, что при знакопеременных напряжениях, меньших $0,5 \sigma_b$, бетонные плиты не разрушались даже при 500 000 повторных нагрузках, при напряжениях $0,6 \sigma_b$ для разрушения потребовалось всего 300 000 повторений нагрузки, а при $\sigma = 0,7 \sigma_b$ всего лишь 5 000 повторений.

Формула Пирля для определения толщины плиты, также приближенная, выведена из более правдоподобного предположения, что давление от груза на основание плиты передается на некоторую площадь, определяемую радиусом r (рис. 12). Наибольшее давление под грузом, далее оно убывает и на расстоянии r обращается в 0. Изменение величины давления от наибольшего значения до 0 предположено по прямой линии.

Плечо реакции основания относительно точки приложения груза P принимается Пирлем равным половине радиуса r , а изгибающий момент $M = Pr - \frac{P \cdot r}{2} = P \frac{r}{2}$, так как $R = P$.

Момент сопротивления цилиндрического сечения на длине четверти окружно-

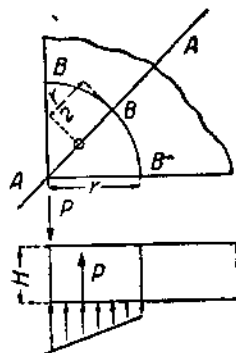


Рис. 12. Схема реакции основания при расчете по Пирлю².

¹ См. статью проф. Н. Н. Иванова „Об исследованиях бетонных дорог“ в 13-м сборнике ЦУМГА.

сти приблизительно равен $\frac{\pi}{2} \cdot r \cdot \frac{H^3}{6} = \frac{\pi \cdot r H^3}{12}$; напряжения по сечению $B-B$ — B

$$\sigma = \frac{Pr \cdot 12}{2\pi \cdot r H^3} = \frac{2 \cdot 3P}{\pi \cdot H^3} \leq R.$$

Для толщины H получаем следующее значение: $H = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 3P}{\pi \cdot R}}$, т. е. значения толщины плиты „по Пирлю“ в $\sqrt[3]{\frac{3,14}{2}} = 1,25$ раз меньше, чем по Ольдеру.

Оба метода расчета очень грубы, так как не учитывают ряда факторов: упругость основания, зависимость распределения реакции от физико-механических свойств грунта и пр.

Большие размеры строительства бетонных дорог в САСШ побудили американцев, в целях снижения стоимости строительства, искать возможность уменьшения толщины плиты, и в целях теоретического обоснования такого уменьшения было поручено проф. Генри Уэстергардту составить и изложить более точный способ расчета, что им и было выполнено в декабре 1925 г.¹

Расчет толщины плиты по Уэстергардту ведется в предположении, что бетонная плита работает как однородное, изотропное упругое тело, находящееся в состоянии равновесия, и что реакция основания пропорциональна величине прогиба плиты.

Реакция основания на единицу его площади выражается произведением некоторого коэффициента K на прогиб плиты z в той же точке. Коэффициент K определяет собой жесткость основания и носит название „Модуля реакции основания“ (иначе — „коэффициент упругости основания“, „коэффициента оседания“).

$$C = K \cdot z$$

C — реакция основания в кг/см^2 ,

K — модуль реакции основания в кг/см^2 ,

z — прогиб плиты в см.

Величину K Уэстергардт полагает постоянной по всей рассматриваемой площади и независимой от величины всей площади и от величины прогиба. В зависимости от вида основания и ода грунта Уэстергардт дает величины K значения от 1,4 кг/см^2 до 5,6 кг/см^2 на которую распространяется давление плиты.

Кейити Хаяси в „Теории расчета балок на упругом основании“ указывает, что для слежавшегося песка $K = \text{от } 1 \text{ до } 4 \text{ кг/см}^2$. Скале соответствует значение $K = \infty$, жидкости $K = 0$. Данные различных определений величины K очень разноречивы.

Опыты и теоретические исследования, показывают, что модуль K обратно пропорционален корню квадратному из площади, на которую распространяется давление плиты.

Следующим является предположение, что толщина плиты не меняется по длине ее и равна H .

Для характеристики жесткости плиты по сравнению с жесткостью основания Уэстергардт вводит понятие о „радиусе относительной жесткости“, обозначаемом через l :

$$l = \sqrt[4]{\frac{EH^3}{12(1-\mu^2)K}}$$

где E — модуль нормальной упругости бетона ($\cong 210\,000 \text{ кг/см}^2$),

μ — Пуассоново отношение ($\mu = 0,15$).

Значения „радиуса относительной жесткости“, в зависимости от величины H и K даны в таблице 5.

Уэстергардтом разобраны три характерных случая нагрузки, представленных на рис. 13.

1 случай. — Груз в углу плиты. — Равнодействующая давления колеса приложена на биссектрисе в расстоянии a_1 от вершины угла и в расстоянии a от края плиты (причем, $a_1 = a \sqrt{2}$).

Ось x направлена по биссектрисе. Начало координат в вершине угла.

¹ Public Road, 1926 г. русский перевод в журнале „Американская техника“, 1926 г.

Таблица 5

Толщина плиты		$K = \frac{50 \text{ ф./дм}^2}{1,4 \text{ кг/см}^2}$	$\frac{100 \text{ ф./дм}^2}{2,8 \text{ кг/см}^2}$	$\frac{200 \text{ ф./дм}^2}{5,6 \text{ кг/см}^2}$
дюйм	см	см	см	см
4	10,2	61	51	41
5	12,7	72	61	51
6	15,2	82	69	58
7	17,8	92	78	65
8	20,3	102	86	72
9	22,8	112	94	79
10	25,4	121	102	85
11	27,9	130	109	91
12	30,5	138	116	98

Также как и при определении напряжений по Ольдеру, в сечении на расстоянии x от угла напряжения $\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M \cdot 6}{2x \cdot H^2} = \frac{3M}{xH^2}$.

Изгибающий момент M_1 на единицу длины сечения плиты от действия груза P и реакции основания равен $\frac{M}{2x}$. Наибольшей величины изгибающий момент M_1 достигает при величине $x = 2\sqrt{a_1 \cdot l}$, причем величина его $M_1 = \frac{P}{2} \left[1 - \left(\frac{a_1}{l} \right)^{0,6} \right]$, а наибольшее напряжение (растягивающие, в верхних волокнах плиты)

$$\sigma = \frac{3P}{H^2} \left[1 - \left(\frac{a_1}{l} \right)^{0,6} \right].$$

При $a_1 = 0$ получаем известную уже формулу Ольдера $\sigma = \frac{3P}{H^2}$.

Необходимая высота плиты H при допуске напряжении R

$$H = \sqrt{\frac{3P}{R} \left[1 - \left(\frac{a_1}{l} \right)^{0,6} \right]}.$$

Растягивающие усилия в различных сечениях угла плиты в зависимости от высоты ее для I случая при грузе $P = 1000 \text{ кг}$ приводятся в табл. 6.

Таблица 6

Толщина плиты см	Растягивающее напряжение в кг/см ²			
	$a = 0$	$a = 5 \text{ см}$	$a = 10 \text{ см}$	$a = 15 \text{ см}$
15	12,9	10,0—9,2	8,4—7,4	7,2—5,8
17,5	9,5	7,5—7,0	6,4—5,7	5,5—4,5
20	7,3	5,8—5,4	5,0—4,5	4,4—3,8
22,5	5,7	4,6—4,4	4,1—3,7	3,6—3,1
25	4,7	3,8—3,6	3,3—3,1	3,0—2,6
27,5	3,9	3,2—3,0	2,8—2,6	2,5—2,3
30	3,2	2,7—2,5	2,4—2,2	2,2—1,9

Меньшие значения в каждой строке столбца относятся к величине $K = 5,6 \text{ кг/см}^2$, большие — к величине $K = 1,4 \text{ кг/см}^2$.

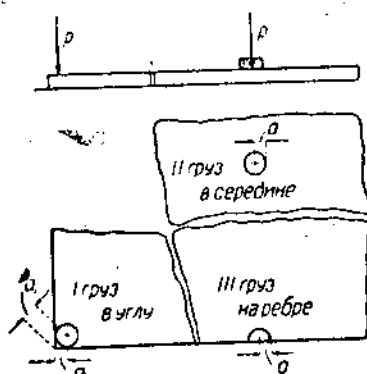


Рис. 13. Три случая нагрузки бетонной плиты:

I — растяжение в верхних волокнах плиты,
II и III — растяжение в нижних волокнах.

II случай предусматривает нахождение груза посредине плиты, на значительном расстоянии от края плиты и от шва. Давление распространяется на значительно меньшую площадь основания, чем в первом случае.

Если предположить, что нормальное сечение плиты останется перпендикулярным к нейтральному волокну после изгиба, то растягивающие напряжения в нижних волокнах плиты выражаются по формуле:

$$\sigma = \frac{3(1+\mu)P}{2\pi \cdot H^3} \left(2,31 \log \sqrt{\frac{EH^3}{12(1-M^2) \cdot K \cdot a^4}} + 0,616 \right),$$

а после подстановки значения $\mu = 0,15$ и упрощения этой формулы получим:

$$\sigma = \frac{3 \cdot 1,45 \cdot P \cdot 2,31}{2 \cdot \pi \cdot H^3 \cdot 4} \left(\log \frac{EH^3}{11,7 \cdot K \cdot a^4} + \frac{0,616 \cdot 4}{2,31} \right),$$

$$\sigma = 0,32 \frac{P}{H^3} \cdot \log \frac{EH^3}{K \cdot a^4},$$

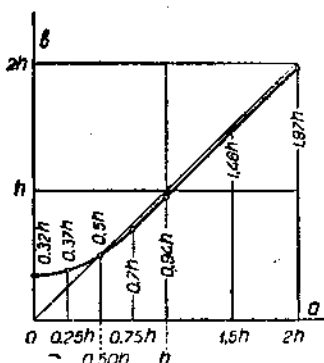


Рис. 14. Зависимость между действительным радиусом действия нагрузки на плиту и фиктивным.

в этой формуле a — величина радиуса действия нагрузки на поверхности плиты, причем ввиду некоторых упрощений,¹ допущенных при выводе этой формулы, ею можно пользоваться лишь при значениях a , больших половины толщины плиты ($a > 0,5 h$).

При нагрузках, передающихся через площадь меньшего радиуса, следует вместо фактического радиуса действия нагрузки a вводить в формулу фиктивный радиус b ; зависимость между величиной a и b представлена на рис. 14.

Растягивающие напряжения в нижних волокнах плиты под грузом в 1000 кг для II случая нагрузки (груз в середине плиты), определенные по вышеприведенной формуле, указаны в таблице 7.²

Таблица 7

Толщина плиты в см	Растягивающее напряжение в кг/см ²				
	$a = 0$	$a = 5 \text{ см}$	$a = 10 \text{ см}$	$a = 15 \text{ см}$	
10	19,0—17,2	16,4—14,5	13,2—11,9	10,8—8,9	Меньшие значения напряжений в этой таблице относятся к величине $K = 5,6 \text{ кг/см}^2$, большие — к величине $K = 1,4 \text{ кг/см}^2$
12,5	11,8—10,6	10,8—9,6	9,0—7,8	7,5—6,4	
15	8,1—7,3	7,6—6,7	6,5—5,7	5,6—4,8	
17,5	5,9—5,3	5,6—5,0	4,9—4,3	4,3—3,7	
20	4,5—4,0	4,3—3,8	3,9—3,4	3,4—3,0	
22,5	3,5—3,1	3,4—3,0	3,1—2,7	2,8—2,4	

III случай предполагает груз расположенным у кромки плиты, но в достаточном расстоянии от угла.

Для этого случая растягивающие напряжения в нижнем ребре плиты под грузом

$$\sigma = \frac{0,57P}{H^3} \left[\log \frac{E \cdot H^3}{8,15 \cdot K \cdot b^4} \right].$$

Величина b определяется через a по графику рис. 14.

Напряжения от действия груза $P = 1000 \text{ кг}$, подсчитанные по этой формуле приведены в таблице 8.

Для определения прогибов плиты в разных точках для приведенных трех случаев Уэстергардт дает следующие выражения:

$$(1) \quad Z = \frac{P}{K \cdot P} \left(1,1 - \frac{x}{l} - \frac{a}{l} \cdot 0,881 - \frac{2x}{l} \right),$$

¹ Предположения о круговой форме плиты в плане.

² Таблицы 7, 8 и 9 заимствованы из курса Д. П. Крынина „Дорожное дело“, гл. X, с выверкой их по журналу „Public Roads“. См. также „Die Betonstrasse“, 1931 г., № 7.

$$a \text{ под грузом} = \frac{P}{K \cdot l^2} \left(1,1 - 0,88 \frac{a_1}{l} \right),$$

$$\bullet \quad Z = 0,125 \frac{P}{Kl^2},$$

$$Z = 0,433 \frac{P}{Kl^2};$$

имея полученные опытным путем величины Z , можно определить соответствующие значения K .

Таблица 8

Толщина плиты в см	Растягивающие напряжения в кг/см ²				
	$a=0$	$a=5 \text{ см}$	$a=10 \text{ см}$	$a=15 \text{ см}$	
15	12,9—11,4	12,0—10,4	10,0—8,6	8,4—6,9	Меньшие значения напряжений в этой таблице относятся к величине $K =$ $= 5,6 \text{ кг/см}^2$, боль- шие к величине $K = 1,4 \text{ кг/см}^2$.
17,5	9,4—8,3	8,8—7,7	7,7—6,6	6,6—5,4	
20	7,1—6,2	6,8—5,9	6,0—5,2	5,2—4,4	
22,5	5,9—4,9	5,3—4,7	4,8—4,2	4,3—3,6	
25	4,5—3,9	4,3—3,8	4,0—3,4	3,6—3,0	
27,5	3,6—3,2	3,5—3,1	3,3—2,9	3,0—2,5	

Уэстергардтом для формул (2) и (3) предложены построенные им графики прогибов (рис. 16 и 18) и изгибающих моментов (рис. 15 и 17).

Пользование этими графиками разберем на следующем примере.

Заданы четыре груза по 10 000 ф. = 4540 кг, расположенные в углах квадрата со стороной 168 см. Определить прогиб и напряжения под грузом, при толщине плиты в 7 дюймов, $E = 210\,000 \text{ кг/см}^2$, $\mu = 0,15$ и $K = 1,4 \text{ кг/см}^2$. Давления грузов распространяются по кругу радиусом $a = 15,2 \text{ см}$.

По таблице 6 определяем величину радиуса относительной жесткости $l = 92 \text{ см}$.

$$Kl^2 = 1,4 \cdot 92^2 = 11\,860 \text{ кг/см}.$$

Расстояние между вершинами квадрата (между грузами) = $C = 1,81 \text{ л}$, а по диагонали $C_1 = 2,56 \text{ л}$.

Согласно диаграммы рис. 16 под грузом № 1 (любым), под действием этого груза

$$\text{прогиб } Z_1 = 0,125 \frac{P}{Kl^2} = 0,125 \frac{4\,540}{11\,860} = 0,048 \text{ см}.$$

Прогиб под тем же грузом под влиянием грузов № 2 и № 3 ($C = 1,81 \text{ л}$):

$$Z_2 = Z_3 = 0,039 \cdot \frac{P}{Kl^2} = 0,039 \cdot \frac{4\,540}{11\,860} = 0,015 \text{ см}.$$

Прогиб под тем же грузом под влиянием груза № 4 ($C_1 = 2,56 \text{ л}$):

$$Z_4 = 0,016 \frac{P}{Kl^2} = 0,016 \frac{4\,540}{11\,860} = 0,005 \text{ см}.$$

Суммарный прогиб под грузом № 1 под действием всех грузов = $0,048 + 0,015 + 0,005 = 0,068 \text{ см}$.

Напряжения в нижних волокнах по таблице 8: $\sigma = 4,54 \cdot 4,3 = 19,5 \text{ кг/см}^2$ (растяжение).

Для определения напряжений в верхних волокнах пользуемся графиком Уэстергардта, приведенным на рис. 15.

¹ Англ. фунт = 0,454 кг. Англ. фут = 12 дм. = 30,5 см. Графики построены в английской системе мер.

Соответствующие напряжения:

$$\sigma_1 = 96 : 53 = 1,8 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_2 = 84 : 53 = 1,6 \text{ кг/см}^2$$

Помимо указанного выше примера, где исходили из известной величины K , диаграммами Уэстергарда удобно пользоваться при разрешении еще следующих вопросов:

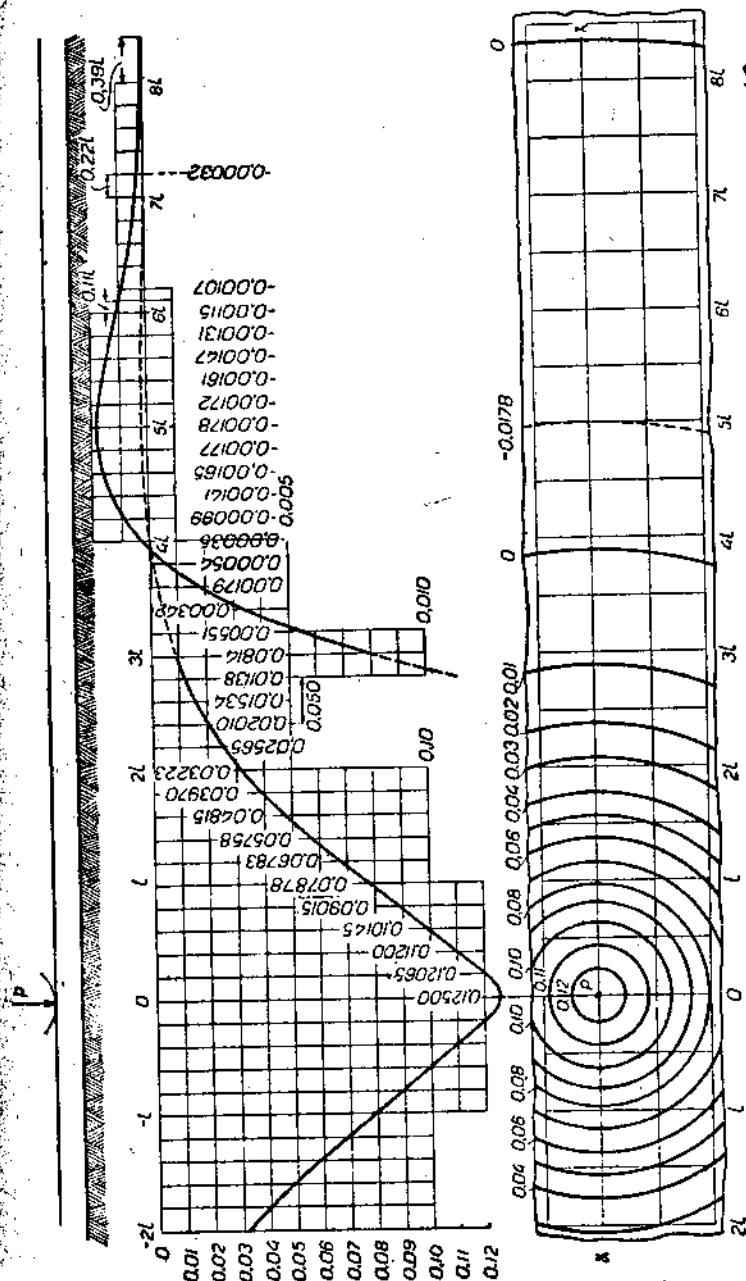


Рис. 16. Кривая прогибов бетонной плиты, под действием груза P . По оси ординат отложены величины $\frac{P}{K^2}$, по оси абсцисс — l . Участок кривой справа, показывающий теоретическое выпучивание плиты, нанесен на чертеж дважды, причем второй раз сплошной линией с ординатами, увеличенными в 10 раз. На нижнем чертеже план плиты с прогибами в горизонталях.

1) на сколько следует увеличить толщину одежды при перестройке дороги, если величина нагрузки возрастет в определенном размере, причем данный участок бетонной дороги доказал при эксплуатации и в специальных опытах свою полную пригодность для данного вида движения и типа повозок;

2) сколько может быть сэкономлено при оставлении меньшей толщины и устранении из обращения наиболее тяжелых типов повозок.

Оба вопроса могут быть поставлены и при назначении толщины вновь строящейся дороги, находящейся в одинаковых условиях с дорогой изученной.

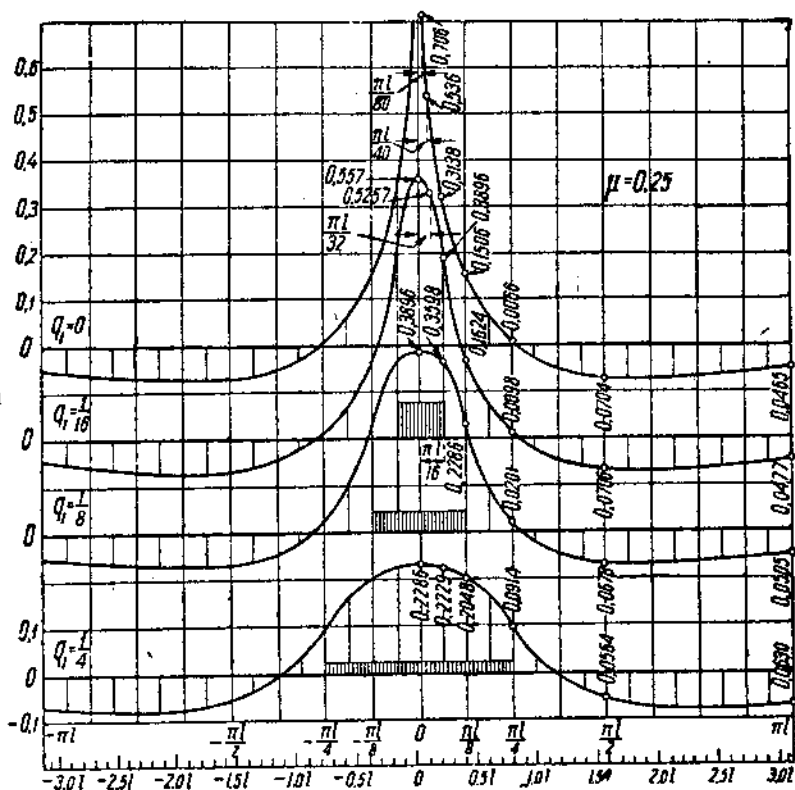


Рис. 17. Изгибающие моменты $\frac{M}{P}$ вдоль ребра плиты при положении груза P у кромки плиты и от равномерно распределенной нагрузки интенсивностью от $q_1 = \frac{1}{4}P$ (нижняя кривая) до $q_1 = 0$ (верхняя кривая).

Германский исследователь вопроса о толщине бетонной плиты д-р инж. Лейтц исходил в своей работе из тех же предположений, что и проф. Г. Уэстергардт, со следующими изменениями:¹

1. Лейтц пренебрегает поперечной деформацией бетона под действием внешних сил и реакции грунта, — поэтому выражение радиуса относительной жесткости (l) или, как называет это выражение Лейтц, «уравнения линии упругой передачи давления» — получилось проще:

$$l = \sqrt[4]{\frac{EH^3}{12 \cdot K}}$$

2. Лейтц учитывает, что грунт, находящийся вне пределов плиты, будет также нести нагрузку, причем участие этого грунта будет особенно сильно в I случае на-

¹ „Die Bautechnik“, 1930 г.

узки (груз в углу плиты) и наименее сильно в II случае нагрузки (груз в середине плиты). Поэтому при модуле реакции основания для II случая равно K_{II} он рекомендует для того же грунта принимать $K_{III} = 2 K_{II}$ и $K_I = 4 K_{II}$.

3. Лейтц дает установленную опытным путем зависимость величины диаметра площади передачи давления шиной автомобильного колеса на поверхность дороги от величины силы, приходящейся на колесо и внутреннего давления в шинах (рис. 19). При этом эллиптическое очертание площади передачи давления условно принимается за круглое.

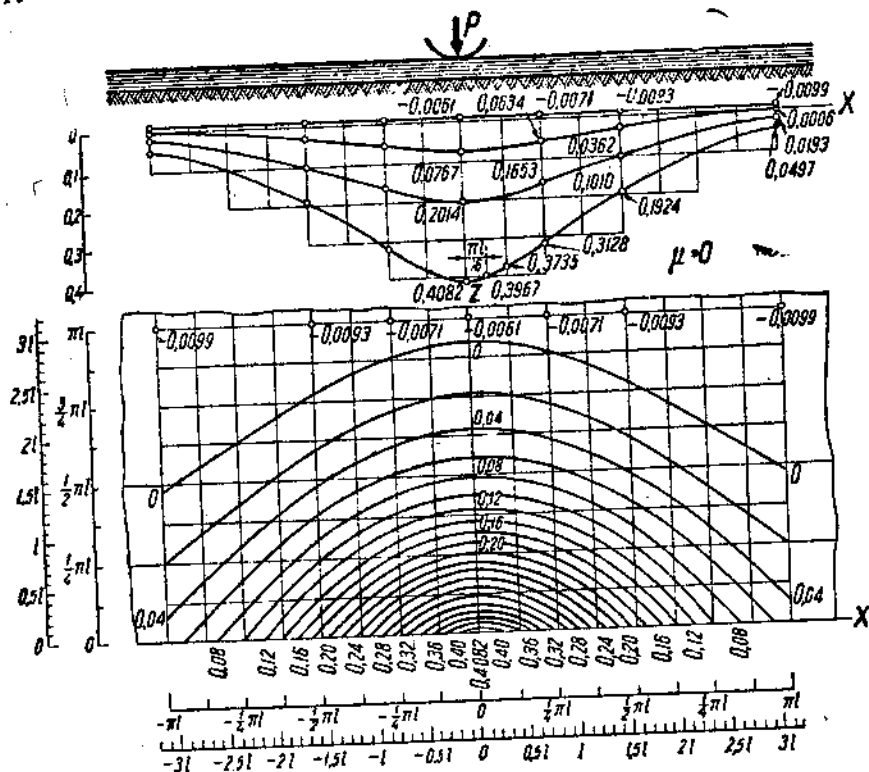


Рис. 18. Проггибы под действием сосредоточенного груза P у кромки плиты, вдали от угла. Внизу план прогибов в горизонталях.

Окончательные результаты своих теоретических исследований Лейтц дает в виде графиков, позволяющих определить величину растягивающих напряжений в плите определенной толщины от изгиба ее силою в 1000 кг при тех же трех случаях нагрузки (рис. 20). При этом в случае сплошных резиновых шин к определенным по графику напряжениям добавляются еще

в I случае нагрузки	(груз в углу)	— 1,0—1,2 кг/см ²
в III	(груз на ребре)	— 0,6—0,7
во II	(груз в середине)	— 0,4

Для иллюстрации пользования графиком Лейтца могут служить следующие две задачи:

Задача 1: Определить растягивающие напряжения при изгибе плиты при давлении колеса в 3 т, при толщине плиты в 15 см при модуле реакции основания $K = 4$ кг/см².

Решение: На рис. 19 читаем: при $P=3$ т и сплошных шинах, — диаметр площади передачи давления $=7,5$ см. По графику рис. 20 определяем следующие величины напряжений:

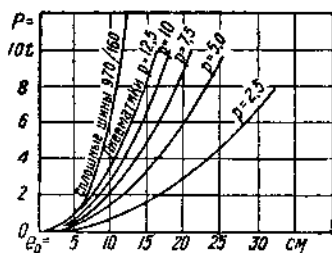


Рис. 19. Зависимость величины площади передачи давления колеса на поверхность бетонной плиты от величины нагрузки на колесо и внутреннего давления в шинах.

I случай, $K=16$ кг/см²; $=3(14,3+1,2)=46,5$ кг/см²
 III . $K=8$. ; $=3(7,5+0,7)=24,6$.
 II . $K=4$. ; $=3(4,2+0,4)=13,8$.

Вывод: Пропуск нагрузки вызовет опасные напряжения в углу плиты, в случае устройства ее без армирования.

Задача 2. Определить растягивающие напряжения при проходе автомобиля с нагрузкой на колесо в 3 т. Шины пневматические с внутренним давлением в 5 атмосфер. Толщина плиты 15 см; $K=4$ кг/см².

Решение: По графику рис. 19 определяем, что диаметр площади соприкосновения шины с плитой $=14$ см. По графику рис. 20 получаем

I случай, $K=10$ кг/см²; $=3 \cdot 13,0 = 39,0$ кг/см²
 III . $K=8$. ; $=3 \cdot 5,7 = 17,1$.
 II . $K=4$. ; $=3 \cdot 3,4 = 10,2$.

Вывод: Пропуск нагрузки представляет меньшую опасность, чем в предыдущем случае. Усиление угла плиты арматурой остается желательным.

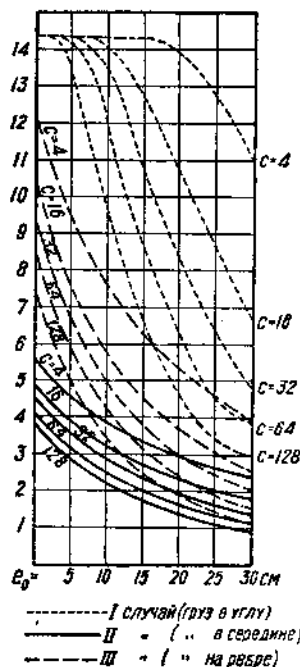


Рис. 20. График напряжений в бетонной плите при изгибе силой в 1000 кг.

Общепринятые формулы для определения толщины плиты. Формулы Уэстергардта и Лейтца дают несомненно более обоснованные размеры плиты, но все же остается неучтенным целый ряд обстоятельств, а именно: 1) переменность величины модуля реакции основания в зависимости от состояния грунта и величины деформации, 2) затруднительность определения величины модуля, 3) присутствие в основании отдельных мест (гнезд) с большей или меньшей упругостью, 4) зависимость деформации плиты от ее размеров в плане, 5) динамичность нагрузки, 6) неравномерность распределения давления от шин на основание плиты, 7) разная толщина плиты у края и в середине и 8) влияние изменений температуры.

В связи с этим, а также ввиду некоторой громоздкости формул Уэстергардта, пользование ими нигде не привилось и на Международном Дорожном Конгрессе 1930 г. в тезисах главного докладчика отмечено, что толщину плиты у края (плиты) на основании практики многих стран вполне достаточно определять по

формуле Клиффорда Ольдера $H = \sqrt{\frac{3P}{0,5\sigma_b}}$,

где σ_b — обозначает величину временного сопротивления бетона растяжению при изгибе, а толщина плиты по оси дороги должна составлять 0,7 толщины плиты у краев, так как при этом получается почти одинаковое по ширине плиты сопротивление ее изгибу.

В докладах Конгрессу было отмечено, что опытное изучение толщины

ит, начатое с применения 10 см плит в Калифорнии в 1901 г., показало, что при такой толщине разрушение неизбежно. Постепенное увеличение толщины плиты привело к минимальному размеру ее в 17 см на естественном основании (САСШ) и 12—14 см на искусственном (Германия). Опыт Германии показал, что тонкие (10 см) плиты не смогут работать и на жестком основании. На предыдущем Конгрессе минимальная толщина бетонной плиты была отмечена в 15 см.

Следует отметить, что щебеночные покрытия допускают однократные проходы нагрузок, значительно превышающих нормальные — соответствующие данному типу покрытия, — при этом упруго деформируясь и лишь незначительно разрушаясь; бетонное же покрытие может разрушиться от одного прохода нагрузки, превышающей нагрузку соответствующую данному типу одежды. Ремонт шоссейной одежды от повреждения, полученного при случайном проходе тяжелого груза, несложен и недорог, а бетонная плита, ломавшаяся под грузом требует сложного и дорогого исправления.

Поэтому в расчеты бетонных плит и при опытных проверках необходимой толщины плиты следует вводить наибольшие грузы, которые можно ожидать на данном перегоне.

Наибольшая нагрузка на колесо, принятая для расчетов в САСШ, составляет 4 100 кг (9 000 ф.). На большинстве окружных дорог САСШ такая нагрузка встречается редко. Для городских улиц величина расчетной нагрузки уменьшается до 3 200 кг (7 000 ф.) и для местных дорог до 1 350 кг (3 000 ф.), причем помимо декретной спецификации дорог по этому признаку ведется строгое наблюдение над предельной нагрузкой дороги.

Динамичность действия нагрузки должна быть учтена при установлении расчетной величины наибольшего груза. Так, при указанной выше статической нагрузке в 4 100 кг от повозки на железных шинах на хорошей бетонной дороге под влиянием толчков, как показывают опыты, динамическое давление доходит до 6 105 кг; может случайно достигать 8 200 кг, а на исключительно неровных мостовых и 20 500 кг.

Нагрузка, передаваемая пневматическими шинами, не превосходит статической нагрузки более чем на 30%, на обычных бетонных мостовых, а на избитых дорогах оказывается в 2 раза больше статической.

На основании анализа опытных данных американский исследователь Томас Эгт приходит к выводу, что напряжения при этом возрастают не пропорционально возрастанию нагрузки, а именно:

а) если динамическое давление экипажей с металлическими шинами на хорошую бетонную мостовую в 1,5 раза больше статического, то напряжения при этом оказываются всего в 1,3 раза больше напряжений от статической нагрузки;

б) если давление таких экипажей оказывается в два раза больше статического, то напряжения при этом всего в 1,6 раза больше статических напряжений;

в) при проезде экипажей с пневматическими шинами дополнительные напряжения в плите от толчков ничтожны и динамический коэффициент 1,3, введенный при установлении расчетной величины нагрузки, вполне покрывает эти дополнительные напряжения.

Пример определения необходимой толщины бетонной плиты.

Задано: определить необходимые размеры для профиля дорожной бетонной плиты при Технических Условиях ЦУДорТранса.

а) Установление действующей нагрузки:

Наибольшая нагрузка по Т. У. — 13-тонный грузовик.

Распределение давления полагаем таким: на переднюю ось передается 4 т; на заднюю ось — 9 т; на каждое колесо задней оси придется: $9:4 = 2,25$ т.

Динамический коэффициент принимаем равным 1,3.

Расчетный груз $= 2,25 \times 1,3 = 2,92$ т или приблизительно $= 3$ т.

б) Установление допускаемого напряжения:

Величина временного сопротивления бетона растяжению при изгибе колеблется в пределах от 30 до 42 кг/см² при временном сопротивлении сжатию 180—210 кг.

Останавливаемся на цифре $\sigma_b = 40$ кг/см² и на коэффициенте безопасности $= 2$. Тогда допускаемое напряжение на разрыв $R = 20$ кг/см².

в) Определение необходимой толщины плиты по Ольдеру:

Толщина плиты у края (точнее под вторым от края колесом), примерно, в 40 см по биссектрисе от вершины угла определится равной:

$$H = \sqrt{\frac{3 \times 3000}{20}} = \sqrt{\frac{200}{2}} = \sqrt{450} = 21,2 \text{ см} \cong 22 \text{ см.}$$

Толщина плиты посередине $H_1 = 0,7 \cdot H = 22 \cdot 0,7 = 15,4 \cong 16$ см.

г) Проверка напряжений по формуле Уэстергардта:

Напряжения от изгиба возле наружного канта плиты при $H = 22$ см и расстоянии a от вершины угла при расчете по Уэстергардту будут иметь следующие значения (в кг/см²):

Таблица 9

a (см) =	0	5	10	15	20	Примечание
От	} 20	16	11	10	9	В зависимости от величины модуля реакции основания. См. табл. 7
До		12	10	9	8	

Напряжения в середине плиты в расстоянии a от точки приложения груза, при толщине плиты в 16 см при расчете по Уэстергардту, будут иметь следующие значения (в кг/см²).

Таблица 10

a (см) =	0	5	10	15	20	Примечание
От	27	25	22	19	16	В зависимости от величины модуля реакции основания. См. табл. 8
До	25	22	19	16	14	

д) Заключение: При подобранной по формуле Ольдера толщине плиты у края — 22 см и в середине 16 см, — напряжения от нагрузки, подсчитанные по более точной формуле Уэстергардта не превышают $8 - 20$ кг/см² у края плиты и $14 - 27$ кг/см² в середине.

В проекте общесоюзного стандарта толщина плиты принята та же, что в приведенном выше подсчете (22 и 16 см), но кроме того рекомендовано армирование верхних углов плиты продольной арматурой из одного стержня углового сечения диаметром 8—10 мм; подобное армирование, усиливая угол продольный край плиты, в САСШ получило очень большое распространение.

ДЛИНА НЕПРЕРЫВНОГО УЧАСТКА БЕТОННОЙ ПЛИТЫ.

Изменение бетонной плиты в объеме. Подвергаясь действию колебаний температуры и влажности (а также действию усадки бетона при твердении его), бетонная плита изменяется в своем объеме, причем наибольшие последствия имеют изменения длины плиты. При усадке бетона, при понижении температуры и при уменьшении содержания влажности плита уменьшается в объеме: плита укорачивается и сужается. При повышении температуры и увеличении содержания влажности в бетоне плита увеличивается в объеме: плита удлиняется и уширяется.

Бетонная одежда без швов. Если предположить, что плита при действии указанных выше факторов не может изменить свою длину и ширину, то в ней возникнут напряжения

$$\sigma = \frac{E \cdot \alpha (t - t_0)}{1 - \mu}$$

где E — модуль нормальной упругости бетона $= 210\,000 \text{ кг/см}^2$,
 $(t - t_0)$ — амплитуда колебаний температуры,
 α — коэффициент линейного расширения бетона ($\alpha = 0,00001$).
 μ — коэффициент Пуассона для бетона ($\mu = 0,15$).

При уменьшении температуры на $40-45^\circ$ напряжения в плите оказываются порядка 100 кг/см^2 , т. е. значительно превышающие напряжения, допускаемые для бетона на растяжение.

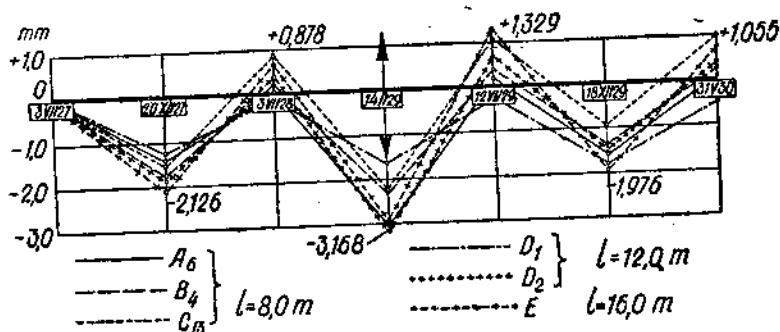


Рис. 21. Диаграмма наибольших отклонений длины бетонных плит от длины принятой за начальную, на основании трехлетних наблюдений (Германия, Карлсруэ).

Бетонные дороги „непрерывной“ длины, т. е. бетонные дороги с одеждой, не подразделенной на отдельные участки, дороги без швов, устраиваются в ряде штатов Сев. Америки. В них неизбежно появляются трещины (рис. 31

23 и 24). В подавляющем же большинстве случаев бетонная плита подразделяется по длине дороги на отдельные участки, путем устройства швов.

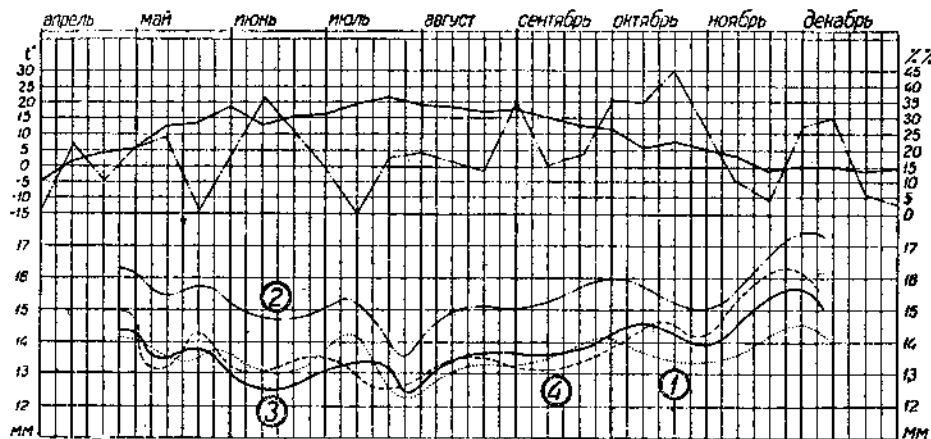


Рис. 22. Графики изменения среднедекадных температур воздуха (сплошная линия), количества осадков (пунктир) (мм) и ширины швов между бетонными плитами на опытном участке бетонной дороги Минск — Борисов по наблюдениям 1932 года, проведенным ГИАТОМ БССР.

Кривая 1 — изменений ширины шва между плитами 8 и 9 с левой стороны плит. Кривая 2 — того же шва с правой стороны. Кривые 3 и 4 для шва между плитами 9 и 10.

Плита № 8, дл. 22 м без повреждений.

Плита № 9, дл. 22 м имеет две трещины до 2 мм ширины, доходящие лишь до середины ширины плиты.

Плита № 10, дл. 29,4 м имеет две поперечные трещины во всю ширину посредине длины плиты. Все плиты на песчаном основании (насыпь высотой до 0,5 м). Толщина плит в середине — 15 см, у краев — 20 см.

Величины изменения длины бетонной плиты под действием возможных колебаний влажности бетона определены рядом наблюдений (САСШ и Германия) в 0,1 мм на п. м плиты. Под действием резких колебаний температуры ($t - t_0 = 68^\circ$) отмечены линейные деформации в $+0,5$ мм/м (удлинение) и в $-0,7$ мм/м (укорочение).

На основании годичных наблюдений (1932 г.) над изменением длины бетонных плит опытного участка под Ленинградом Опытная станция ЛАДИ установила, что величина относительного удлинения плиты при повышении температуры воздуха на 1° составляет $\alpha_1 = 0,00001$ для плит на песчаном основании и $\alpha_2 = 0,000016$ для плит, уложенных непосредственно на глинистом

Рис. 23. Бетонная дорога с продольной трещиной в САСШ.

рунте. Следовательно α_1 — совпало с величиной среднего принимаемого в расчетах значения коэффициента линейного расширения α , а α_2 — оказалось значительно больше.

Величина α (для плиты № 9 рис. 22), определенная по наблюдениям ГИАТа БССР, проведенным при температуре воздуха, изменявшейся от 0 до $+22^\circ$ в течение 9 месяцев, — составила всего 0,000006, причем длина плиты была 22 м, а основание — песчаная насыпь.



Рис. 24. Бетонная дорога после 20 лет службы. Ряд продольных, поперечных и косых трещин, заделанных битумом (SASIM).

Дорожные организации, придерживающиеся взглядов о целесообразности устройства дорог без швов, указывают, что своевременное заполнение трещин в бетонных дорогах в порядке текущего ремонта обходится дешевле, чем заблаговременное, при постройке дороги, устройство правильных швов (об устройстве швов подробно упоминается ниже). Кроме того, срок постройки бетонной дороги без устройства швов уменьшается. Кроме трещин, в такого типа дорогах, особенно если постройка их производилась в холодное и сухое время года, также неизбежно образование вспучиваний и изломов бетонной плиты однако в значительно меньшем количестве, чем появление трещин, благодаря хорошей работе бетона на сжатие.

Вне зависимости от экономических соображений постройка бетонных дорог без швов отвергается по соображениям эстетического порядка, так как

беспорядочно разбросанные и залитые битумом швы создают представление о слабости покрытия.

Заполненная битумом трещина не представляет опасности для движения, и условия износа шин автомобилей не ухудшаются. Условия же для износа самой плиты становятся с образованием трещины более легкими, так как бетон по обе стороны трещины, перенеся напряжения, близкие к его временному сопротивлению разрыву, в значительной степени потерял свои упругие свойства и легко поддается разрушению, что, в свою очередь, вызывает необходимость периодического ремонта таких одежд.

Здесь же уместно отметить, что образование трещин происходит и в бетоне оснований под другие виды покрытий (а также и в бетоне нижнего слоя двухслойных бетонных дорог), хотя здесь бетон находится в значительно лучших условиях в отношении колебаний температуры и влажности. Трещины образуются через промежуток в 9—12 м, и в практике строительства асфальто-бетонных и деревянных торцовых покрытий устройство швов в бетонном основании получило также большое распространение.

Коробление бетонных плит. Изменение температуры плиты, кроме указанных выше, имеет еще и другие последствия.

Нагревание бетонной плиты под действием солнечных лучей происходит неравномерно по высоте плиты. Верхние слои бетона оказываются более

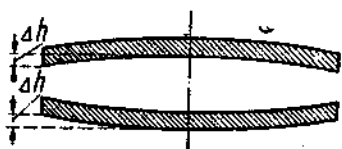


Рис. 25. Коробление бетонных плит. Вверху положение плиты при высокой температуре. Внизу — при низкой температуре.

нагретыми и удлиняются в продольном и поперечном направлении сильнее, чем нижние слои бетона; благодаря этому середина плиты приподнимается, опираясь на основание по контуру (рис. 25). Груз, приложенный в середине плиты, при таком ее положении вызовет напряжения в плите значительно большие, чем те, которые определяются обычными расчетами (причем в нижней части плиты будут растягивающие напряжения).

Еще более опасное положение принимает бетонная плита под действием охлаждения (резкое понижение температуры). Сильное сокращение верхнего слоя бетона в плите, непосредственно воспринимающего действие охлаждения, приводит к подъему концов, благодаря чему плита покоится на основании лишь своей серединой. Под действием груза, приложенного в одном из углов, могут образоваться трещины; бетон верхней части плиты не выдержит значительных растягивающих напряжений.

Правильность подобных предположений подтверждается наблюдениями, устанавливающими, что образование трещин происходит в первые морозные дни после прохода тяжелых грузов.

Величина поднятия края плиты по наблюдениям Бюро Общ. Работ САСШ достигает 5 мм.

Наблюдения опытной станции ЛАДИ дают величину поднятия по наблюдениям летом 1932 г. (особенно жаркое лето) — также в 5 мм.

Для уменьшения напряжений растяжения и сжатия и предотвращения образования трещин или выпучивания плиты чаще всего плиту подразделяют, как уже было указано, по длине на отдельные участки, а по ширине на полосы, устраивая для этой цели поперечные и продольные швы.¹

¹ Различные конструкции швов разобраны одновременно с описанием работ по их устройству в гл. 13.

Устройство поперечных швов вызывает некоторое замедление в производстве работ по укладке бетонной одежды, а также создает условия, благоприятные для образования колебательных движений повозок. Эти причины и вызвали в первые годы постройки бетонных дорог возражения против устройства искусственных швов. Теперь выработаны способы производства работ, конструкции швов и способы их расположения, которые эти причины почти полностью устраняют.

При анализе причин образования трещин в бетонной одежде не следует упускать из виду еще одно из обстоятельств, вызывающих их появление, о котором упоминается подробнее в гл. 8 — это слабость грунта основания (главным образом, его способность набухать и садиться при поглощении и отдаче влаги). И в этом случае подразделение бетонной одежды на ряд отдельных плит поперечными и продольными швами приводит к резкому уменьшению возможности образования трещин.

Длина непрерывного участка плиты. Определить расстояние между швами (длину непрерывного участка плиты) можно, исходя из следующих соображений. При увеличении объема плита стремится увеличить свою длину. Если считать, что середина плиты BB' останется неподвижной

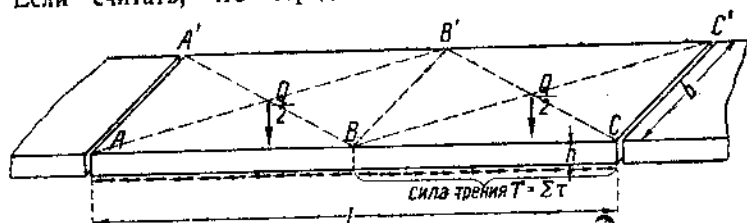


Рис. 26. Схема приложения сил трения к бетонной плите.

(рис. 26), то концы плиты при удлинении плиты должны сдвинуться, — конец AA' влево, а CC' вправо. Такому перемещению будет препятствовать трение нижней поверхности плиты об основание. Накопление сил трения будет наибольшим в середине плиты, и в плите появятся сжимающие напряжения. При уменьшении объема плиты перемещения концов ее будут происходить в обратную сторону, а в самой плите, вследствие невозможности из-за трения свободного сокращения ее, возникнут растягивающие напряжения. Величина силы трения в сечении плиты BB' будет равна весу плиты, умноженному на коэффициент трения

$$T = \frac{Q}{2} \cdot k = \frac{b \cdot l \cdot H \cdot g \cdot k}{2},$$

где b — ширина плиты,

l — длина всей плиты,

H — высота " "

g — вес 1 м³ бетона,

Q — собственный вес плиты,

k — коэффициент трения плиты об основание.

Так как величина силы трения находится в зависимости от коэффициента трения, то определение величины последнего производилось многими исследовательскими организациями. Арлингтонская испытательная станция произвела ряд опытов и опубликовала результаты определения величины k для бетонной плиты, весом 400 кг,

которая укладывалась на различных основаниях. Эта плита подтягивалась к особому штурвалу, причем напряжение тягового троса регистрировалось динамометром. Одновременно отмечалась быстрота вращения рукоятки штурвала, что позволило установить зависимость величины коэффициента трения не только от рода основания, но и от скорости движения последней.

Величина коэффициента трения для различных грунтов по данным испытаний этой станции оказалась следующей:

Таблица 11

Грунт основания	v	k	v	k	v	k
	мм/сек	—	мм/сек	—	мм/сек	—
Глина (выровненная поверхн.)	1	0,55	10	1,30	50	2,07
Глина (неровная поверхность)	1	0,57	10	1,29	50	2,07
Суглинок	1	0,34	10	1,18	50	2,07
Песок	1	0,69	10	1,24	50	1,38
Гравий (крупностью 18 мм)	1	0,52	10	1,10	50	1,26
Щебень (18-миллиметровый)	1	0,44	10	0,92	50	2,18
Щебень (75-миллиметровый)	1	1,84	10	1,78	50	2,18

Техническая лаборатория в Берлине указывает для коэффициента трения значения от 0, до 0,9, отмечая, что k имеет меньшую величину при сухом основании и большею при влажном.

Обычно, при исследовании вопросов подвижности бетонной плиты в отношении определения напряжений, величину коэффициента трения принимают равной 2 или 1,5.

Так как сила трения приложена по нижней поверхности плиты, то можно рассматривать, что плита находится под действием внецентренного растяжения или сжатия (смотря по направлению силы трения).¹

Напряжения при этом внецентренном сжатии будут равны:

$$\sigma = \frac{Q \cdot k}{2 \cdot F} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{H} \right),$$

где e — расстояние точки приложения силы от центра тяжести сечения половины высоты сечения ($e = H/2$).

F — площадь поперечного сечения ($F = b \cdot H$),

$$\text{отсюда} \quad \sigma = \frac{b \cdot l \cdot H \cdot g \cdot k}{2 \cdot b \cdot H} \left(1 \pm \frac{6H}{2H} \right) = \frac{lgk}{2} (1 \pm 3) \text{ кг/см}^2$$

при $k = 2$; $g = 2200 \text{ кг/м}^3 = 0,0022 \text{ кг/см}^3$ зависимость между σ и kl примет следующий вид:

$$\sigma = 0,0011 \cdot k \cdot l (1 \pm 3).$$

Таблица 12 дает величины напряжений для различных значений расстояния между швами.

В гл. 3 было указано, что при действии сосредоточенных сил опасными зонами в бетонной плите, ввиду появления растягивающих напряжений, являются — верхняя часть плиты на углах и нижняя поверхность плиты в средней части ее. Силы трения вызывают появление также растягивающих и сжимающих напряжений.

¹ Гольдбек в своем исследовании, приведенном в гл. 17, наоборот, считает напряжения равномерно распределенными по сечению.

l в м	Напряжения в нижних волокнах плиты	Напряжения в верхних волокнах плиты	Примечание
8	7,0 кг/см ²	3,5 кг/см ²	При удлинении плиты: в нижних волокнах — сжатие, в верхних — растяжение. При укорочении плиты: в нижних волокнах — растяжение, в верхних — сжатие.
9	7,9 "	4,0 "	
10	8,8 "	4,4 "	
12	10,6 "	5,3 "	
15	13,2 "	6,6 "	
20	17,6 "	8,8 "	
30	26,4 "	13,2 "	
40	35,2 "	17,6 "	

Если воспользоваться указанием Американского О-ва испытания материалов о том, что растягивающие напряжения в бетонной плите при суммарном действии нагрузки не должны превышать 42 кг/см^2 , то при вычисленной нами величине напряжений в нижних волокнах плиты по середине ее $\approx 27 \text{ кг/см}^2$ — на долю растягивающих напряжений от трения останется 15 кг/см^2 , т. е. для того, чтобы суммарные растягивающие напряжения от вертикальной нагрузки и от сил трения при укорочении плиты не превосходили 42 кг/см^2 , расстояние между швами не должно превышать 17,5 м. Швы, назначаемые по этому признаку, носят название швов сжатия. Сжимающие напряжения, возникающие при удлинении плиты, могут в 4—5 раз превышать растягивающие напряжения, откуда следует, что для ограничения величины сжимающих напряжений швы достаточно устраивать через 70—90 м. Эти швы носят название швов расширения.

Приведенное определение расстояний между швами следует рассматривать лишь как метод, требующий серьезной опытной проверки основных своих положений, а именно: закона распределения напряжений от сил трения по высоте сечения, величины коэффициента трения и величины допускаемого напряжения в бетоне на растяжение. В более же тесной увязке с определением напряжений от внешних вертикальных сил предложенный метод требует уточнения и величин модуля нормальной упругости, коэффициента Пуассона, а также установления точного соотношения между сопротивлением бетона разрыву при изгибе и сопротивлением бетона разрыву при простом растяжении.

Ложные швы (рис. 27). Так как назначение швов сжатия — только фиксировать место образования зазора при сокращении длины плиты с приданием этому зазору правильного расположения и формы, — то в ряде штатов Сев. Америки и в Германии введен новый вид швов, получивший название ложных швов сжатия и отличающийся от обычных швов своей небольшой высотой: они устраиваются лишь на $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ высоты плиты. Такого ложного шва вполне достаточно для того, чтобы плита при появлении растягивающих усилий треснула именно по плоскости шва.

Продольные швы. С целью уменьшения величины нормальных напряжений в поперечном направлении, возникающих вследствие стремления плиты изменить объем при колебаниях температуры и влажности и появления при этом сил трения, препятствующих подвижке плиты, — для уменьшения возможности коробления плиты под теми же климатическими и атмосферными воздействиями, — для уменьшения влияния слабого основания

и для предотвращения во всех перечисленных случаях образования продольных трещин неправильного очертания, а также и для удобств производства работ при широких бетонных одеждах, устраивается продольный шов, т. е. плита по ширине профиля подразделяется на две части (а при большой ширине — на 3 и 4 части).

Иногда продольным швом пользуются как разграничительной линией двух полос движения, для чего производят поливку битумом или окраску полосы по обе стороны шва. В немецких данных имеются указания, что благодаря постепенному прониканию в продольный шов мелких частиц каменных материалов наблюдаются случаи увеличения ширины продольного шва, раздвигания двух половин дороги и даже появления поперечных трещин.

При ширине дороги свыше 6 м устройство продольного шва неизбежно и по условиям производства работ (при механизированной отделке бетона).

Итальянцы при постройке дорог в Средней Италии считали целесообразным устраивать продольные швы из расчета, чтобы каждая полоса бетонной проезжей части не превышала бы в ширину трех метров. В САСШ продольный шов устраивают при ширине плиты, превышающей 4,5 м.

При устройстве продольного шва, в месте пересечения его с поперечным, неизбежно образование наиболее слабой зоны в одежде, так как каждый из четырех встре-

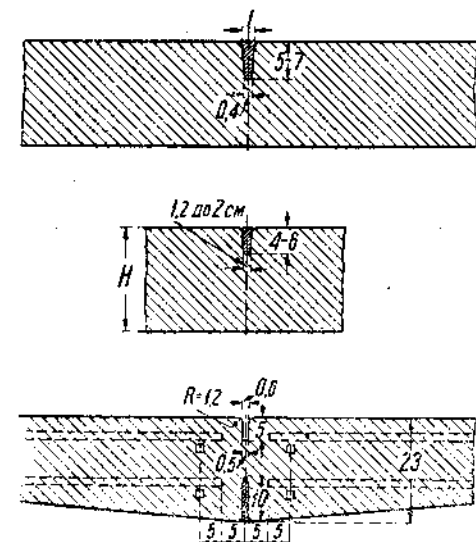


Рис. 27. Несколько типов „ложных швов“ (САСШ).

чающихся в пересечении углов слабее остальной части плиты. Чтобы избежать столь значительного ослабления бетонной одежды, было применено расположение поперечных швов каждой половины одежды в шахматном порядке. При таком расположении швов оказалось, что трение поверхностей продольного шва при подвижке одной половины одежды было столь значительно, что увлекало и другую половину, и в результате против поперечного шва в плите соседней половины одежды образовывалась поперечная трещина. Это вынудило отказаться от размещения швов в шахматном порядке и ограничиваться незначительным смещением их один относительно другого¹ (рис. 28).

Ширина швов расширения и сжатия. Ширина шва расширения может быть определена, исходя из предположения сдвига двух смежных плит навстречу друг другу, при возможном для данного места повышении температуры плиты по сравнению с температурой во время ее постройки.

¹ В Германии трещины в плите появлялись даже при сдвиге плит всего на 60 см, однако это указание требует проверки.

Так, если δ — ширина шва,
 α — коэффициент линейного расширения бетона $= 0,00001$,
 T — наивысшая температура, до которой может нагреваться бетонная плита (T может быть и выше и ниже наибольшей температуры воздуха при такой жаркой погоде, возможной в данной местности),
 T_0 — температура плиты во время постройки, и
 l — длина плиты между швами,
 при $T = 35^\circ$ и $T_0 = 15^\circ$, т. е. при разности $(T - T_0) = 20^\circ$, требуемая ширина шва между двумя 20-метровыми плитами $\delta = 2\alpha \cdot (T - T_0) \cdot l = 2 \cdot 0,00001 \cdot 20 \cdot 20\,000 = 8$ мм. Обычно ширина шва назначается в 1—2 см.

В условиях большинства штатов Сев. Америки ширина шва в 25 мм считается достаточной для плиты длиной 30 м; 19 мм — для плиты длиной



Рис. 28. Бетонная дорога с продольным швом и смещенными один относительно другого поперечными швами (Золотурн. Швейцария).

28,5 м и 9 мм — для плиты длиной 18 м. Такие же, примерно, величины приняты и в Германии.

В Италии после ряда производственных опытов стали устраивать швы шириной всего 15—18 мм, несмотря на жаркий климат (Аппиева дорога).

Ширина шва сжатия теоретически равняется нулю, так как назначение шва сжатия — подразделить плиту между швами растяжения на несколько участков, каждый из которых мог бы самостоятельно сокращаться в своей длине. Практически ширина шва сжатия зависит от способа его выполнения (см. ниже гл. 13).

Применяемое на практике расположение швов. Вычисленные на стр. 37 величины расстояний между швами отличаются от практически применяемого расположения швов.

Обычно швы расширения размещают через 40—60 м, в промежутке между ними устраивают 2—3 шва сжатия. Имеется много примеров устройства дороги без швов сжатия, но с более частым расположением швов расширения (через 15—20 м). Иногда в таких случаях между швами растяжения устраивают по одному ложному шву.

Против устройства швов сжатия приводятся следующие возражения. Незаполняемые обычно при постройке и имеющие незначительную ширину швы сжатия после открытия движения набиваются мелким песком и пылью; такое заполнение при повышении температуры выдавливается из шва наружу лишь частично, благодаря чему шов плотно сойтись не может, и давление от одной плиты на другую передается лишь в отдельных местах поверхности шва. Значительно сжимающие усилия, которые при этом образуются, вызывают выщербление кантов шва и расстройство сцепления между составными частями бетона по всей поверхности шва. Поэтому вводится иногда ограничение, сводящееся к тому, чтобы швы сжатия устраивались только в самое жаркое время года, когда плита имеет наибольший объем. В этом случае различие между швом сжатия и швом растяжения сглаживается, так как последнему при высокой температуре постройки также незачем придавать большую ширину. Кроме того приводятся указания, что ремонт узких швов сжатия затруднителен и часто не может быть произведен без расширения шва путем выдалбливания бетона и заполнения шва эластичным материалом.

Принятые для каждого trakта расстояния между швами выдерживались обычно на всем протяжении дороги одинаковыми, но в последнее время все большее распространение получает расположение швов в неравных расстояниях. Так например, на постройке дороги Бремен-Везермюнде поперечные швы располагались попеременно в расстояниях 13 и 17 м для избежания ритмического повторения толчков, ведущих, по некоторым наблюдениям, к сильному раскачиванию автомашин в вертикальной плоскости.

С той же целью — для смягчения проезда над швами — применяется расположение швов под углом к оси дороги; большого распространения косое расположение швов не получило из-за значительных осложнений в устройстве таких швов, особенно при механизированной отделке бетона, и неизбежных повреждений плиты возле острого угла.

Сравнивая достоинства и недостатки различных комбинаций в расположении швов, следует наиболее рациональным признать следующие две:

1) устройство одних швов расширения, возможно меньшей для данных климатических условий ширины, через 10 — 15 м (через неравные промежутки);

2) устройство более редко расположенных (15 — 20 м) швов растяжения, соответственно большей ширины, с промежуточным между ними ложным швом сжатия.¹

6. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ БЕТОННОЙ ОДЕЖДЫ.

Новые методы рационального подбора состава бетона, обеспечивающие значительную экономию в расходовании цемента при сохранении, а во многих случаях и при повышении прочности бетона, нашли широкое применение и в установлении составов бетона для дорожной одежды. Одновременно к дорожному бетону предъявляются дополнительные требования, вызванные особо тяжелыми условиями работы бетона в дорожной одежде, подвергающейся непосредственному динамическому действию нагрузки экипажей при одновременном действии атмосферных и температурных факторов.

¹ Нейман для средних климатических и иных условий Германии рекомендует устраивать швы расширения величиной 25 мм через каждые 31,5 м с ложными промежуточными швами сжатия через каждые 10,5 м.

Опыты по рациональному проектированию бетона для дорожной одежды (как и для других целей) в САСШ были поставлены проф. Абрамсом, в Германии проф. Графом, Пробстом и Оценом; в СССР изучение бетона для дорожных целей начато в 1930 г.¹

Практика заграничного строительства, подтверждаемая и опытом СССР, предъявляет следующие требования к бетону, укладываемому в дорожную одежду.

1. Прочность бетона, т. е. расчетное временное сопротивление его сжатию в возрасте 28 дней не должно быть менее 180—210 кг/см². Обычно такая прочность получается при расходе не менее 300 кг цемента марки 0 на 1 м³ бетона.

2. Консистенция или степень пластичности бетонной массы, определяемая на месте производства работ конусом Абрамса, не должна быть больше 2—3 см³ (или, — при определении консистенции столиком Скрамтаева, — угол наклона столика должен быть 32—34°).

3. Бетон должен быть плотным, водонепроницаемым и хорошо сопротивляться действию выветривания и мороза.

Для получения однородной бетонной одежды, удовлетворяющей этим требованиям при наименьшем расходе цемента, необходимо:

- а) выявить качества применяемых материалов (произвести осмотр, обследование и испытание материалов);
- б) установить правильные соотношения между цементом, водой и инертными материалами (запроектировать состав бетона);
- в) установить определенные методы приготовления бетона, доставки и укладки его;
- г) установить правильный уход за свежим бетоном.

Выявление качеств применяемых материалов.⁴

Цемент оказывает из всех составных частей бетона наибольшее влияние на его качество. Для бетонной одежды почти исключительно применяется портландский цемент.

Одним из главных показателей качества цемента является его *активность*, т. е. временное сопротивление сжатию кубиков 7×7×7 см из раствора 1:3 (одна часть цемента на три части нормального — Вольского песка) в возрасте 28 дней.

Для разных заводов и сортов цемента активность колеблется от 160

¹ Труды Механической лаборатории ЛИИПСа. Александрин И. П. „Исследование бетона для дорожных работ“. Ленинград, 1931 г.

² Верхний предел следует применять при преобладании конного движения, нижний — при преобладании автодвижения.

³ Последние подробные исследования, проверенные в САСШ (Джесон и Келлерман), показывают, что бетонных смесей с пластичностью менее 5 см применять при существующих способах обработки бетона не следует. В Т. У. эти исследования отражения еще не нашли.

⁴ Более подробно выявление качеств применяемых материалов описано в Инструкции по контролю над качеством бетона в производстве работ. Изд. Научно-исследоват. ин-та бетонов, 1930 г., стр. 1—12 и в „Информационном письме ЦНИУ № 20“— „Инструкция по изготовлению растворов и бетонов“. Изд. НКПС, 1930 г., стр. 35—41, а также в Т. Пр. постройке бетонных дорог, изд. ЦИАТА 1930 г. № К-19.

до 350 кг/см^3 , причем в зависимости от величины активности цемента имеют следующие наименования:

при активности	120 — 160 кг/см^3	— цемент	низкий,
"	160 — 275 кг/см^3	— "	нормальный
"	275 — 420 кг/см^3	— "	повышенный
"	420 — и выше	— "	высокоортный.

Активность цемента для бетонной одежды не должна быть ниже 160 кг/см^3 . Объемный вес цемента $1300—1320 \text{ кг/м}^3$.

Требования, предъявляемые к цементу, определяются Общесоюзным Стандартом на „Портланд-цемент“, ОСТ 5036 (см. приложение 2).

Каждая партия цемента, прибывающая на постройку, должна укладываться отдельно от прежде поступивших, причем возле уложенного цемента делается отметка: когда прибыл, откуда, в каком количестве, имеется ли свидетельство завода об активности цемента (обычно такое свидетельство дается заводами только на большие партии цемента).

Немедленно по прибытии цемента на постройку отбирается проба цемента для исследования.

Пробу цемента следует брать не менее, чем из 3 мешков или бочек, поровну из каждой, общим весом около 5 кг.

Определение активности цемента производится согласно Общесоюзного Стандарта № 5157 (см. приложение № 3), на самой же постройке при отсутствии полевой лаборатории упрощенное испытание может быть произведено следующим путем.

Изготавливаются 6 штук балочек из раствора испытуемого цемента, размер балочек $25 \times 4 \times 5 \text{ см}$. Для изготовления балочек нужно иметь деревянные тщательно приструганные и промасленные формы, показанные на рис. 29.

Цементный раствор для 6 балочек составляется из 1,5 кг цемента, 4,5 кг песка и $\frac{3}{4}$ литра воды. Песок должен быть средней крупности (см. ниже), промытый и высушенный.

Раствор должен быть хорошо перемешан и уложен в формы с уплотнением металлическим штырем. Формы должны быть перед укладкой раствора установлены на гладко оструганной и также промасленной доске. После укладки раствора в формы доска встряхивается 10 раз для уплотнения раствора, а затем часть раствора, возвышающаяся над формами, срезается ножом.

После изготовления балочки хранятся первые сутки в формах при температуре воздуха около $+15^\circ$, накрытые все время мокрой тряпкой, а на второй день укладываются в воду и после седьмого дня испытываются на изгиб. Если необходимо ускорить испытания, то три балочки на второй день подвергаются пропариванию, причем благодаря повышенной температуре и влажности через 6 часов пропаривания прочность балок получается такая же, как обычно через 5 суток. Вторые три балочки, оставляемые в воде, испытываются для контроля нормально, т. е. через семь дней.

Для пропаривания в металлический сосуд диаметром 42—50 см наливается вода, затем на высоких деревянных подставках (рис. 30) устанавли-

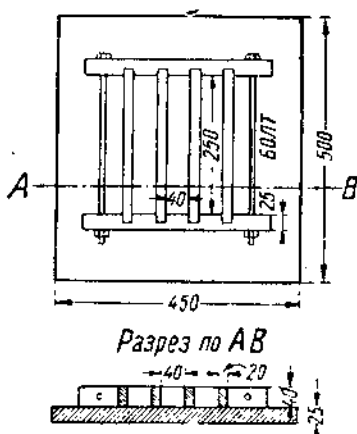


Рис. 29. Деревянная форма для цементных балочек.

ся цементная балочка, перед этим одни сутки выдержанная в форме. Сосуд срезается крышкой и подогревается на примусе. Для получения большей поверхности испарения в сосуде вешается тряпка (на рис. 30 не показана). Испытание на изгиб производится путем укладывания балочки на два ополника, установленные на столах, табуретах и пр. В подвешенное на крючок ведро постепенно подсыпается песок или другая нагрузка.

Можно считать цемент нормальным, если груз (вместе с весом ведра), разрушивший балочку, окажется равным:

после 7 дней обычного хранения — 20 кг,
на вторые сутки после пропаривания — 15 кг.
Вторым явлением, характеризующим качество цемента, является *начало схватывания и характер твердения* (трещины).

Начало схватывания для цемента, идущего в дорожную одежду, должно быть не ранее 60 мин. при ручной укладке бетона, и не ранее 30 — 10 мин. при механизированной. Конец схватывания должен наступать не позднее 12 часов.

Для бетона, идущего в дорожную одежду, разрешается применять лишь медленно твердеющий цемент.

Быстро твердеющий цемент отличается от обычного портланд-цемента тем, что имеет более высокую начальную прочность, т. е. его прочность нарастает по изготовлении быстрее, чем обычного портланд-цемента. По истечении же 28-дневного возраста прочность быстро твердеющего цемента сравнивается с прочностью медленно твердеющего цемента.

Быстро твердеющий цемент целесообразно применять лишь в тех случаях, когда требуется построенную дорогу срочно сдать в эксплуатацию. Экономия во времени содержания построенной дороги до пропуска движения может достигнуть при употреблении быстро твердеющего цемента 12 — 14 дней.

Применение быстро твердеющего цемента при постройке двуслойных покрытий нежелательно: если нижний слой начнет твердеть до укладки верхнего, схватывания между ними не произойдет. Еще опаснее применение различных цементов для двух слоев одежды: обычного для нижнего и быстро схватывающегося для верхнего, — различные слои в физическом отношении (разные пропорции, добавки) получат в этом случае еще более сильное выражение.

Определение начала схватывания лабораторным путем описано также в ОСТ'ах 5157 и 5158, в полевой же обстановке определение начала схватывания может быть произведено следующим путем.¹ Из 0,5 кг цемента изготовляется пластичное тесто (добавка воды при этом колеблется от 0,12 до 0,18 литра). Из приготовленного теста в комнате при температуре +15°С скатываются 3 шарика диаметром около 4 см и кладутся на стеклянную пластинку. Пластинка встряхивается несколько раз ударами о стол, пока шарик не расплывется в лепешку диаметром около 7 см и

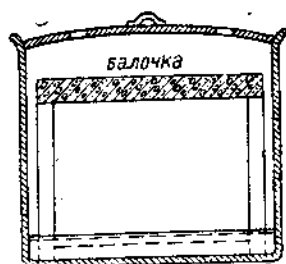


Рис. 30. Пропаривание цементных балочек.

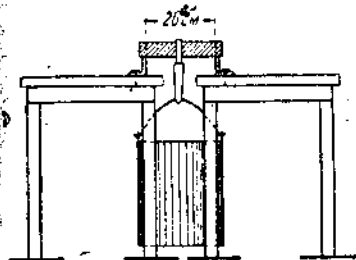


Рис. 31. Испытание балочек.

¹ ГИС, Сектор бет. и жел.-бет. соор. Вып. 1. Инструкция.

толщиной посредине 1 см. Поверхность каждой лепешки разглаживается мокрым ножом. Отмечается время, когда лепешки изготовлены.

На одной из лепешек острием перочинного ножа каждые 5 минут делается легкий надрез. Если надрез заплывает — схватывания еще не началось. За начало схватывания можно считать тот момент, когда сделанный ножом надрез не заплывает. Конец схватывания характеризуется тем, что при легком нажатии ножа острие его при проведении по поверхности лепешки не дает заметной черты.

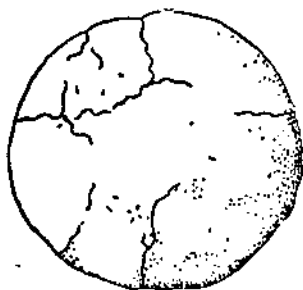


Рис. 32. Трешины в цементной лепешке.

Требуется, чтобы при твердении цемент не давал трещин. Проверка соблюдения этого требования может быть произведена на второй из приготовленных лепешек, которая первые сутки должна храниться прикрытой мокрой тряпкой, а на вторые сутки кипятиться в течение 4 часов в воде. После охлаждения воды лепешка вынимается и тщательно осматривается. Трешины, подобные изображенным на рис. 32, могут явиться причиной, чтобы забраковать цемент. Трешины, показанные на рис. 33, не слу-

жат признаком плохого качества цемента.

Если лепешка при кипячении развалится, искривится или потрескается, то это не является еще окончательным критерием для забракования цемента, так как некоторые цементы кипячения не выдерживают, а при нормальных полевых условиях твердения трещин не дают. В этом случае следует испытать третью лепешку — хранением ее первые сутки под мокрой тряпкой и 6 суток в воде при температуре $+15^{\circ}\text{C}$. Если после хранения в воде лепешка также даст трещины (рис. 32), изогнется или разломится, — только тогда цемент должен быть забракован.¹

Вода, применяемая для бетона, не должна содержать органических и сернокислых соединений, поэтому не могут допускаться для бетонных работ воды болотные, торфяниковые, а также из источников, расположенных у фабрик, стоков и пр.

Предварительное определение наличия в воде кислых соединений производится лакмусовой бумажкой, для чего ее погружают в отобранную пробу воды и выдерживают в ней не менее часа. Изменение окраски синей лакмусовой бумаги в розовый цвет указывает на присутствие в воде кислот.

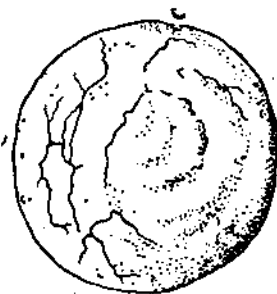


Рис. 33. Трешины в цементной лепешке.

Определение наличия сернокислых соединений производится хлористым барием.

При самом незначительном сомнении в качестве воды, лучше всего производить подробный химический анализ.²

¹ Приведенный полевой способ определения способности цемента твердеть, не давая трещин, не является стандартным. В стандарте ОСТ 5157 даются несколько иные указания (см. приложение).

² Требования, предъявляемые к воде, щебню и песку, подробно изложены в „Т. У. и нормах по проектированию и возведению жел.-бет. и бет. сооружений“, стр. 72—76.

Инертные материалы. Качество бетона, а главным образом его однородность, в очень сильной степени зависит от состава инертных и их качеств.

Обычно инертные подразделяются на две группы:
крупные инертные (каменвидные составляющие) 50 — 60 мм,
мелкие инертные (песок, мелкие высевки) 0,5 — 25 мм.

Обе группы инертных в зависимости от размеров и происхождения (естественно или искусственно измельченные) носят названия согласно следующей квалификации.

А. Естественно-измельченные.

Галька	(очень крупный гравий). 20—60 мм		Округлая форма; гладкая поверхность.
	крупный	10—20 мм	Округлая форма; гладкая поверхность.
	средний	5—10	гладкая поверхность.
Гравий	мелкий	2—5	
	очень крупная		20—60 мм
	крупная	10—20	Острогранная форма; шероховатая поверхность
	средняя	5—10	
Древесина или хрящ	мелкая	2—5	
	крупный	1—2 мм	
	средний	0,50—1,00	Разнообразной формы и поверхности
	мелкий	0,25—0,50	
	очень мелкий	0,05—0,25	
Песок			

Б. Искусственно измельченные.

Щебень	крупный	50—60 мм	Острогранная угловатая форма, близкая к кубической или тетраэдрической, поверхность шероховатая
	средний	35—50	
	мелкий	20—35	
Высевки	крупные	15—20 мм	
	средние	10—15	
	мелкие	5—10	
	мелочь каменная	2—3	
Каменный песок	крупный	1,00—2,00 мм	
	средний	0,50—1,00	
	мелкий	0,25—0,50	
	очень мелкий	0,05—0,25	

Песок чаще всех других видов мелких инертных употребляется при изготовлении бетона.

Качество песка определяется его породой, чистотой и крупностью.

Технические условия на песок для строительных целей изложены в Общесоюзном Стандарте № 3327 (приложение № 4).

Предпочтение всегда следует отдавать песку кварцевых или других здоровых (невыветрившихся) пород.

В отношении чистоты требуется, чтобы песок был без примеси, пыли, вкраплений крупных кусков, щелочей, органических примесей.

Наличие вредных (органических) примесей устанавливается колориметрической пробой.

Колориметрическая проба (проба на окраску) заключается в следующем: мензурку емкостью в 350 см³ наполняют до уровня в 130 см³ испытуемым песком и доливают затем до уровня в 200 см³ — 3%, раствором едкого натра (NaOH). После энергичного встряхивания пробу оставляют в покое на 24 часа.

Зависимость между окраской при колориметрической пробе и степенью пригодности песка показана в таблице 13.

Таблица 13

Окраска песка	Степень пригодности
От прозрачной до светложелтой	Безусловно пригоден
Яркожелтая	Пригоден
Желто-красная	Требует дополнительных испытаний для определения механических свойств
Коричнево-красная светлая	Не пригоден
Коричнево-красная темная	Не пригоден

Обычно песок загрязнен примесью глины, песка, ила.

Определение процента содержания глины и пыли может быть произведено отмучиванием глинистых частиц. В стеклянный цилиндр емкостью 500 см³сыпают сухой исследуемый песок в таком количестве, чтобы после легкого постукивания по цилиндру песок занял объем 200 см³. Затем наливают воду, взбалтывают, дают отстояться одну минуту, после чего сливают воду, содержащую глину и пыль. Такую операцию повторяют несколько раз пока вода после взбалтывания не останется светлой. Тогда снова уплотняют песок постукиванием по цилиндру и определяют по делениям, нанесенным на цилиндре, оставшийся объем чистого песка. Содержание примеси глины и песка допускается не более 5%, т. е. в цилиндре должно остаться не менее 190 см³ чистого песка.

Сильно загрязненный песок требует до употребления в дело промывки его.

Каменная мелочь (песок из дробленого камня, каменный песок) употребляется в качестве мелкого инертного при отсутствии песка хорошего качества и при механизированной заготовке каменных материалов.

Крупность песка (зерновой или гранулометрический состав его) определяется просеиванием его через набор сит. Крупный песок дает неплотный бетон, так как из-за наличия крупных зерен в бетоне образуется много пустот. Мелкий песок также непригоден для бетона, так как требует из-за большого количества зерен песка повышенного расхода цемента. Поэтому нормы указывают желательную крупность песка, при которой получается бетон достаточной плотности с экономным расходом цемента.

Американские нормы устанавливают такие требования для мелких инертных:

Через сито в 5 мм	должно пройти не менее	95%
" " " 0,60 "	" " "	не менее 40—50%
" " " 0,15 "	" " "	не более 5%

Мелкие инертные, удовлетворяющие этому требованию и однородные в этих пределах, носят в САСШ название „стандартных“.

В Англии для однослойных дорог введены следующие требования: мелкие инертные должны полностью заключаться между размерами от 6 мм до 0,3 мм, причем допускается 10% материала меньшего 0,5 мм.

Зерновой состав, рекомендуемый нормами НКПС, следующий:

Через сито в 20 мм	должен пройти весь песок
" " " 5 "	" " " не менее 85%
" " " 0,3 "	" " " не более 30%

Утеря при употреблении не должна быть более 3,2%.

По Т. У. и нормам проектирования и возведения железобетонных и бетонных сооружений ВСНХ изд. 1931 г. установлены следующие требования к песку.

Отверстия сита в свету	Должно проходить в % по весу	
	от	до
10 мм	—	100
5 "	85	100
1,2 "	45	80
0,3 "	5	30
0,15 "	0	5

Приведенные выше данные относительно зернового состава мелких инертных не являются обязательными. Можно применять и иные составы, но при этом последует повышенный расход цемента на кубометр бетона, — а потому применение их следует обосновать сравнением стоимости кубометра бетона с данными материалами и кубометра, приготовленного из тех же материалов, но подвергшихся дополнительной обработке или сортировке из других материалов удовлетворительного зернового состава, доставка которых обходится дороже.

Определение состава и предельных размеров инертных по приведенным нормам не дает вполне точной характеристики применяемых материалов, и поэтому при подборе состава бетона определяют так наз. „модуль крупности“ как песка, так и камневидной составляющей.



Рис. 34. Отбор пробы песка.

Определение модуля крупности производится следующим порядком. Для отсеивания берется проба песка в 1—2 кг, причем отбор пробы из штабелей материалов должен производиться таким образом, чтобы обеспечить средний (характерный) состав пробы. Обычно из нескольких мест отбирают материала в 4 раза больше, чем нужно для пробы. Отобранный материал перемешивают, разравнивают, делят на 4 части, две из них удаляют, оставшиеся две вновь перемешивают, вновь делят на 4 части и, выбрав две, оставляют из них пробу на просеивание (рис. 34).

Пробу пропускают через все сита, начиная с самого крупного.

Полученные остатки на ситах перечисляют в процентах от веса всей пробы.

Сумма числовых величин полных остатков на всех ситах, деленная на 100, называется модулем крупности.

Стандартный набор сит, которыми пользуются при определении модуля крупности, с указанием размеров деталей сит, приведен в таблице 14.

Практически иметь все сита не является обязательным, при условии если зерновой состав распределяется по крупности равномерно.

Пример определения модуля крупности песка при просеивании через три сита №№ 4, 6 и 8 приведен в таблице 15.

Таблица 14

№ сита	Размер стороны отверстия в мм	№	Разм. р. отверст.	Диаметр проволоки в мм	Допуски уклонов в %		
		соответствующ. американск. сита в мм			для отверст. в среднем	для диаметра проволоки	
						больше	меньше
9	0,15	100	0,15	0,1	6	15	35
8	0,30	50	0,30	0,2	6	"	35
7	0,60	30	0,59	0,3	5	"	30
6	1,25	16	1,19	0,6	3	"	30
5	2,5	8	2,38	1,0	"	"	30
4	5,0	4	4,76	1,5	"	"	30
3	10	$\frac{3}{8}$	9,8	2,5	"	10	10
2	20	$\frac{3}{4}$	19	3,5	"	"	"
Дополнит. 1	25	—	—	4,0	"	"	"
Дополнит.	40	$1\frac{1}{2}$	38	4,5	"	"	"
Дополнит.	50	—	—	5,0	"	"	"
Дополнит.	75—80	—	—	6,0	"	"	"

Таблица 15

№№ сит	Остаток на сите при просеивании		Полный остаток определенный		
	кг	%	взвешиван.	по точкам	
1	—	—	—	0	Модуль крупности песка $\frac{128 + 167}{100} = 2,95$
2	—	—	—	0	
3	—	—	—	0	
4	0,10	3	3	—	
5	—	—	—	15	
6	0,90	27	30	—	
7	—	—	—	52	
8	2,15	65	95	—	
9	—	—	—	100	
	3,15	—	128	167	

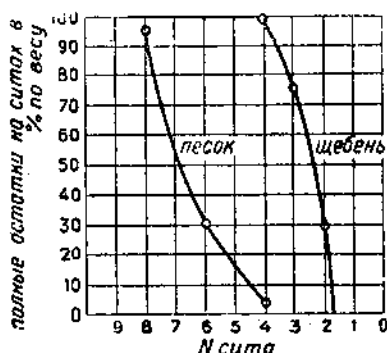


Рис. 35. Кривые крупности песка и щебня.

Пояснение. Навеска песка составляла 3,20 кг. Для определения модуля произведено просеивание через сита №№ 4, 6, 8. Полные остатки, определенные для этих трех сит, были нанесены на график (рис. 35). Полученные три точки соединены плавной кривой. Считается, что чем плавнее кривая, тем лучше качества инертных. На этой кривой взяты затем точки, соответствующие отсутствовавшим при просеивании ситам №№ 5, 7 и 9, занесены в последнюю графу таблицы и просуммированы с полными остатками, определенными взвешиванием.

Песок, пригодный для бетона, должен иметь модуль крупности от 2,5 до 3,2.

Не рекомендуется применение песка с модулем крупности менее 0,5—1,0, за исключением тех случаев, когда окажется экономически выгодным при применении мелких инертных, несмотря на повышенный при этом расход цемента.

Крупные инертные (камневидная составляющая бетона) могут быть подразделены на следующие виды:

- а) гранитный, а иногда известняковый и песчаниковый щебень,
- б) гравий,
- в) доменные шлаки.

Крупные инертные должны быть:¹

- а) достаточной прочности,
- б) достаточной однородности — по петрографическому составу и по строению,
- в) достаточной чистоты и незагрязненности,
- г) надлежащей крупности.

Прочность крупных инертных должна быть во всяком случае не меньше прочности самого бетона; больше того, имеются проверенные на опыте указания, что сопротивление сжатию крупных инертных должно быть в 1,5 раза более временного сопротивления бетона раздроблению.

Таким образом, все каменные породы с сопротивлением менее 350—400 кг/см² следует вовсе исключить из числа пригодных для бетонной одежды. Обычно требуется, чтобы камень, предназначенный к раздроблению в щебень, обладал временным сопротивлением сжатию не менее 900 кг/см², а для нижнего слоя, при двуслойной одежде, не менее 600 кг/см².

Грубо ориентировочным может считаться следующее полусвое определение прочности щебня или гравия. 10 щебенек или зерен гравия размером 20—40 см укладываются на стол и каждая из них подвергается ударам молота, весом 2 кг, с ручкой длиной 40 см, опускаемого свободно с высоты 25 см. Нужно, чтобы при этом разбивалось не более 3 щебенек из десяти.

Слабые каменные породы требуют более жирных составов бетона и могут поэтому применяться лишь после изготовления и испытания образцов бетона из камня этих пород. Особенно важным является испытание таких образцов на истирание, так как применение более жирных растворов не увеличивает способности крупных инертных сопротивляться истирающим усилиям. Применение известняков и песчаников для щебня следует допускать лишь после исследования, не обладают ли они способностью раскалываться, а также способностью к быстрому выветриванию — эти особенности некоторых пород известняков и песчаников заставляют относиться к их применению с большой осторожностью.

При испытании гравия на износ в барабане Деваля, со стальными шарами, требуется, чтобы величина износа не превышала 30%. Щебень же при испытании в барабане Деваля, без шаров, должен иметь износ не более 4% для массивно-кристаллических пород и не более 6% для осадочных.

Кроме прочности на сжатие, крупные инертные должны быть вполне морозоупорны. При 15—25 попеременном замораживании и оттаивании в

¹ Технические Условия на крупные инертные изложены в Общесоюзных стандартах 3328 и 3329 (приложение № 5 и 6).

пределах от -20° до $+18^{\circ}\text{C}$ никаких повреждений и понижения временного сопротивления сжатию они давать не должны. Столь жесткие требования объясняются тяжелыми условиями работы бетона, особенно в верхнем слое.

Изучение влияния повторных замораживаний на прочность бетонной одежды, проводимое в САСШ и требующее для окончательных выводов особенно долгих сроков, дало уже указания о том, что решающим элементом в этом вопросе является морозостойкость камня и что при суровых климатических условиях камень должен быть забракован при неблагоприятных показателях по этому признаку, хотя бы он и обладал высокими показателями по истиранию и др.

Неоднородность каменной породы, употребляемой в качестве крупной инертной, приводит к неравномерному износу бетонной одежды. Более слабая порода изнашивается раньше соседней с ней, более прочной. Поверхность плиты становится выщербленной, что в дальнейшем ведет к образованию выбоин. Неоднородностью по петрографическому признаку считается применение двух или нескольких пород камня разной прочности или разных других механических свойств; неоднородностью по строению камня называется применение хотя бы и однородной породы, но находящейся в разных стадиях выветрелости или различающейся по своей структуре в разных местах своего залегания. Точно так же не следует применять в качестве крупной инертной камня с большим количеством пустот и камня неозреватого сложения.

Чистота крупных инертных характеризуется отсутствием обволакивающих примесей — пыли, глины, растительных частиц. Присутствие этих примесей уменьшает прочность сцепления инертных и связующих веществ, поэтому наличие примесей допускается в количестве не более $1-2\%$. При большом количестве примесей материал нуждается в предварительной очистке (промывке, иногда достаточно просеивания).

Крупность щебня и гравия определяется также просеиванием через сита, причем Т. У. НКПС рекомендуют следующие нормы для крупных инертных.

Таблица 16.

Наибольший размер в мм	Размеры сторон сита в миллиметрах							
	60	50	40	25	20	12	5	2,5
	должны проходить не менее %						не более %	
60	95						15	5
50		95		40—75			15	5
40			95		40—75		15	5
20				95		40—75	15	5
20					95		15	5

Т. У. ИННОРСА требования относительно крупности щебня и гравия формулируют так: через сито наибольшего размера должно пройти 95% материала, через сито половинного от наибольшего размера должно пройти $40-70\%$ материала и через сито в 5 мм — 10% .

Временные Технические Правила постройки и ремонта цементно-бетонных дорог ЦИАТ'а (1932 г. К-18) указывают, что размер щебенки или зерен

Гравия не должен превышать 0,6 наименьшей толщины слоя бетонной дорожки и во всяком случае не быть более 60 мм.

Американские нормы требуют, чтоб через сито в 50 мм проходило бы не менее 95%, через сито в 40 мм — 60—80%, через сито в 5 мм не более 5% щебня или гравия („стандартные“ инертные).

Для грубого сужения о крупности щебня достаточно иметь 3 мерных кольца с отверстиями 40, 20 и 10 мм. Если из пробы (весом около 10 кг) около половины щебня не проходит через кольцо в 40 мм — щебень считается крупным, если половина не проходит через кольцо в 20 мм — щебень средней крупности, если половина не проходит через кольцо в 10 мм — щебень мелкий.

При определении модуля крупности щебня или гравия проба берется обычно от 5 до 10 кг (в зависимости от крупности). Пример определения модуля крупности щебня приведен в таблице 17. В этом примере для просеивания служили сита №№ 2, 3 и 4.

Таблица 17

№№ сит	Остаток на сите при просеивании		Полный остаток определенный		
	кг	%	взвешиван.	по точкам	
1	—	—	—	0	Модуль крупности щебня $\frac{203 + 500}{100} = 7,03$
2	2,8	28	28	—	
3	4,7	47	75	—	
4	2,5	25	100	—	
5	—	—	—	100	
6	—	—	—	100	
7	—	—	—	100	
8	—	—	—	100	
9	—	—	—	100	
	10,0	—	203	500	

Считается, что модуль крупности должен быть от 7,5 до 8,3. Применение щебня и гравия с модулем крупности менее 6 не рекомендуется, так как при этом временное сопротивление бетона сжатию значительно уменьшается, что можно проследить по графику рис. 36 (кривая, составленная проф. Абрамом, для щебня с различными модулями крупности, при постоянных остальных факторах, влияющих на прочность бетона).

Удачный зерновой состав (плавное очертание кривых рис. 35, плавное изменение количества зерен разных размеров) при высоком модуле крупности щебня, — наоборот, обеспечивает удобную для работ консистенцию и большую плотность бетона.

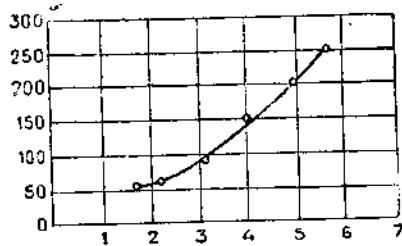


Рис. 36. Зависимость временного сопротивления бетона сжатию от величины модуля крупности щебня.

Принятое исчисление остатков на ситах по весу представляет то неудобство, что определенный вес не всегда соответствует одному и тому

же объему песка. При большем содержании пустот получается меньший объем бетона при одном и том же весе составных частей, а это может привести к недостатке раствора, если при расчете выхода предполагали, например, наличие крупного агрегата с небольшим количеством пустот. Большое влияние на изменение инертных имеет влага, особенно для мелких инертных.

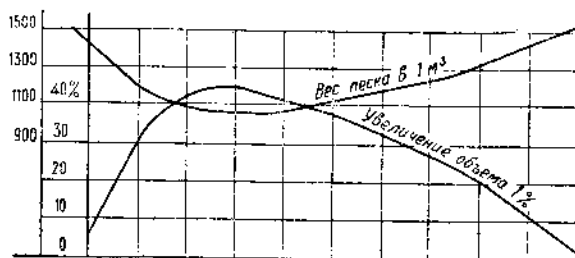


Рис. 37. Кривые зависимости объема и веса песка от содержания влаги.

Влияние влажности на изменение объема песка можно хорошо проследить под микроскопом: в сухом песке видны ясно очерченные песчинки, тесно уложенные одна подле другой; при наблюдении в микроскоп влажного песка можно установить,

что песок „разбух“, принял расплывчатые очертания, с туманными пленками-пустотами между песчинками, песчинки являются раздвинутыми. В песке, залитом водой, зерна снова принимают ясные очертания и сближаются столь же плотно, как и в сухом песке. В цифрах же это явление достаточно характеризуется таблицей 18 и графиком (рис. 37), в котором каждое деление по оси абсцисс соответствует 2% влажности.

Таблица 18

Состояние песка	% содержание воды	Увеличение объема в %	Уменьшение количества песка в 1 куб. ед. в %	Вес песка, содержащегося в 1 м³ в кг
Утрамбованный	0	0	0	1 562
Неутрамбованный	0	5,8	5,2	1 475
„	1	15,2	13,2	1 354
„	2,5	34,5	25,6	1 154
„	5	43,3	30,2	1 092
„	7,5	41,0	29,0	1 106
„	10	38,6	27,7	1 128
„	15	24,6	19,7	1 251
Залитый водой	20	2,3	2,2	1 533

Таким образом, небольшой процент (5%) влаги уменьшает реальное количество песка в смеси на 30%. Бетон, выполненный без учета процента влажности, может оказаться при влажном песке пористым, водопроницаемым и слабо сопротивляющимся действию на него нагрузки.

Влияние присутствия воды в песке на изменение его объема может быть установлено для любого сорта песка следующим способом. Высушенный песок насыпается в мензурку для отмеривания определенного количества его. Затем песок высыпается на поднос, к нему добавляется определенный процент воды по весу, после чего объем увлажненного таким образом песка определяется вновь мензуркой. Добавляя разные количества воды и повторяя измерения над отдельными порциями, можно получить для каждого сорта песка таблицу, подобную приведенной выше.

Средняя влажность песка составляет 1,8—2,2%; влажность свежего зернового щебня — 2,4—3,6%; щебень, пролежавший несколько дней в сухую погоду в штабелях, имеет незначительную влажность (меньше 1%). Все расчеты соотношений между частями бетона принято относить к материалам в воздушно-сухом и рыхлом состоянии. Такое состояние материалов носит название „стандартного состояния“.

Наличие влажности учитывается введением коэффициента перехода от стандартного объема к полевому, равного отношению $\frac{P_1}{P_2}$, где:

- объемный вес материалов в стандартном состоянии и
- объемный вес влажного материала в рыхлом состоянии.

Обычно величина переходных коэффициентов заключается в пределах до 1,5 для песка и 1,05—1,10 для щебня.

7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕТОНА ДЛЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ.

Установление правильных соотношений между цементом, водой и инертными материалами распадается на несколько операций, а именно:

- а) определение соотношения количества цемента и воды (водоцементное отношение),
- б) определение расхода цемента на 1 м³ готового бетона,
- в) установление зернового состава смеси инертных составляющих бетона.

Определение водоцементного отношения. т. е. установление количества воды, нужной для приготовления цемента, требует особого внимания, так как прочность бетона (величина временного сопротивления бетона сжатию) прежде всего зависит именно от величины водоцементного отношения.

Зависимость эта изображается графически кривой гиперболического порядка; очертание зависит также и от активности применяемого цемента и, в значительно меньшей степени, от вида и качества инертных материалов. Рис. 38 дает такую кривую, построенную Механической лабораторией Ленинградского Института инженеров путей сообщения для бетонных кубиков в возрасте 28 дней, при цементе нормальной активности в 220 кг/см² и при инертных из щебня. При применении гра-

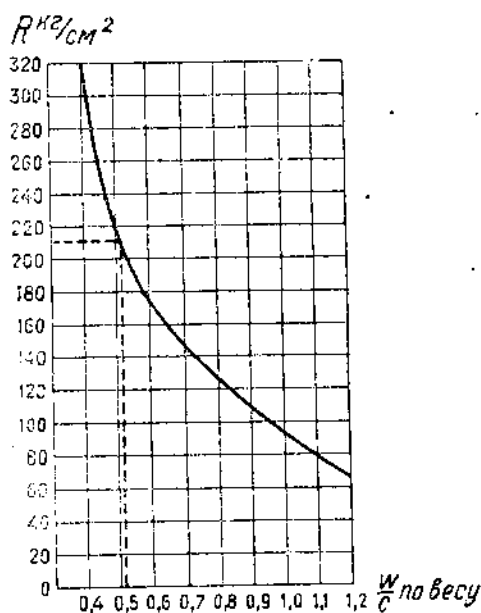


Рис. 38. Кривые зависимости временного сопротивления бетона сжатию от водоцементного отношения ($\frac{W}{C}$) по весу, при цементе активностью 220 кг/см² и при инертных из щебня.

вия величины временного сопротивления бетона сжатию следует уменьшить,

примерно, на 10%. Рис. 39. дает аналогичную кривую при цемента активности 360 кг/см².

Для цемента с активностью, меньшей 220 кг/см², величины $\frac{W}{C}$ следует уменьшать на отношение активности данного цемента к 220.

Пользуясь первой кривой для требуемой прочности бетона дорожной одежды в 210—160 кг/см², определяем, что величина водоцементного отношения должна находиться в пределах 0,52—0,64.

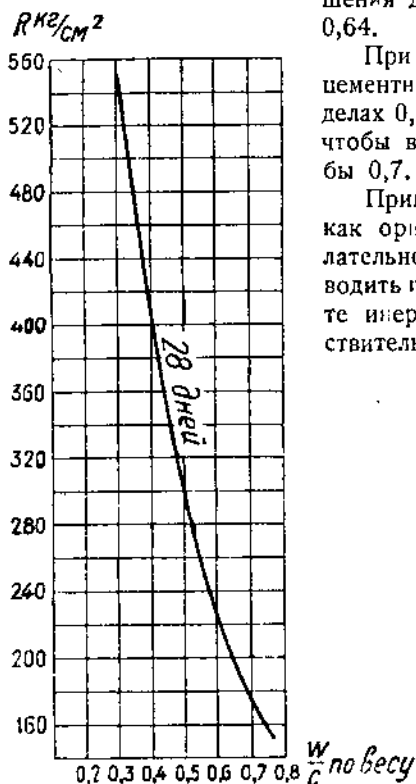


Рис. 39. Кривая зависимости временного сопротивления бетона сжатию от водоцементного отношения ($\frac{W}{C}$) по весу для цемента активностью 360 кг/см², при инертных из щебня.

При применении обыкновенных цемента водоцементное отношение обычно заключается в пределах 0,5—0,8. Для дорожного бетона требуется, чтобы водоцементное отношение не превышало бы 0,7.

Приведенные кривые могут служить только как ориентировочные при подборе бетона. Желательно на каждой крупной постройке производить построение аналогичных кривых, применяя те инертные материалы, которые будут в действительности пущены в дело.

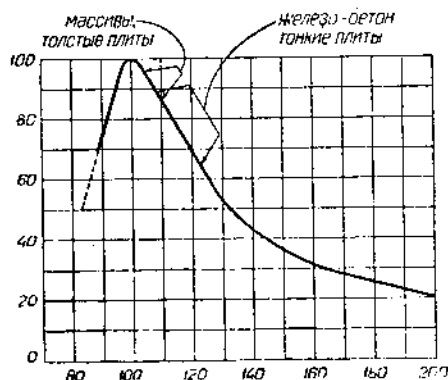


Рис. 40. Влияние количества воды на прочность бетона при сжатии.

По оси абсцисс — количество воды в процентах от количества ее, дающего наибольшую прочность бетона.

По оси ординат — прочность бетона в процентах от наибольшей прочности.

Рис. 40 показывает зависимость временного сопротивления бетона сжатию от водоцементного отношения при отступлении от наивыгоднейшего значения $\frac{W}{C}$ (построена Абрамсом).

Количество воды, необходимой для приготовления бетона, зависит от общей поверхности зерен крупных инертных, так как для достижения полного сцепления раствора с крупными инертными нужно, чтобы вся поверхность их была покрыта раствором. Поэтому, чем крупнее зерна крупных инертных, тем меньше их суммарная поверхность и тем меньше расход воды и цемента,

Точно так же количество воды зависит и от вида поверхности инертных. Бетон из карьерного песка и щебня требует для затворения больше воды, чем бетон из речного песка и гравия.

Работы по применению крупных инертных, в большем количестве, проводимые в САСШ, дали результаты, которые говорят о том, что строить одежду с большим количеством щебня (т. е. с меньшим расходом цемента), чем это принято сейчас, видимо, вполне возможно. Это изучение было проведено в САСШ, на километровом опытном участке, построенном по секциям с различным количеством агрегатов. Окончательное разрешение этого вопроса поведет к значительному снижению стоимости бетонных работ.

Увеличение количества крупных инертных особенно сильно сказывается на повышении сопротивления бетона износу. Сопротивление износу увеличивается также и при увеличении размеров мелких фракций. Самый метод определения износа бетонной одежды перерабатывается сейчас в САСШ и приближается к действительным условиям работы. Вместо кругов Дорри и Баушингера вводят новый прибор, состоящий из 3 дисковых колес закаленной стали, диам. 20 см, установленных на общем подшипнике под углом 60° один к другому; вращаясь, диски они выкают круг диам. 53 см под нагрузкой в 280 кг. Глубина борозды после 1000 оборотов является показателем величины износа бетона. Результаты опытов подтверждают первоначальное предположение о том, что все мероприятия, ведущие к увеличению прочности бетона (временного сопротивления сжатию), одновременно вызывают и повышение сопротивления бетона износу.

Относительная пластичность бетона тотчас же после перемешивания его, называемая консистенцией бетона, также является одним из определителей свойств бетона.

Консистенция бетона зависит от

- 1) соотношения количества цемента и инертных добавок;
- 2) величины водоцементного соотношения;
- 3) зернового состава бетонной смеси и формы зерен.

Для дорожной одежды, как уже было указано, величина консистенции определяется осадкой конуса Абрамса в 1—2 см или наклоном столика Скрамтаева в 25—20°.

Определение относительной пластичности методом Абрамса имеет наибольшее распространение и вошло в нормы. Необходимыми принадлежностями служат: а) железный конус размером, указанных на рис. 41 с двумя упорами для прижимания конуса ногами к подставке и двумя ручками для снятия его; б) деревянный помост размером 50 × 50 см, обитый кровельным железом; в) железный стержень длиной 75 см, диаметром 1,5 см, для штыкования бетона.

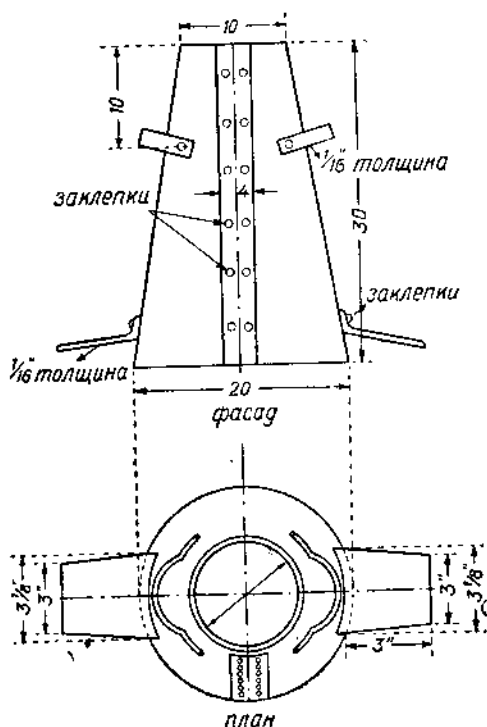


Рис. 41. Конус Абрамса.

Железный конус смачивается водой и ставится на помост, также смоченный; затем производится наполнение конуса бетоном, подлежащим испытанию, только что затворенным. Наполнение конуса бетоном производится в 3 слоя по 10 см; каждый слой протыкается (без удара) железным стержнем 25 раз. Во время наполнений и штыкования конус плотно прижимается ногами к помосту (рис. 42). Сразу по



Рис. 42. Уплотнение бетона в конусе Абрамса.

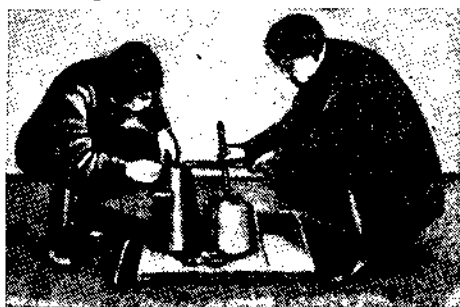


Рис. 43. Определение величины осадки конуса Абрамса.

наполнении конуса форма снимается путем медленного и строго вертикального поднятия ее за ручки. Бетонный конус, освобожденный от формы, дает осадку, если бетон достаточно пластичен. Немедленно после снятия формы осадка измеряется при помощи линейки и метра (рис. 43). Величина осадки в сантиметрах и является мерой пластичности бетона.

Из каждого замеса производится измерение осадки конуса 2 раза, и результат берется средний.

Метод Абрамса имеет следующие недостатки.

1. Требуется точного трамбования, хорошей шлифовки нижней поверхности конуса и надежного прижатия конуса к помосту во избежание вытекания части воды. Требуется строго вертикальное поднятие конуса.

2. Пробы, взятые из одного замеса, с постепенным увеличением воды, иногда не дают увеличения осадки конуса вследствие различного расположения щебенки.

3. До некоторого предела пластичности конус не дает показаний, а при большом количестве воды показания его начинают уменьшаться. Последнее явление объясняется тем, что раньше, чем удастся снять форму, часть воды стекает; оставшийся скелет иногда разваливается, часто же удерживается, давая только небольшую осадку.

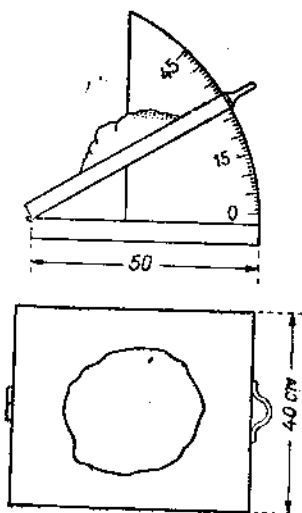


Рис. 44. Столик Скрамтаева.

Прибор — столик Скрамтаева — более прост и состоит из двух деревянных щитов размером 50×40 см, скрепленных дверной петлей,

Верхний щит обит кровельным железом. К нему прикреплена ручка, а к нижнему щиту дуга из фанеры, расчерченная на градусы (рис. 44).

Проба бетона в 5 л кладется на верхний щит, предварительно высушиваемый насухо, и разравнивается в виде лепешки диаметром около 30 см. Затем поднимают за ручку верхний щит медленно и без толчков. При некотором угле наклона бетон начинает двигаться. Этот угол наклона (при начале движения всей массы бетона) и считается мерой относительной пластичности бетона.

Переход от столика Скрамтаева к обычному методу Абрамса проводится по следующей шкале:

Угол наклона столика в градусах.	36	33	30	25	17	16	15
Осадка конуса Абрамса в см	0,5	2,5	4,5	7,5	20	не дает показаний	

Определение номинального состава бетона. Имея заданную прочность бетона (отсюда и водоцементное отношение), а также консистенцию при определенных в стандартном состоянии модуля крупности инертных, можно приступить к установлению номинального состава бетона, для чего нужно произвести ряд пробных затворений бетона с определением величины осадки конуса Абрамса или угла наклона столика Скрамтаева.

При установлении предварительного номинального состава бетона для последующей проверки пробным затворением можно пользоваться таблицей 19, определяющей величину модуля крупности смеси в зависимости от номинального состава бетона и размеров зерен крупной инертной.

Таблица 19

Размер зерен в миллиметрах												Номинальный состав (при- близит.)
Гравий						Щебень						
0-10	0-20	0-30	0-40	0-50	0-80	0-10	0-20	0-30	0-40	0-50	0-80	
0-10	0-20	0-30	0-40	0-50	0-80	0-10	0-20	0-30	0-40	0-50	0-80	
4,4	5,3	5,7	6,1	6,5	6,9	4,1	5,0	5,4	5,8	6,2	6,6	1 : 3
4,3	5,1	5,5	5,9	6,3	6,7	4,0	4,8	5,2	5,6	6,0	6,4	1 : 4
4,2	5,0	5,4	5,8	6,2	6,6	3,9	4,7	5,1	5,5	5,9	6,3	1 : 5
4,1	4,9	5,3	5,7	6,1	6,5	3,8	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	1 : 6
4,0	4,8	5,2	5,6	6,0	6,4	3,7	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	1 : 7

Модуль крупности смеси связан с модулями крупности инертных следующей зависимостью: $M = aM_{\text{мелк}} + (1 - a)M_{\text{крупн}}$, где a — отношение объема песка к объему инертных (в стандартном состоянии).

Пример подбора состава бетона. Подобрать состав бетона для одежды с временным сопротивлением бетона, 210 кг/см². Консистенция — 2 см по Абрамсу. Активность цемента 240 кг/см². Модуль крупности щебня — $M = 7,5$. Модуль крупности песка — $M = 3,0$. Предельная крупность зерен 50 мм.

По кривой (рис. 38) определяем:

$$\frac{W}{C} = 0,52 \cdot \frac{240}{210} = 0,59.$$

Назначаем предположительно составы 1 : 6 и 1 : 5.

Находим по таблице 19 для этих составов модуль крупности смеси $M' = 5,8$ и $M'' = 5,9$.

Определяем содержание песка (отношение объема песка к объему инертных)

$$a' = \frac{7,5 - 5,8}{7,5 - 3,0} = 0,38 \quad a'' = \frac{7,5 - 5,9}{7,5 - 3,0} = 0,355.$$

Номинальные составы бетонной смеси определяются так:

$$\begin{array}{ll} \text{(I)} \quad 1 : 0,38 : 6 : 0,62 : 6 & \text{(II)} \quad 1 : 0,35 : 5 : 0,75 : 5 \\ \text{т. е. } 1 : 2,28 : 3,72 & 1 : 1,75 : 3,25 \end{array}$$

Определяем опытным исследованием следующие данные:

$$\begin{array}{l} \text{Объемные веса} \\ \text{(в стандартном состоянии):} \end{array} \left\{ \begin{array}{ll} \text{цемента} & \dots\dots\dots 1300 \text{ кг/м}^3 \\ \text{песка} & \dots\dots\dots 1500 \text{ " } \\ \text{щебня} & \dots\dots\dots 1650 \text{ " } \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{l} \text{Влажность инертных:} \end{array} \left\{ \begin{array}{ll} \text{песка} & \dots\dots\dots 2\% \text{ по весу,} \\ \text{щебня} & \dots\dots\dots 1\% \text{ по весу.} \end{array} \right.$$

Для пробных замесов рассчитываем на объем бетона в 10 литров (объем конуса 5,5 литров).

Состав в литрах будет таков (номинальный):

$$\begin{array}{ll} \text{(I)} \quad \frac{10}{1+6} (1 : 2,28 : 3,72) & \text{(II)} \quad \frac{10}{1+5} (1 : 1,75 : 3,25) \\ \text{(I)} \quad 1,42 : 3,24 : 5,28 & \text{(II)} \quad 1,67 : 2,93 : 5,42 \end{array}$$

При дозировке по весу состав (в килограммах) с учетом влаги, содержащейся в инертных, выразится так:

$$\begin{array}{ll} \text{(I)} \quad 1,42 \cdot 1,3 : 3,24 \cdot 1,5 : 1,5 \cdot 1,02 : 5,28 \cdot 1,65 \cdot 1,01, & \\ \text{т. е. } 1,85 : 4,95 : 8,82. & \\ \text{(II)} \quad 1,67 \cdot 1,3 : 2,93 \cdot 1,5 \cdot 1,02 : 5,42 \cdot 1,65 \cdot 1,01, & \\ \text{т. е. } 2,17 : 4,48 : 9,03 & \end{array}$$

В данные замесы надо ввести водную добавку (при $\frac{W}{C} = 0,59$) в количестве:

$$\begin{array}{ll} \text{(I)} \quad 1,85 \cdot 0,59 - 0,02 \cdot 4,95 - 0,01 \cdot 8,82 = 1,09 - 0,10 - 0,09 = 0,90 \text{ л} & \\ \text{(II)} \quad 2,17 \cdot 0,59 - 0,02 \cdot 4,48 - 0,01 \cdot 9,03 = 1,28 - 0,09 - 0,09 = 1,00 \text{ л} & \end{array}$$

По этим данным ставятся опыты для определения осадки конуса.

Предположим, что найденная осадка конуса (среднее из нескольких опытов)

$$\text{для состава } 1 : 6 = 1 \text{ см}$$

$$\text{" " " } 1 : 5 = 3 \text{ см.}$$

Для получения состава, который дал бы требуемую осадку 2 см, нужно вновь подобрать составы, назначив ориентировочно номинальный состав 1 : 5,5, — а после нового определения консистенции назначить номинальный состав более точно.

Определение состава одного замеса бетономешалки. Состав замеса для бетономешалки определяется следующим расчетом. Имеем определенный уже по данным опытов необходимый номинальный состав, предположим:

$$1 : 2,25 : 4,75 \text{ при } \frac{W}{C} = 0,59.$$

Испытанием инертных найдено:

1) Объемный вес в стандартном состоянии:

$$\begin{array}{ll} \text{цемент} & \dots\dots\dots 1300 \text{ кг/м}^3 \\ \text{песок} & \dots\dots\dots 1500 \text{ кг/м}^3 \\ \text{щебень} & \dots\dots\dots 1650 \text{ кг/м}^3 \end{array}$$

2) Переходные коэффициенты от стандартного состояния к естественному

$$\begin{array}{ll} \text{песок} & \dots\dots\dots 1,20 \\ \text{щебень} & \dots\dots\dots 1,05 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{3) Влажность — песка} & \dots\dots\dots 3\% \\ & \text{щебня} \dots\dots\dots 1\% \end{array}$$

Принимая коэффициент выхода бетона равным 0,65 и объемный вес цемента — 1,3 кг/л, рассчитываем количество материалов на 1 м³ бетона.

Величину коэффициента выхода бетона, т. е. отношение объема бетона к сумме объемов составных частей его, следует определять, производя опытные затворения бетона из данных материалов. В примере взята часто встречающаяся на практике величина коэффициента выхода.

Количество m^3 отдельных частей смеси на 1 m^3 бетона номинального состава

$$\frac{1000}{0,65(1 + 1,2 \cdot 2,25 + 1,05 \cdot 4,25)} = \frac{1000}{0,65(1 + 2,7 + 4,46)} = 188.$$

На 1 m^3 бетона нужно:

песка в естественном состоянии 188 · 2,25 · 1,2 = 508 л,
 щебня " " " 188 · 4,25 · 1,05 = 840 л,
 цемента " " " 188 литров (245 кг).

Практически применяемые составы бетона колеблются в широких пределах. Для однослойных дорог применяются составы от 1:2:3,5 до 1:2½:4½. Для двухслойных дорог верхний слой делается состава от 1:1½:3 до 1:2:4, нижний же той состава 1:2½:4 до 1:2½:5.

Таблица 20

Размер крупных инертных в мм	Пропорции составных частей бетона														
	Размер мелких инертных в мм														
	0—0,75			0—1,5			0—2,5			0—5			0—10		
	Цемент		Инертн.	Цемент		Инертн.	Цемент		Инертн.	Цемент		Инертн.	Цемент		Инертн.
	мелк.	крупн.		мелк.	крупн.		мелк.	крупн.		мелк.	крупн.		мелк.	крупн.	
5—20 . . .	1	1,3	2,4	1	1,6	2,4	1	1,8	2,3	1	2,0	2,3	1	2,7	1,5
5—25 . . .	1	1,3	2,7	1	1,6	2,6	1	1,8	2,6	1	2,0	2,5	1	2,6	1,8
5—40 . . .	1	1,2	3,1	1	1,6	3,2	1	1,7	3,1	1	2,0	3,0	1	2,4	2,4
5—50 . . .	1	1,2	3,5	1	1,5	3,5	1	1,6	3,7	1	1,9	3,6	1	2,2	3,1
5—62 . . .	1	1,1	3,8	1	1,4	3,9	1	1,6	4,0	1	1,8	4,0	1	2,1	3,5
5—75 . . .	1	1,1	3,9	1	1,4	4,1	1	1,5	4,1	1	1,7	4,1	1	2,0	3,7
10—20 . . .	1	1,3	2,3	1	1,7	2,3	1	1,9	2,3	1	2,2	2,2	1	2,8	1,4
10—25 . . .	1	1,3	2,6	1	1,7	2,6	1	1,9	2,5	1	2,2	2,4	1	2,7	1,7
10—40 . . .	1	1,3	3,0	1	1,7	3,0	1	1,9	3,0	1	2,1	2,9	1	2,6	2,2
10—50 . . .	1	1,3	3,3	1	1,7	3,4	1	1,8	3,5	1	2,0	3,4	1	2,4	2,9
10—62 . . .	1	1,3	3,7	1	1,6	3,7	1	1,7	3,9	1	2,0	3,8	1	2,3	3,3
10—75 . . .	1	1,2	3,8	1	1,6	3,9	1	1,7	4,0	1	1,9	4,0	1	2,2	3,5
12—20 . . .	1	1,5	2,3	1	1,9	2,2	1	2,1	2,2	1	2,3	2,1	1	2,8	1,3
12—25 . . .	1	1,5	2,5	1	1,9	2,5	1	2,1	2,4	1	2,3	2,4	1	2,8	1,6
12—40 . . .	1	1,4	2,8	1	1,9	2,9	1	2,1	2,9	1	2,2	2,8	1	2,7	2,1
12—50 . . .	1	1,4	3,3	1	1,9	3,3	1	2,0	3,4	1	2,2	3,3	1	2,7	2,7
12—62 . . .	1	1,4	3,6	1	1,8	3,6	1	1,9	3,7	1	2,1	3,7	1	2,6	3,1
12—75 . . .	1	1,3	3,7	1	1,8	3,8	1	1,8	3,9	1	2,1	4,0	1	2,4	3,3
20—25 . . .	1	1,7	2,4	1	2,1	2,4	1	2,4	2,1	1	2,6	2,2	1	3,1	1,5
20—40 . . .	1	1,7	2,7	1	2,0	2,8	1	2,3	2,7	1	2,5	2,7	1	3,0	2,0
20—50 . . .	1	1,7	3,1	1	2,0	3,1	1	2,3	3,1	1	2,5	3,0	1	3,0	2,4
20—62 . . .	1	1,7	3,3	1	2,0	3,5	1	2,3	3,4	1	2,4	3,4	1	2,9	2,8
20—75 . . .	1	1,7	3,5	1	2,0	3,7	1	2,3	3,7	1	2,4	3,6	1	2,8	3,1
25—40 . . .	1	1,7	2,8	1	2,0	2,9	1	2,3	2,7	1	2,6	2,6	1	3,1	2,0
25—50 . . .	1	1,5	3,2	1	1,9	3,5	1	2,2	3,3	1	2,4	3,3	1	3,0	2,6
25—62 . . .	1	1,4	3,4	1	1,9	3,8	1	2,0	3,7	1	2,3	3,7	1	2,7	3,1
25—75 . . .	1	1,3	3,6	1	1,8	4,0	1	2,0	3,9	1	2,2	3,9	1	2,7	3,3

На основании многочисленных лабораторных исследований Абрамс предложил приводимую на стр. 59 таблицу рекомендуемых пропорций составных частей бетона в стандартном состоянии для различных крупностей (таблица 20). Эти составы по Абрамсу обеспечивают получение бетона с временным сопротивлением сжатию 210 кг/см^2 . Объемный вес цемента был принят равным $1,5 \text{ г/см}^3$.

При пользовании этой таблицей определение модуля крупности производить не следует.

При изготовлении бетона из инертных, не являющихся «стандартными» и состоящих больше из песка, чем из крупного агрегата (например, при несортированном гравии) для назначения отношения цемента к инертным (цемента ко всей смеси) Р. В. Крэмом составлены графики, показанные на рис. 45.

График 1 составлен для получения бетона прочностью в 28-дневном возрасте в $210\text{--}280 \text{ кг/см}^2$, равнопрочного с «нормальным» бетоном из чистых «стандартных» инертных при составе $1:2:3,5\text{--}1:2:4$.

График 2 — соответственно в $140\text{--}175 \text{ кг/см}^2$ при составе «нормального» бетона $1:2,5:5$.

График 3 — для временного сопротивления $70\text{--}105 \text{ кг/см}^2$ и для состава $1:3:6$. Во всех трех таблицах подразумевается бетон обычной для дорожного бетона пластичности.

Для пользования графиками Крэма нужно определить вес 1 м^3 песка в рыхлом состоянии, вес 1 м^3 всей смеси инертных, также в рыхлом состоянии, и процент содержания песка в смеси. Определение веса 1 м^3 материала в рыхлом состоянии производят свободной укладкой материала в цилиндрический сосуд или ящик объемом не менее $0,75 \text{ м}^3$. Лопату с набранным на нее материалом устанавливают кондом лезвия на борту ящика и, слегка приподняв, представляют материалу легко сползти, отнюдь не прибегая к уплотнению и лишь срезав доской через края сосуда излишек материала.

Определение необходимой пропорции цемента производится по диаграмме. При составлении диаграммы Крэм принял удельный вес цемента равным $3,15 \text{ г/см}^3$ и гравия $2,68 \text{ г/см}^3$.

Практически расход цемента в однослойных бетонных одеждах колеблется от 275 до 350 кг/м^3 бетона.

Расход воды в зависимости от величины $\left(\frac{W}{C}\right)$ колеблется от 110 до 240 л/м^3 бетона.

Для предварительных расчетов количества воды, идущей непосредственно на приготовление бетона, может служить таблица 21 (см. стр. 62).

Специальный подбор зернового состава инертных помощью кривых просеивания может значительно улучшить состав бетона. Такой подбор имеет распространение в Германии, причем кривые просеивания, применяемые там, составляются для всей смеси и по иному принципу. Подсчитывается в процентах количество частиц инертных, прошедших через сито, и эти цифры наносятся на график.

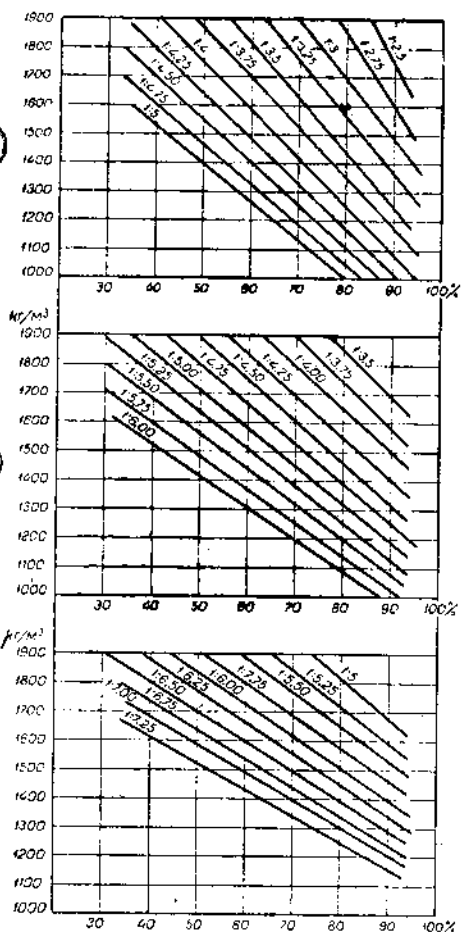


Рис. 45. Графики Крэма для определения пропорции между цементом и инертными.

Отценом предложены кривые для смеси инертных, причем очертание этих кривых определено опытным путем, в зависимости от величины временного сопротивления бетона сжатию. На рис. 46 даны такие кривые для искусственно и естественно размельченных пород при различных расходах цемента: от 150 до 450 кг/м^3 бетона (см. цифры на кривых). По оси абсцисс дан масштаб для наибольшего размера фракции смеси инертных в 20 мм. При другом размере наибольшей фракции цифры, поставленные по оси абсцисс, в соответствующей пропорции увеличиваются.

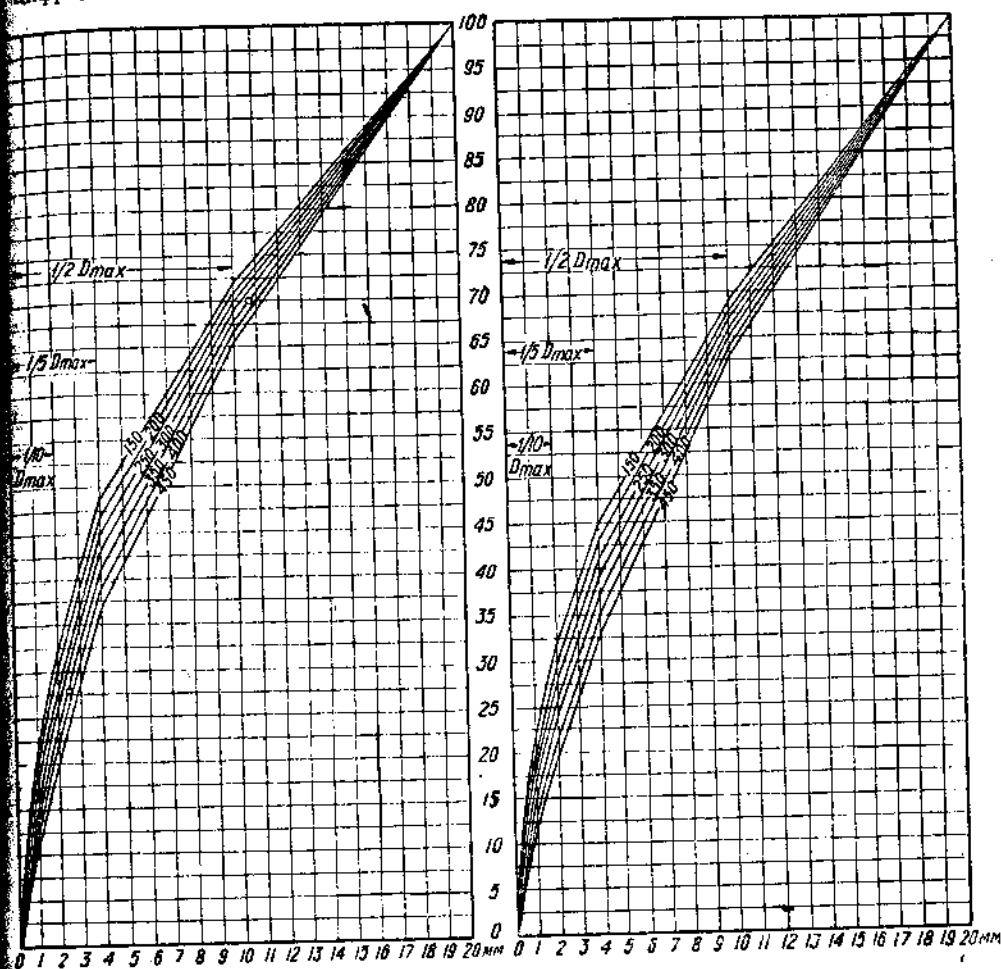


Рис. 46. Кривые просеивания Отцена.
Левые — для искусственно размельченных пород. Правые — для естественно размельченных. Цифры на кривых — расход цемента кг/м^3 бетона.

Пример. Требуется изготовить бетон для дорожной одежды с расходом 350 кг цемента/ м^3 бетона. Самый крупный размер фракции смеси 40 мм. Объемный вес смеси 1600 кг/м^3 .

Решение. Устанавливаем, как распределяются по фракциям имеющиеся инертные, для чего просеиваем их через сита. Берем на оси абсцисс рис. 46 в левой половине масштаб в два раза более указанного, т. е. вместо 20 мм читаем 40 мм, вместо 10 мм — 20 мм и т. д. Подсчитываем по кривой, какое количество в процентах должно быть тех же фракций для наилучшего зернового состава песка который определяется этой кривой.

Таблица 2

Отношение цемента ко всей смеси	Отношение частей смеси			Количество воды	Примерная прочность бетона
	цемент	мелкий гравий	крупный гравий	л	кг/см ²
1 : 3	1	1,25	2,5	75—85	245
1 : 4	1	1,5	3	85—95	220
1 : 4,5	1	2	3	90—100	210
1 : 5	1	2	4	95—110	175
1 : 6,5	1	2,5	5	110—120	140
1 : 8	1	3	6	120—135	105

Запись изменений и подсчетов ведем в такой форме:

Таблица 22

Фракции ¹ в мм	0—2	2—5	5—20	20—40	Сумма
Отверстие сит мм	3	7	30	60	
% проходящих частиц	14	28	70	100	—
На 1 м ³ по кривым (фракции) . .	224	224	672	480	1600 кг
Объемные части (фракций)	0,140	0,140	0,420	0,300	1,000 м ³
Объем по фактич. просеиванию . .	0,100	0,100	0,400	0,400	1,000 м ³
Необходимая добавка	0,086	0,086	0,168	—	0,340 м ³
Исправленный состав	0,186	0,186	0,568	0,400	1,340 м ³
То же приведен. к объему в 1 м ³ .	0,140	0,140	0,420	0,300	1,000 м ³
Объем по фактич. просеиванию . .	0,100	0,100	0,400	0,400	1,000 м ³
Необходимое отсеивание	—	—	—0,100	—0,186	—0,286 м ³
Исправленный состав	0,100	0,100	0,300	0,214	0,714 м ³
То же приведен. к объему в 1 м ³ .	0,140	0,140	0,420	0,300	1,000 м ³

Вывод: имеющаяся смесь требует для своего улучшения добавки на каждый кубометр

0,17 м³ фракций от 0 до 2 мм,
0,17 м³ " " 2 до 5 мм,
0,16 м³ " " 5 до 20 мм.

или, наоборот, отсеивания из каждого кубометра бетона крупных фракций в следующем количестве:

0,10 м³ фракций от 5 до 20 мм,
0,19 м³ " " 20 " 40 мм.

¹ Размеры фракций отличаются от принятых в СССР.

Чаще применяется более грубое исправление состава инертных добавлением мелких или крупных фракций, смотря по надобности, но без подразделения самой добавки по фракциям.

Специальные типы бетона для дорожной одежды. В целях улучшения качества бетона с точки зрения требований, предъявляемых к нему как к дорожному покрытию, применяют ряд добавок к материалам, образующим бетон.

В последнее время большое распространение получает добавка хлористого кальция к бетону при смешивании его в бетономешалках. При пропорции бетонной смеси 1:1, 75:3 добавляют 2% хлористого кальция.

Опытные исследования показывают, что 2% CaCl_2 ускоряют процесс твердения бетона: величина временного сопротивления сжатию в возрасте 13—14 дней достигается при добавке CaCl_2 уже на 6—7 сутки, что позволяет считать добавление хлористого кальция в бетон желательным в тех случаях, когда требуется раннее открытие движения. Увеличение содержания хлористого кальция свыше 3% уже понижает прочность бетона. На условия износа поверхности плиты добавки хлористого кальция не влияют, хотя имеются указания, что образующийся при соединении хлористого кальция с цементом силикат кальция вначале способствует уменьшению износа. Роль хлористого кальция, как добавки к бетону при производстве работ в заморозки, нашла отражение в Т. У. и Нормах производства бетонных работ.

Добавка гашеной извести к бетону не имеет еще широкого распространения, так как эффект этой добавки еще не установлен; однако, в отдельных штатах Сев. Америки (Массачузетс, Делавар) добавка извести в количестве 8% по местным Т. У. является обязательной. Ожидается, что добавка извести позволит применять более сухую смесь бетона при сохранении легкости обработки его.

Добавка к цементному раствору железных опилок, стружек и другого железного лома, переработанного в мелкозернистое состояние, дает так называемый сталебетон. При достаточно мелком размоле железной добавки, обеспечивающей равномерное распределение добавки в массе бетона, удается достигнуть большой плотности бетона, высокого сопротивления сжатию (600—700 кг/см^2), большей сопротивляемости износу и большей шероховатости поверхности. Для уменьшения расхода металла сталебетон чаще наносят в виде тонкого слоя раствора (10—20 мм) на поверхность законченного постройкой покрытия.

Кроме перечисленных добавок имеются специальные патентованные составы бетонов, точный рецепт изготовления которых держится в секрете. Из них пользуется наибольшей известностью патентованный бетон-солидлит, эксплуатируемый специальной германской компанией. По заявлениям этой компании, благодаря особому подбору составных частей, в этом бетоне большое сцепление составных частей обуславливается не только физико-механическими причинами (увеличение плотности и однообразие строения), но и термо-химическими явлениями. Цемент-солидлит содержит в большом количестве измельченный кварц. Ряд дорог, выполненных из солидлит-бетона, имеет твердую и шероховатую поверхность, не имеет трещин, хотя в некоторых случаях устраивается без швов расширения.

Следует отметить, что заграничные строительные организации, производя постройку бетонных дорог в разных странах и разных условиях, используют местные возможности к улучшению качества бетона: при наличии гравия идут на дробление его в целях улучшения условий сцепления, при наличии выбора между различными породами камня отдают предпочтение породам остроореобретным и равномернозернистого строения; вводят применение острозернистого речного песка, высевок из базальтовой лавы — вязких и пористых, не дающих при износе опасной гладкости.

Конечно, все эти мероприятия уместно проводить при любом цемента и в любых подходящих условиях строительства, в то время как упомянутыми организациями эти мероприятия рекламируются как способности запатентованных ими бетонов.

Значительно меньшее распространение имеет рубениновый бетон, где добавками к цементному раствору являются опилки и деготь. Точный состав и способ приготовления неизвестны. Рубениновый порошок добавляется в бетономешалке к сухой смеси песка и цемента (1:1) и затем перемешивается с добавкой воды. Рубениновый бетон был применен на нескольких дорогах Германии при ремонте их, причем укладывался слоем в 10 см, и эксплуатация его обнаружила те же положительные качества, что и при применении солидитабетона.

8. ОСНОВАНИЯ БЕТОННОЙ ОДЕЖДЫ.

Прочность бетонной одежды в большой степени зависит от качества грунта основания, а также от тщательности подготовки основания под укладку бетона.

Качества грунта основания. Грунт основания должен обладать хорошей несущей способностью, т. е. оказывать достаточную интенсивность и равномерную по длине и ширине поддержку бетонной плите, быть достаточно упругим и постоянным в своих качествах. Характер поддерживающей способности грунта зависит от механического состава его, от сложения грунта и от местных условий.

Несущая способность грунта зависит от двух свойств его: сцепления и внутреннего трения, от величины нагрузки и от площади распределения ее. Высокие величины сцепления характерны для глинистых грунтов, высокие величины внутреннего трения — для песчаных смесей. Оптимальные песчано-глинистые смеси имеют наиболее благоприятное сочетание обоих свойств грунтов и обладают хорошей несущей способностью. Большая интенсивность поддерживающей способности грунта позволяет уменьшать толщину бетонного покрытия, обеспечивает от образования трещин в плите, по сравнению с покрытиями, уложенными на основании из грунта с малой поддерживающей способностью.

Грунт основания должен обладать хорошей дренирующей способностью (быть водопроницаемым) для возможности отвода из под плиты в дорожные канавы скапливающейся под плитой воды, как почвенно-грунтовой (поднимающейся по капиллярам грунта или по пористым слоям его), так и поверхностной (стекающей с обочин и с поверхности плиты).

Помимо того, что присутствие воды в основании ведет к механическому разрушению плиты (выпирание плиты при морозах), оно еще вызывает изменение содержания влаги в плите.

Грунт основания не должен неравномерно деформироваться под влиянием проникающей в него влаги, перемещаться при действии усилий, передаваемых плитой, должен не ухудшать своей несущей способности при увеличении влажности, а также и при уменьшении ее.

Последнее имеет особое значение сразу после постройки бетонной одежды, так как изменение влажности при этом происходит неравномерно по ширине основания. Грунт, плохо воспринимающий изменение влажности (деформирующийся), будет изменяться в объеме и перемещаться при этом также неравномерно. Края бетонной одежды будут поддерживаться сдви-

опираются на грунт слабее, чем середина, и это приведет к разламыванию плиты. В дальнейшем при увеличении влажности будет наблюдаться подобное явление.

Грунт основания не должен также содержать примесей (камней), вредных для бетона.

Помимо отмеченных уже ранее двух основных свойств грунта и его механического состава влияние на перечисленные качества грунта оказывают: а) характер составных частей грунта, б) структура грунта в его естественном виде (в том числе и главным образом однородность грунта, плотность его, а также трещиноватость, наличие пустот), в) характер почвенно-грунтового профиля (напластование отдельных слоев, их чередование, наличие волоконепрочных прослоек), г) топография прилегающей местности (насыпи, выемки, косогоры) в связи с режимом питания, д) климатические условия.

Ряд примеров влияния всех этих факторов приведен на рис. 47, где даны зарисовки трещин в бетонной плите шир. 20—4,80 см, вызванных дефектами основания, порой неизбежными, порой легко устранимыми.

Рис. 47-а: бетонная плита толщиной 16—18 см уложена на пылеватом грунте А, содержащем немного глины и значительно больше диатомов. Грунт такого состава в сухом состоянии порист и жадно воспринимает влагу, по насыщении водой становится неустойчивым. Грунт Б — мелкая супесь на подстилающем ее слое 3 пылеватого грунта с глиной. Различие оснований резко сказалось в количестве и характере трещин. Зарисовка трещин относится к 4 году службы плиты.

Рис. 47-б: бетонная плита толщиной 13—17 см поврежденным участком расположена на грунте Г переменного по длине плиты состава от мелкой супеси до глины. Смешанный плотный грунт Д оказался хорошим основанием для остальной части плиты. Подстилающие грунты Е и Ж из пылевых глин. Их влияние на появление трещин не сказалось. Плита построена 13 лет тому назад.

Рис. 47-в: бетонная плита толщиной 15—20 см, в возрасте 2 лет, уложена в

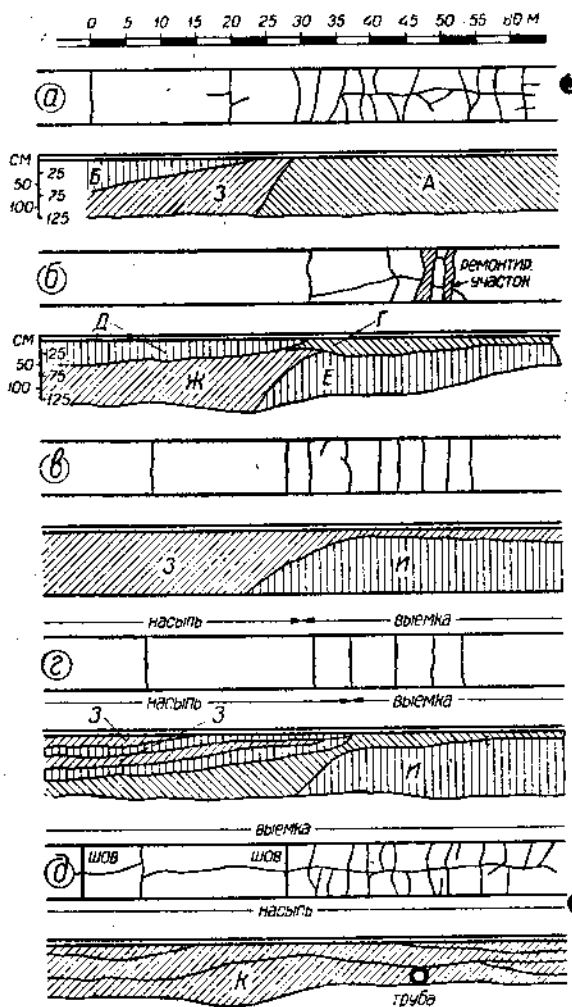


Рис. 47. Зависимость появления трещин в бетонной плите от качества грунтов основания и от напластования их.

ъемке на пористом грунте 3, пласт грунта И наоборот очень плотен и водонепроницаем. При изменении влажности верхнего слоя, при набухании и усадке его вследствие неравномерности поддержки плиты этим слоем (из-за разной толщины слоя, а следовательно и различной величины деформации), в правом участке плиты образовался ряд трещин. Избыток влаги в слое 3, удалению которой препятствует водонепроницаемый нижний слой, усиливает разрушение плиты.

Рис. 47-г: такая же плита, как и на рис. 47-в, уложена в насыпи, отсыпанной из грунта различного состава. Появление трещин в плите вполне объясняется расположением слоев этих грунтов.

Рис. 47-д: изображает трещины бетонной плиты толщиной 15—19 см, уложенной за 4 года до зарисовки трещин, на косогоре в насыпи из мелкозернистых песков и супесей. Образование трещин здесь можно объяснить неравномерным оседанием насыпи. Больше всего трещин над трубой.

Наблюдения показывают, что образование трещин на косогорах имеет место очень часто, особенно если грунт насыпи менее водопроницаем, чем грунт основания, а также когда грунт непосредственно под покрытием непостоянен по составу (включения песка в глине, прослойки глины в песке).

Всеми исследователями подчеркивается решающее значение для прочности бетонной плиты однородности основания. Если в пределах одной плиты очень твердый грунт сменяется мягким, то появление трещин в плите неизбежно. Из опыта САСШ и Германии известны случаи, когда бетонные дороги, построенные на болотах и на слабых грунтах, улучшенных россыпью 10 см слоя гравия с устройством продольных и частых поперечных швов, оказались более прочными и устойчивыми, чем бетонные дороги, уложенные на более плотном, но неоднородном основании.

Классификация грунтов основания. Наиболее благоприятными грунтами, как основанием жесткой бетонной одежды, являются грунты, содержащие наибольшее количество крупно-зернистых частиц, т. е. грунты песчаные. За ними идут супесчаные грунты. Наиболее неудовлетворительными являются грунты суглинистые и глины. Последние, хорошо воспринимая нагрузку и являясь водонепроницаемыми в плотном теле, легко намокают, теряя при этом свои хорошие качества.

С точки зрения такой, грубо упрощенной, классификации характеристику грунта, как основания, следует производить, определив механическим анализом его зерновой состав и отнести к одной из четырех указанных выше групп; однако, большое число факторов, влияющих на поведение грунта основания, разнообразие этих факторов, а также возможные сложные комбинации их, заставляют искать более точной классификации грунта, как основания бетонной одежды.

Наиболее разработанной, именно для бетонных дорог, является классификация грунтов, предложенная Ч. Гогентоглером и Ч. Терцаги в 1929 г.¹ В этой классификации свойства грунтов, определяемые в лабораторной обстановке, сопоставляются со свойствами грунтов в основании дорожной одежды. Лабораторные испытания грунтов позволяют судить об их физических и химических свойствах, выявить составные части грунтов, судить о влиянии составных частей грунта на величину усадки, набухаемость, пластичность, влагоемкость, водопроницаемость и др., судить о влиянии на свойства грунта тех или иных добавок. Лабораторные испытания в отношении крупнозернистых грунтов дают результаты, более сходящиеся с результатами работы грунта в естественных условиях, так как мелкозернистые грунты труднее доставить и сохранить в лаборатории, не меняя их естественного состояния. В основу классификации также положен механический анализ. Грунты подразделены на однородные по своему составу, т. е. грунты

¹ Журнал „Public Roads“, 1931 г., № 4. Имеется также русский перевод. Иностранная техническая литература, вып. 3, 1933 г.; издание ЦДОРНИИ. Впервые опубликовано в 1929 г. в журнале „Public Roads“ № 3.

ненарушенной структурой (категория А) и грунты неоднородные — грунты насыпи, грунты перемешанные дорожными машинами (категория Б).

Категория А. Однородные грунты. Группа А-1. Грунт удачного сечения фракций, крупных (скелета) и мелких (связующего материала и заполнителя; значительное внутреннее трение и сцепление; хорошо связанный; давление воспринимает хорошо и независимо от степени влажности. Примерный механический состав: глины не свыше 5%, пыли от 9 до 32%, песка 63—86%. 45—60% песка должно задерживаться на сите отверстием в 0,27 мм. Добавка 10% фракций крупностью 2—25 мм увеличивает прочность этого грунта. В присутствии слюдянистых, полевошпатовых и сланцевых пород несколько ухудшает свои свойства.

Связующее вещество в этой группе обладает слабой влагоемкостью (не набухает), очень небольшой усадкой, большим сцеплением (обычно каолин). На работу грунтов этой группы в качестве дорожного основания оказывают большое влияние присутствие грунтовых вод и действие мороза. Грунт не капиллярен. При повышении уровня грунтовых вод до поверхности полотна возможно вспучивание грунта от мороза. Насыпи из этого грунта почти не оседают.

Группа А-2. Грунт из крупных и мелких фракций, больше связующего вещества, чем в группе А-1, но менее удовлетворительного по своим свойствам, поэтому связность меньшая. Более чувствителен к влаге чем группы А-1, при большом содержании ее размягчается, что может проявиться при дождях или вследствие капиллярного поднятия воды из насыщенных нижних слоев, тем более, что бетонное покрытие препятствует ее испарению. В сухую погоду грунты групп А-2 мало отличимы от грунтов группы А-1. Лабораторные определения грунтов этой группы те же, что и группы А-1. Природными факторами, влияющими на работу грунтов группы А-2 в качестве основания бетонной одежды являются: положение уровня грунтовых вод, действие мороза, атмосферные осадки. В очень влажных районах грунты группы А-2 для основания непригодны. В природе обе группы грунтов встречаются в виде гравийных отложений, природных песчано-глинистых смесей и в некоторых случаях естественных грунтов. С уменьшением количества связующего вещества происходит переход в группу А-3, с увеличением количества связующего материала — переход в группу А-4, с увеличением содержания глины — группу А-6.

Группа А-3. Грунт — из одних крупных фракций без связующего материала. Не ухудшается при увеличении влажности. Поскольку отсутствие мелких частиц не препятствует перемещению крупных, (отсутствует сцепление), то грунт этой группы неустойчив от давления колеса, вязнувшего в нем, но является прекрасным основанием для тонких бетонных плит. Все грунты группы А-3 не обладают вовсе капиллярными свойствами, усадкой и пластичностью. В природе грунты группы А-3 представлены песками и гравием. Встречаются в плотном, чаще в рыхлом, состоянии. Чем плотнее песок, тем выше его несущая способность. Если горизонт грунтовых вод доходит до поверхности основания, несущая способность грунта группы А-3 незначительно падает. Действию мороза мало подвержены. Насыпи из грунтов этой группы обладают большой устойчивостью, не зависящей от степени влажности.

Группа А-4. Пылеватые грунты, не содержат крупных фракций, незначительно содержат глину; слабое сцепление. Легко поглощают влагу и при значительном содержании ее теряют устойчивость. Непостоянное по величине внутреннее трение. В сухом и слегка влажном состоянии прочны и не имеют способности упруго деформироваться. Легко пучинятся. Число пластичности обычно 0, редко возрастает до 10. Предел усадки ниже 30. В природе встречаются в виде очень мелких пылеватых песков и пылеватых грунтов. Влияние водного режима полотна на поведение грунта группы А-4 иллюстрируется рис. 48. Участок дороги, показанный под № 1, проходит выше горизонта капиллярного поднятия воды, обладает хорошей несущей способностью, не подвержен пучинообразованию. Участок № 2, расположенный над уровнем грунтовых вод, грязен круглый год, пучинист, обладает слабой несущей способностью. Мелкозернистые и пластичные разновидности грунтов этой группы обычно малопроницаемы. Степень водопроницаемости, впрочем, зависит от того, насколько однородно сложены грунты и в какой степени они пронизаны корнями

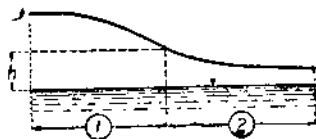


Рис. 48. Схематический продольный профиль дороги на участке с грунтом группы А-4.

h — высота капиллярного поднятия над уровнем грунтовых вод.

растений. Насыпи дают осадку, продолжающуюся в течение года; если отсыпаны в сырое время года, то их неустойчивое состояние может продолжаться и больший срок. Отсыпанные в сухое время и осевшие могут впоследствии от избыточного увлажнения вновь потерять устойчивость.

Группа А-5 отличается от группы А-4 тем, что в сухом состоянии дает значительные упругие деформации. Обладает большой пористостью, содержит много примесей слюды и диатомов. Разница в деформациях грунтов группы А-4 и А-5 показана в схемах на рис. 49. Лабораторные показатели грунтов группы А-5 таковы: число пластичности не выше 10, предел усадки больше 30, нижний предел текучести не менее 30 при пластичности, близкой к нулю, и более 30 при большей пластичности. Присутствие слюды уменьшает объемный вес грунта, а также придает грунту свойство увеличивать свой объем при усыхании. Влияние мороза на эти грунты сказывается так же, как и на грунты группы А-4. Грунт этой группы упоминался уже выше в примере на рис. 47-а, под литерой А.

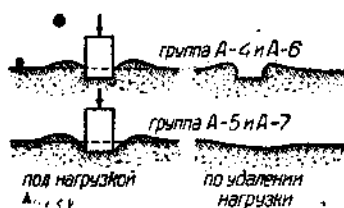


Рис. 49. Характер деформаций упругих и неупругих грунтов.

могут впитывать воду в большом количестве, но в отличие от грунтов группы А-4 медленно, переходя при этом в разжиженное состояние. Деформации происходят медленно и являются неупругими. Склонны к значительному набуханию и усадке. При переменной влажности усадка и набухание таких грунтов ведет к появлению трещин в бетонной плите. В силу значительного сцепления, находясь в пластичном состоянии, все же не теряют устойчивости, если только на них не действует нагрузка, от механического же воздействия сцепление сразу теряется. Состав грунтов группы А-6 следующий: глины не менее 30%, причем более 60% глины из частиц мельче 0,002 мм; число пластичности не менее 10; предел усадки обычно не более 20, никогда не превышает 30. Часто при центрофугировании образцы грунта выотекают. В природе грунты группы А-6 встречаются как в рыхлом, так и в уплотненном состоянии. В соответствии с этим иногда их легко дренировать, иногда невозможно. В рыхлом состоянии способны давать пучины, в плотном состоянии пучинообразование весьма слабо или вовсе не имеет места. Влияние водного режима полотна на поведение грунта группы А-6 в дороге показано на рис. 50: грунт у поверхности с нарушенной структурой легко водопроницаем; горизонт грунтовых вод отстоит близко от естественной поверхности грунта; грунт, расположенный ниже, однороден и почти непроницаем; участок дороги № 1 проходит в насыпи и находится в хорошем состоянии; участок дороги № 2, проходящий нулевыми отметками, обладает плохой несущей способностью, пучинится, неравномерно усаживается и набухает; участок дороги № 3, в выемке, имеет хорошую несущую способность, почти нет пучин, усадка и набухание неравномерны. При грунтах группы А-6 имеет большое значение влажность периода отсыпки насыпи: отсыпанная в сухое время года, давая осадку впоследствии более чем 1 год, оказывается значительно устойчивее насыпи, отсыпанной в сырое время года. На поведение грунта в выемках оказывает большое влияние изменение водного режима после постройки полотна.

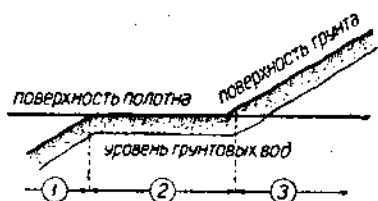


Рис. 50. Схематический продольный профиль дороги на участке с грунтом группы А-6.

Группа А-7 сходна с группой А-6, но грунты этой группы более быстро деформируются под нагрузкой; деформации в большинстве упругие. Объемные изменения при усадке и набухании более вредно отзываются на бетонных плитах как до схватывания бетона, так и после, чем при грунтах группы А-6, что объясняется большей пористостью грунтов группы А-7, содержащих слюду, а также органические вещества; наблюдались случаи вспучивания на 1,5—2 см за одну ночь в результате дождя.

водопроницаемость, испаряемость воды с поверхности больше, чем в предыдущих грунтах. По составу в грунтах А-7 глинистых частиц еще больше, особенно много частиц меньших 0,001 мм; часто частицы коагулированы из-за присутствия извести и других веществ; предел усадки 30, при центрофугировании не выпотевают. При благоприятных чередованиях влажной и сухой погоды и при устойчивости положения горизонта грунтовых вод грунты группы А-7 являются хорошими основаниями для бетонной одежды.

В природе грунты группы А-6 и А-7 представлены глинами и тяжелыми глинами. Грунт А-8. К этой группе относятся ил и торф, неспособные служить основанием для бетонной одежды без предварительного уплотнения.

Категория Б. Неоднородные грунты. Грунт Б-1. Неоднородный по составу естественный грунт: глинистые грунты с гнездами или прослойками песка, и наоборот песчаные грунты с такими же включениями глины; мягкие, глинистые грунты и толще твердых глин. Влияние подобного рода неоднородности грунта было разобрано ранее на рис. 47-в.

Грунт Б-2. Неоднородные грунты основания, образованного отсыпкой насыпи из нескольких различных грунтов (рис. 47-г); последствия: различная быстрота и величина оседания насыпей.

Грунт Б-3. Неоднородные грунты основания, частично естественные, частично присыпные; такая комбинация грунтов встречается в нулевых местах и при переходе из насыпи в выемку, и особенное значение эта неоднородность приобретает для пластичных грунтов: если грунт сам по себе неоднороден, происходит сочетание групп Б-1 и Б-3. Влияние на степень неоднородности оказывает способ копания грунта, способ возки, степень уплотнения, время производства работ, топографические условия и пр.

Выше были перечислены как показатели лабораторных испытаний, позволяющие отнести грунт к одной из перечисленных 10 групп, так и признаки поведения грунта в полевой обстановке, позволяющие подтвердить правильность произведенного отнесения грунта. Обе оценки ни в коем случае не могут делаться изолированно одна от другой, а для грунтов А-6 и А-7 одна лабораторная оценка может наверняка повести к неправильной характеристике грунта.

Способы улучшения естественного основания могут быть подразделены на следующие четыре категории:

- устройство водоотвода (дренажа),
- устройство изолирующих прослоек,
- улучшение грунта добавками и обработкой,
- устройство искусственных оснований.

Устройство водоотвода (дренажа) является обязательным мероприятием почти при всех группах грунтов (исключением может явиться группа А-3 и при благоприятных местных условиях группа А-1). Насыщение грунта водой ведет к уменьшению сцепления (группа А-6 и А-7) или же и сцепления и

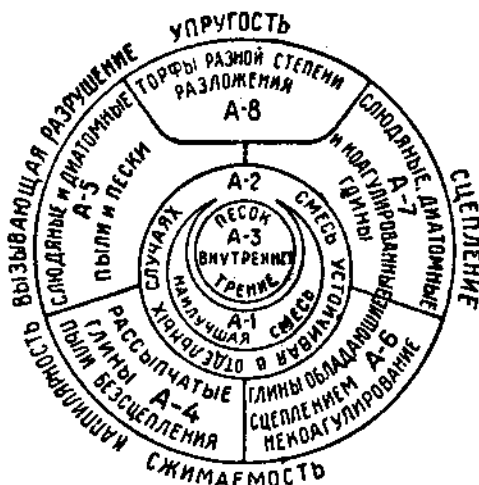


Рис. 51. График, характеризующий различные качества однородных грунтов. Лучшее основание — грунт А-3, обладающий максимальным внутренним трением. По мере удаления от центра к периферии диаграммы в грунтах сильнее сказываются другие свойства их, обозначенные по контуру диаграммы.

внутреннего трения (группа А-4 и А-5), а поэтому отвод воды повышает несущую способность грунтов. В отдельных случаях при выборе системы водоотвода (дренажа) можно руководиться следующими указаниями.

Если местные топографические условия не позволяют понизить уровень грунтовых вод настолько, чтобы капиллярное поднятие воды не доходило бы на 30—40 см до верха основания, при плотных малопроницаемых грунтах — устройство закрытого дренажа нецелесообразно, и в этом случае с успехом могут быть применены открытые канавы или трубы, если, конечно, увлажнение грунта происходит за счет воды, которая может быть перехвачена таким водоотводом.

При применении труб для дренажа следует иметь в виду способность их замерзать в выходном отверстии и тем закупоривать отвод воды при заморозках.

Дно трубы или дно канавы, перехватывающей воду, должно располагаться на поверхности водонепроницаемого слоя.

Дренаж устраивается также для уменьшения возможности образования пучин (группы А-1 и А-2), а также для предохранения от размягчения связующего вещества (группа А-2).

Дренаж преследует и цели борьбы с капиллярным поднятием воды, давая особенный эффект в грунтах, обладающих быстрым капиллярным поднятием и на большую высоту (группы А-4 и А-5).

Дренажное обочин, состоящих из водонепроницаемого грунта, любым видом дренажа является совершенно необходимым.

Большое значение для устойчивости основания имеет перехват воды, доставляемой водоносными пластами, имеющими выход на дневную поверхность грунта (нагорными канавами, трубами), особенно на косогорах, а также в выемках.

При наличии воды в сплошном однородном водопроницаемом грунте дренаж становится бесполезным.

Закрытый дренаж может осуществляться в виде прослоек или воронок из щебня, гравия, гари, крупного песка, фашин, хвороста.

При всех видах дренажа водоотводные канавы должны иметь достаточные размеры, уклон и обеспеченный спуск воды из них.

Устройство изолирующих прослоек имеет целью, не видоизменяя характера грунта, предупредить разделением грунта от бетонной плиты, а иногда и от обочин, появление в нем нежелательных для целостности плиты деформаций или предохранить бетонную плиту от вредного влияния некоторых составных частей грунта.

Прослойка из толя, уложенная по основанию перед выгрузкой на него бетона, предохраняет от вредного набухания грунт (группа А-7) за счет воды, впитываемой этим грунтом из свежего бетона.

Укладка тонкого (5—6 см) слоя песка, пропитанного битумом (1,1—1,2 л/м³), является хорошим предохранением бетонной плиты от попадания в нее вредных солей из грунтов (стр. 65).

Аналогичная водонепроницаемая прослойка может быть получена и путем поверхностной обработки грунта основания. Обе указанные прослойки, предохраняя грунт (напр., группы А-6 и А-7) от воды, проникающей сверху, не гарантируют размягчения грунтов от капиллярного поднятия воды и препятствуют испарению влаги из грунта основания (если прослойка распространена на всю ширину полотна).

Прослойка из крупнозернистого песка является ступенью к следующему

способу улучшения оснований — улучшения добавками, а также ступенью к устройству искусственного основания, так как преследует помимо целей ввода воды и распределение нагрузки на большую площадь основания (см. стр. 73).

Улучшение грунта основания добавками и обработкой. Введение добавок в грунт отличается от устройства прослоек тем, что в данном случае изменяются свойства грунта на глубину 20—30 см, чем может быть достигнуто: а) понижение влагоемкости грунта, б) сообщение грунту свойств сцепления или повышения этих свойств, в) увеличение внутреннего трения.

Добавками в зависимости от рода грунта и преследуемых обработкой грунта целей могут служить: гравий, песок, известь, а также цемент, нефтяные масла и легтевые материалы.

Добавки вводятся в грунт с целью их равномерного распределения и достижения однородности состава основания путем вспахивания, боронования и укатки основания. Укаткой должно быть достигнуто также и вполне достаточное уплотнение основания. Иногда для ускорения укатки применяется искусственное увлажнение.

При отсыпке земляного полотна в насыпи подобные приемы уплотнения грунта также являются желательными. Кроме того, для равномерности осадки насыпи соблюдаются следующие требования: насыпи отсыпаются слоями толщиной по 10—12 см; соблюдается годичный срок выдержки насыпей; в течение этого срока отмечаются и исправляются все дефекты основания (просадки, осыпи), а также изучается поведение грунта в новом его состоянии.

Постройка полотна и бетонной одежды в один строительный сезон допускается лишь при незначительной высоте насыпи (0,20—0,60 м), причем необходимо, чтобы насыпь возводилась с тщательной послойной укаткой или утрамбовкой.

Растения, корни вместе с окружающим их грунтом удаляются с поверхности полотна.

При залегании слабых грунтов отдельными гнездами или прослойками иногда производится замена их грунтами более устойчивыми.

Выше и при расчете толщины бетонной плиты, и при рассмотрении качеств грунтов основания подчеркивалось то значение, которое имеет однородность основания; поэтому, наряду с перечисленными мероприятиями по улучшению основания, необходимо пометить и те недопустимые приемы работ, которые могут создать неоднородность основания; сюда относятся: выборка грунта полотнами же проектных отметок с последующим заполнением и уплотнением засыпки, так как при этом почти невозможно достигнуть той же плотности, какую имеет грунт с ненарушенной структурой; выравнивание поверхности полотна бетоном, так как это приводит к местным утолщениям плиты и неизбежному вследствие этого образованию трещин: движение по подготовленному полотну, создающее неравномерное уплотнение грунта.

Устройство искусственного основания является последней степенью приспособления естественного грунта к восприятию нагрузки от бетонной плиты.

Американцы подразделяют искусственные основания на две группы: основания из лишенных сцепления материалов („пористые

основания), устраиваемые обычно на очень мелкозернистых грунтах, и уплотненные искусственные основания из оптимальных грунтовых или гравийных смесей, из щебня и плака.

„Пористые“ искусственные основания, располагаясь на поверхности неудовлетворительного грунта основания, смягчают, а иногда и вовсе парализуют вредное действие такого грунта на бетонную плиту, в частности уменьшают пучинообразование, выравнивают свойства неоднородного грунта, дренируют основание. Эта группа оснований оказывает сравнительно малое сопротивление постепенному прониканию мелкого грунта в пустоты искусственного основания, вследствие чего качество основания постепенно ухудшается, вызывая этим изменение и условий работы бетонной плиты.

Устройство песчаного основания. Из оснований первой группы указанной классификации песчаное основание имеет наибольшее распространение.

Толщина песчаного слоя в зависимости от рода грунта, его дренирующих свойств и несущей способности, может варьировать, примерно, в следующих пределах:

при глинистых грунтах	полотна	0,15—0,20 м,
„ суглинистых „	„	0,10—0,15 м,
„ супесчаных „	„	0,05—0,10 м.

Требования к песку для основания несколько снижаются по сравнению с требованиями к песку для бетона, приведенными на стр. 45.

Для песчаного основания в земляном полотне выбирается корыто глубиной, соответствующей толщине песчаного слоя. Поперек основания по дну корыта устраиваются небольшие ровики, глубиной 0,30—0,50 м, заполняемые битым кирпичем, щебнем, гравием или другим подходящим материалом. Каждый ровик имеет выход в боковую канаву. Затем в корыто засыпается песок, выравнивается, трамбуется специальными трамбовками или укатывается катком.

Уплотненные основания (по американской классификации) отличаются, наоборот, отсутствием дренирующей способности, непроницаемы для мелких частиц естественного грунта, не допускают возможности накопления в себе воды и, как следствие, надежно изолируют бетонную плиту от грунта основания, а последнее от попадания воды.¹

Выбор типа и толщины искусственного основания зависит также и от несущей способности грунта естественного основания: чем меньше эта способность, тем больше должна быть площадь передачи нагрузки от колес на грунт. Однако, бетонная плита нормальной толщины вследствие своей жесткости сама распределяет нагрузку на достаточно большую площадь, в то время как в искусственном основании, „пористом“ или „уплотненном“, площадь распределения нагрузки зависит, главным образом, от толщины основания. На рис. 52 даны диаграммы распределения давления от груза в 1,8 т слоем щебня толщиной 20 см (кривая А) и бетонной плитой (кривая Б) той же толщины. Кривые построены на основании изучения работы плиты размером в плане 240 × 240 см и такого же размера щебеночного участка на глинистом грунте (Арлингтонская станция).

¹ Устройство уплотненных оснований наиболее целесообразно при грунтах групп А-4 и А-7, в то время как устройство при этих грунтах „пористых“ искусственных оснований обязательно должно сопровождаться еще и надлежащей обработкой грунта.

Из рассмотрения диаграммы можно заключить, что при указанных размерах плиты искусственное основание мало поможет в распределении давления и роль основания, как распределяющей давления конструкции, станет действительной лишь после появления в плите трещин (т. е. после появления участков плиты с малыми размерами в плане).

•Так как устройство искусственного основания сильно удорожает стоимость дороги, следует всегда рассматривать применение его для бетонных дорог как исключительную меру, при полной невозможности обойтись перечисленными выше другими мерами.

Подавляющее большинство бетонных дорог САСШ пролегает по песчано-глинистым и гравелистым грунтам и притом вне городов, т. е. по грунтам с ненарушенной структурой и устроено, поэтому, без искусственного основания.

Этим же объясняется и то обстоятельство, что вопросы улучшения основания бетонных дорог и устройства искусственных оснований разработаны слабее, чем другие вопросы бетонно-дорожного строительства.

Устройство бетонной дороги на основании из старого шоссе встречается при реконструкции магистралей и назначении на них высших типов покрытий. Лучше всего, если бетон при этом укладывается на шоссе без исправления последнего, что допустимо в тех случаях, когда шоссе хорошо сохранилось и в продольном профиле не предусмотрено изменений. Очевидно, что при такой укладке благодаря разным поперечным уклонам (более пологому у бетонной одежды и более крутому у шоссе) бетонная плита будет толще вдоль краев и тоньше посередине. В большинстве же случаев старое шоссе вскирковывается, ремонтируется дополнительной россылью щебня, во многих случаях и уширяется, а затем плотно укатывается.

В обоих случаях проверяется, достаточно ли обеспечен отвод воды.

Укладка бетона по искусственному основанию производится обычно с принятием мер к предотвращению сцепления бетона с основанием, для чего производится рассыпка тонкого слоя песка, укладка тонкого слоя высевок в смеси с битуминозными материалами или смазка поверхности основания глиной.

Впрочем, в вопросе необходимости предотвращения сцепления бетонной плиты с искусственным основанием мнения расходятся. Имеются указания, что предпочтительнее устраивать плиту независимо от основания, для чего принимать одну из указанных мер. Встречаются, однако, и указания о вполне удачных случаях постройки бетонной плиты по неотделенному никакими прослойками основанию из шоссеиной коры, которая не может рассматриваться как монолит, а следовательно сцепление бетона плиты будет происходить не с основанием в целом, а с отдельными щебенками. Подвижность плиты, уложенной на шоссеиной коре, во всяком случае будет меньше, чем при укладке бетона по грунту или изолированному основанию. По тем же соображениям более тщательно выравненное шоссе будет представлять меньшее сопротивление подвижкам плиты.

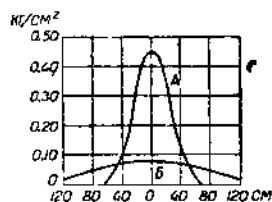


Рис. 52. Распределение давления от сосредоточенного груза бетонной плитой (Б) и слоем щебня (А).

Группа грунта	Водоотвод и дренаж	Прослойки	Добавка и обработка грунта	Искусственные основания	Дополнительные указания
A-1	При высоком горизонте грунтов — дренаж	—	—	—	—
A-2	Дренаж против капиллярного увлажнения	Изолирующие прослойки осадков	—	Для лучшей передачи давления — устройством оснований: жестких малой толщины или упругих большой толщины	—
A-3	—	—	Крупнозернистые добавки. Обработка вяжущими материалами	Устройство искусственных оснований малой и средней толщины	—
A-4 A-5	—	Битумные прослойки	Добавки крупнозернистого материала. Обработка основания битумом	Для уменьшения влияния мороза — устройство искусственного основания	Плиту лучше армировать. Грунты A-5 требуют больших мероприятий, чем грунты A-4
A-6 Плотное сложение	—	—	Россыпь зернистого материала. Обработка битумными материалами	—	Устройство частых швов для парализования действия усадки грунта
A-6 Трещиноватое сложение	Устройство дренажа	—	Уплотнение основания	—	При невозможности дренирования — частые швы, армирование бетона. Крупнозернистые добавки

А-6 в насыпях	Отвод воды, поступающей со стороны	—	Для предотвращения попадания воды обработка грунта битуминозными материалами. Улучшение состава крупнозернистыми добавками	—	Сооружать насыпь в сухое время года
А-7	—	Прослойки для изоляции грунта от свежего бетона	Механическая обработка поверхностного слоя	—	Допустимы и приемы, указанные для А-6 (плотные группы)
А-8	—	—	Механическая обработка	—	Полотно в насыпи, сильная арматура, швы
Б-1	—	—	—	Искусственные основания	При большой глубине слоя грунта Б-1 те же приемы, что и для А-8
Б-2	—	—	Сильное уплотнение насыпей	—	См. А-8. Избегать насыпей из этого грунта
Б-3	Отвод ключевой воды	—	—	—	Сильная арматура, особенно при переходе от насыпи к выемке и от нулевых к большим работам

Тщательное выравнивание основания и придание основанию одинаковой сопротивляемости давлению плиты производится помимо соображений, приведенных выше, еще и по следующим соображениям.

При наличии выступающих над общим уровнем поверхности шоссе мест или при наличии мест, отличающихся большей жесткостью, чем вся кора шоссе, — эти места явятся опорными точками для уложенной поверх шоссе бетонной плиты, а в первом случае (выступающие места) и толщина плиты будет меньшей. При проходе тяжелых грузов, неизбежно появление растягивающих усилий в плите над опорными точками и образование трещин.

Такую же опасность содержит почти всегда в себе имеющий большое распространение способ подготовки старого шоссе под укладку бетонной дороги со съемкой верхней части старого профиля и уширением коры. Под бетонной одеждой оказывается в средней части — утонщенное старое шоссе, в четверти ширины — толстый слой старой коры и вдоль краев — свежеекатанные дополнительные полосы основания. Дороги, осуществленные на таком основании, дали в ряде случаев две продольные трещины по всей длине бетонной одежды, что в отдельных штатах Сев. Америки привело даже к запрещению устройства бетонных дорог на старых шоссе.¹ Лучше в таких случаях разрыхлить глубокой кирковкой старую кору и вновь укатать.

Перечень всех мероприятий, необходимых для улучшения грунтов основания различных групп, приведен в таблице 23 на стр. 74—75.

9. ПОДГОТОВКА ОСНОВАНИЯ К УКЛАДКЕ БЕТОНА.

После устройства земляного полотна, надлежащей выдержки сто, заделки обнаруженных просадок, улучшения качеств грунта основания одним из способов, перечисленных в предыдущей главе, приступают к работам по подготовке основания к укладке бетона, заключающимся в

- а) установке бортовых форм,
- б) окончательной планировке основания.

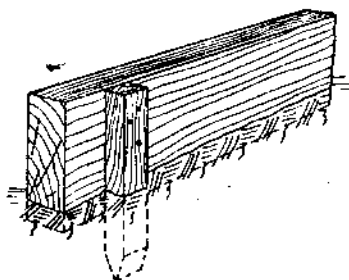


Рис. 53. Простейшие деревянные формы.

Бортовые формы ограничивают по сторонам бетонную одежду, не допуская ее сползания и вытекания бетона за установленные пределы ширины одежды, и точно фиксируют уровень поверхности дороги. Одновременно формы являются рельсами для движения по ним ряда бетоноотделочных машин, а также субгрейдера, производящего окончательную планировку основания.

Механизированные способы постройки бетонных дорог и связанная с ними установка бортовых форм являются теперь повсеместно распространенными.

Деревянные формы являются наиболее простым видом форм, выполняются из досок толщиной в 5 см, установленных на ребро (рис. 53). Для придания форме вертикального положения доска устанавливается на основание при помощи деревянных или металлических шпилек (костылей) через

¹ В этих случаях шоссе были построены без пакеляжа при разнообразной толщине коры.

ды 0,30—0,80 м (с более густым расположением у стыка). Подобного типа деревянные формы обладают многими недостатками: гнутся, коробятся, поэтому быстро приходят в негодность. Несколько более прочны деревянные формы, применяемые в Германии (рис. 54). Эти формы усилены желе-

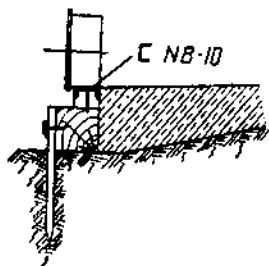


Рис. 54. Деревянные формы, усиленные корытным железом.

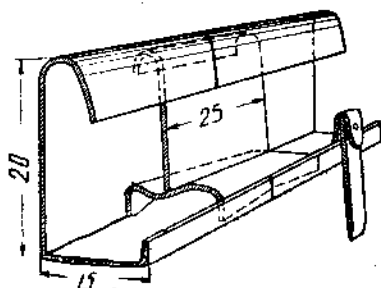


Рис. 55. Металлические формы Лейквуд нормального типа.

зом корытного профиля, предотвращающим износ дерева колесами бетоноотделочных машин.

Металлические формы быстро вытеснили деревянные. Первое время металлические формы также были весьма несовершенны, но постепенным улучшением их удалось достигнуть современного нормального типа этих форм — типа Лейквуд (рис. 55), типа Блау-нокс (рис. 58—59), также имеющего значительное распространение и некоторых разновидностей этих типов (рис. 60 и 61). Основными частями металлических форм являются: а) тело формы, б) скрепления в стыках и в) шпильки и другие приспособления для установки и укрепления формы в основании дороги.

Формы должны обладать хорошим сопротивлением усилиям, действующим на них со стороны финишера, бетона и грунта, случайным ударам колес повозок, доставляющих материалы к месту работ, а также усилиям, действующим на формы, при перевозке и при перекладывании их. В то же время формы должны быть достаточно легкими по весу, чтобы их можно было легко переносить по мере устройства дороги. Поэтому длина отдельных звеньев не превышает обычно 3,65 м, при весе от 36 до 66 кг.

Внутренняя сторона всех видов форм устраивается гладкой для легкого снятия формы по затвердении бетона.

Необходимость придания внутренней стороне форм гладкой поверхности заставляет все приспособления для прочного закрепления форм в основании дороги и жесткого соединения между собой устраивать с внешней стороны форм.

Формы не должны давать деформаций в вертикальном направлении (не просаживаться) и в горизонтальном направлении (не сдвигаться и не выгибаться). Они должны быть достаточно устойчивы и на опрокидывание. Для

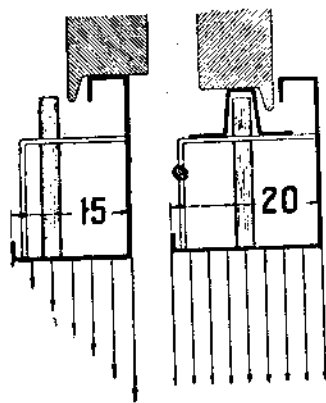


Рис. 56. Схема распределения давления от финишера на грунт при обычных бортовых формах и при формах с дополнительным проволочным рельсом, применяемым при слабых основаниях.

устойчивого положения форм нижняя постель их должна иметь достаточную ширину. Большая ширина постели вместе с тем способствует распределению давления от форм на большую площадь основания дороги. Обычно формы изготавливаются из стали толщиной 5 мм, высотой 150—250 мм, причем очертание и размер верхней полки варьируется

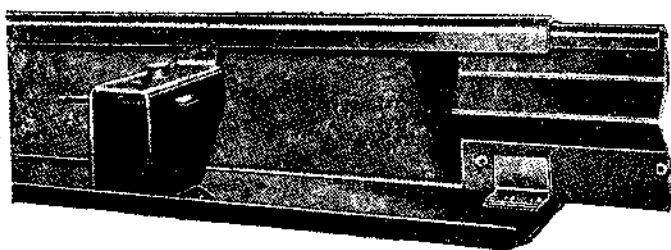


Рис. 57. Новейший тип металлических форм Лейквуд.

зависимости от ширины и вида обода финишера, высота зависит от толщины бетонной плиты, а ширина нижней полки выбирается в зависимости от грунта основания.

Формы, показанные на рис. 55—60, удовлетворяют всем перечисленным требованиям и в большинстве случаев допускают укладку бетона и пропуск финишера без деформаций. Так как самые незначительные деформации форм ведут к искажению профиля бетонной дороги, то при слабых грунтах нужно предварительно утрамбовать или укатать основание под нижнюю полку формы. В некоторых случаях и этого оказывается недостаточно и

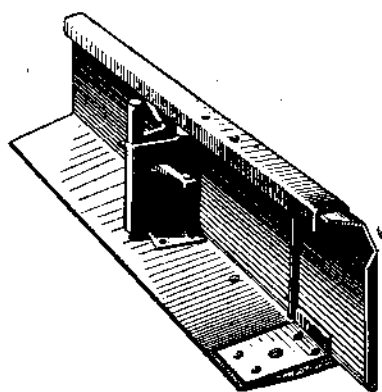


Рис. 58. Металлические формы Блау-нокс.

тогда прибегают к следующей мере: под формы, через промежутки 30—70 см, забиваются деревянные планки или к нижней полке приболчиваются широкие полосы железа, увеличивающие площадь передачи давления на грунт.

Если толщина плиты меньше высоты форм, то формы устанавливаются ниже основания плиты; если же толщина плиты больше высоты форм, то под основание форм можно уложить досчатые подкладки, дополняющие недостающую высоту форм.

Формы Лейквуд (рис. 57) имеют закругленное очертание верхней части, способствующее сползанию с формы бетона, благодаря чему колеса машин катятся все время по форме, а не по приставшему к

ней раствору, слой которого на плоских формах достигает толщины до 2—3 см. Формы изготавливаются размером 12,5 × 15,0; 12,5 × 17,5; 15 × 20; 15 × 22,5 см (ширина нижней полки × высоту формы). Стыковая клиновидная закладка забивается ударами молотка. Закрепление в грунте основания шпильками, числом от 3 на звено длиной 3,65 м, в зависимости от грунта. Длина шпильки до 50—60 см. Прикрепление шпильки к борту просто и вместе с тем достаточно прочно. Вес звена форм указанных четырех размеров: 49; 52; 59 и 63 кг. Закладки и шпильки на одно звено весят 10 кг.

Формы Блау-нокс изготавливаются такой же длины, как предыдущие. Первоначально плоская верхняя полка, шириной 5 см (рис. 58) в последующих моделях закруглена (рис. 59), что еще более приближает этот тип форм к типу Лейквуд. Особенность этого типа — приваренные или приклепанные к формам „карманы“ для установки шпильки с приспособлением для заклинивания. Более прочно укрепленная шпилька вместе с тем отодвинута от ребра формы, вокруг которого производится опрокидывание форм под давление бетона и колес машин, что сообщает форме и большую устойчивость. Ширина нижней полки 15—20 см. Число „карманов“ — 4 шт. на звено.

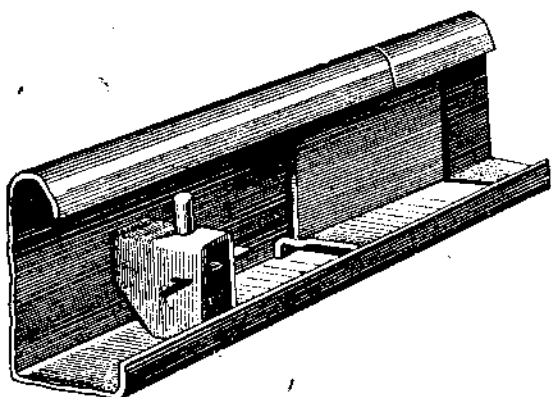


Рис. 59. Металлические формы Блау-нокс.

Формы Гельтцель совмещают приспособление для закрепления формы в основание со стыковым, самый профиль довольно сложный. Благодаря тому, что шпильки в этом типе форм не проходят сквозь нижнюю полку, приспособление для прикрепления форм может быть несколько сдвинуто при забивке, если шпилька при забивке наткнется на препятствие. Кроме того, число приспособлений не связано с длиной звена. Эти формы употребляются преимущественно на дорогах с большим количеством кривых участков, длина звена 3 м, при кривых малого радиуса устанавливаются звенья меньшей длины (рис. 60).

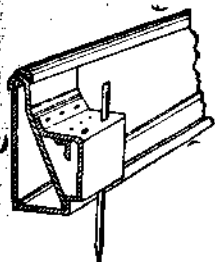


Рис. 60. Металлические формы Гельтцель.

Формы Миллера дают вариант устройства „кармана“ и отличаются простотой профиля и большей сопротивляемостью его изгибу. Распространения пока не получили.

Работы по установке форм. Формы развозятся вдоль дороги и устанавливаются на-глаз на подготовленном земляном полотне. При наличии искусственного основания, формы устанавливаются на нем, либо опираются на край корыта искусственного основания, если основание имеет ширину, равную ширине бетонной одежды.

В некоторых штатах САСШ основание под формы подготавливается пропуском специальной машины „формгрейдера“ (рис. 62), который дисковыми ножами (рис. 63) разрыхляет грунт, винтовыми лопастями подает грунт в сторону и катком, шириной несколько превышающим ширину форм, укатывает основание под формы.

В расстоянии друг от друга, точно соответствующем колее финишера, натягиваются два шнура, положение которых по высоте регулируется ко-

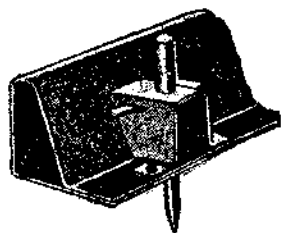


Рис. 61. Металлическая форма Миллера.

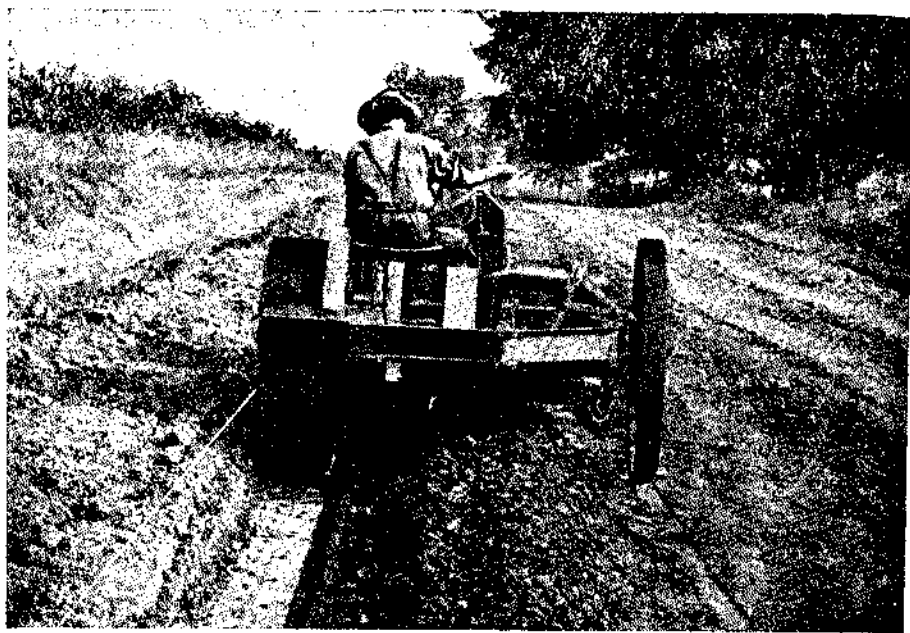


Рис. 62. Формгрейдер для устройства основания под металлические формы.

лышками, забитыми по нивелиру. Формы устанавливаются верхним внутренним ребром (или закруглением) вдоль шнура и закрепляются в таком положении шпильками (рис. 64).



Рис. 63. Винтовой нож формгрейдера.

Положение форм в вертикальной плоскости выправляется подклинкой, подштопкой, а в отдельных случаях и подсыпкой грунта, для чего формы временно снимаются. Выправленные в обоих направлениях формы соединяются, причем самый процесс закрепления стыков (наиболее подверженных деформациям мест) производится в соответствии с конструкцией стыка. Формы устанавливаются на один день работы финишера, впереди места укладки. По окончании дневной (или сменной) работы финишера его про-

пускают по установленным формам и отмечают для исправления все неточности в установке форм, которые при пропуске финишера будут замечены.

да принятый способ расстановки машин не позволяет производить проб-
о пропуска финишера, проверку правильности установки форм произ-
ят пропуском специальных рабочих мостиков.

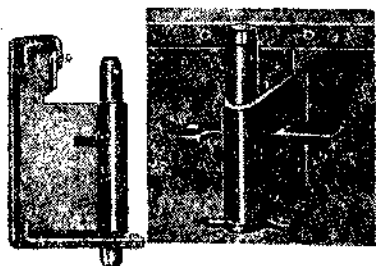


Рис. 64. Деталь укрепления шпильки в „кармане“ формы Блау-нокс.

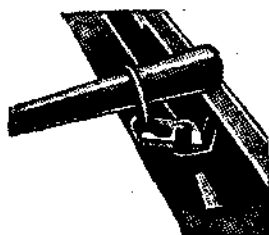


Рис. 65. Выдергивание шпильки из формы Блау-нокс.

Оседание форм на 3—5 мм считается допустимым; при большей про-
дке производится выправление форм подъемкой.

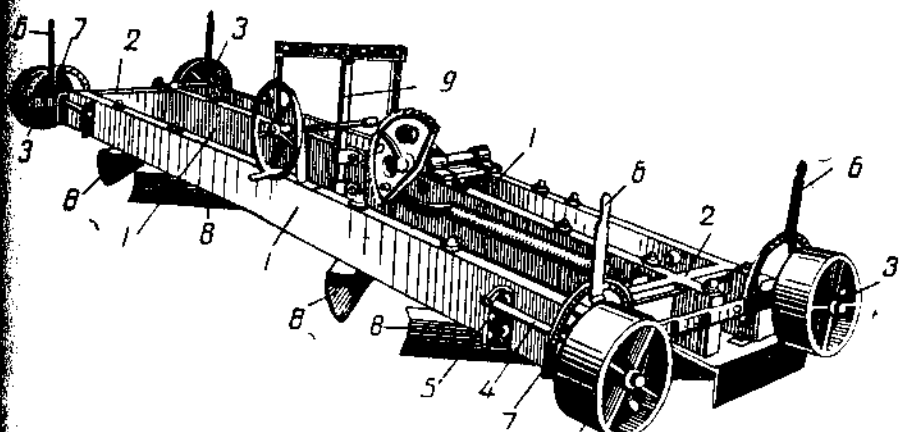


Рис. 66а. Деревянный субгрейдер Лейквуд.

При слабых грунтах применяется соединение двух ниток форм между
собой тягами на двойных гайках; при снятии форм тяги остаются в бетоне.

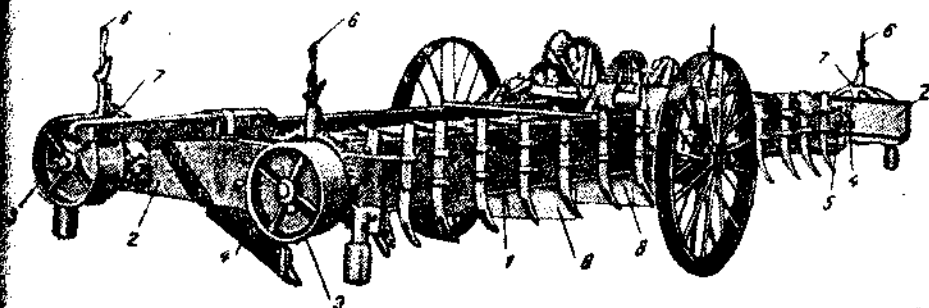


Рис. 66б. Металлический субгрейдер Лейквуд.

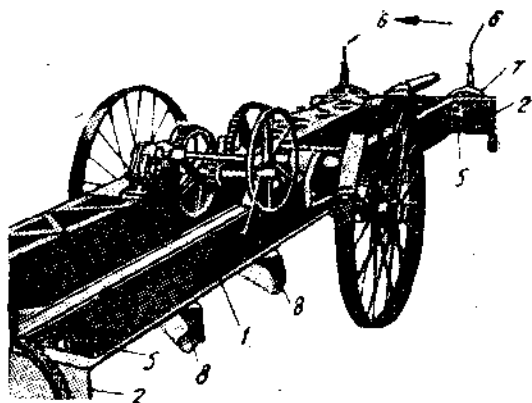


Рис. 67. Металлический субгрейдер Лейквуд.

не должна превышать 6 мм на 3 м их длины ($f:l=0,002$). Формы снимаются к концу второго или в начале третьего дня после укладки бетона,

Быстрая установка форм требует известного навыка и сноровки рабочих, а так как от скорости перестановки форм зависит и срок постройки бетонной одежды, то на этой работе форм рекомендуется держать специальных рабочих.

Перед употреблением в дело и по окончании постройки формы должны быть осмотрены и все замеченные недостатки, как-то: трещины, изломы, вмятины должны быть исправлены, а стыковые приспособления и шпильки хорошо смазаны. Кривизна форм

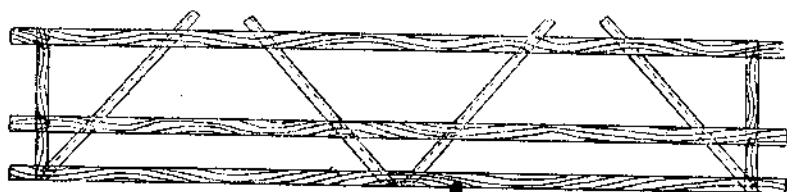


Рис. 68. Схема взаимного расположения брусев и ножей деревянного субгрейдера Лейквуд.

а потому они должны быть на месте работы в количестве, соответствующем трехдневной производительности работ.

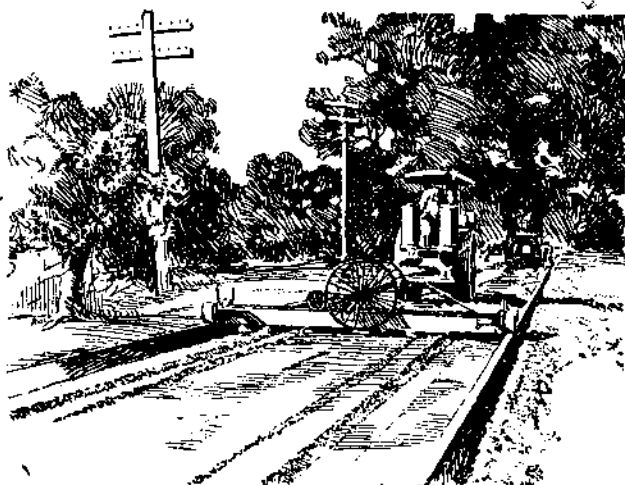


Рис. 69. Основание бетонной дороги после прохода субгрейдера.

При установке форм на кривых возможно незначительное выгибание их в плане при забивке кольев. При кривых крутого радиуса формы должны иметь короткую длину (1,5 м) и укладываться по ломаной линии, описанной вокруг кривой проектного очертания одежды.

При устройстве вдоль бетонной одежды бордюров из бетона или камня передвижение машин может происходить по этому бордюру, как по формам, причем если поверхность одежды устраивается вровень с верхом бордюра, то реборды колес должны быть обращены в наружную сторону.

Окончательная планировка основания производится непосредственно перед укладкой бетона для придания поверхности основания очертания, в точности соответ-

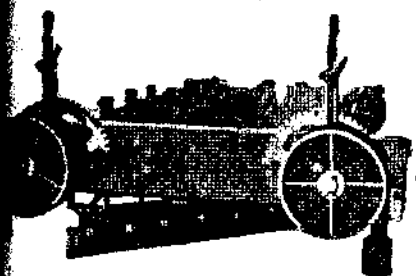
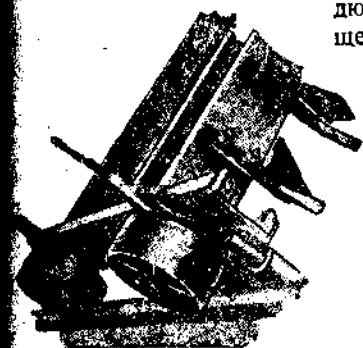
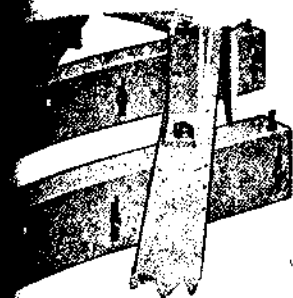


Рис. 70. Детали субгрейдера. Подвеска рамы к рамам субгрейдера. Рычаги, управляющие подъемом и опусканием рамы.

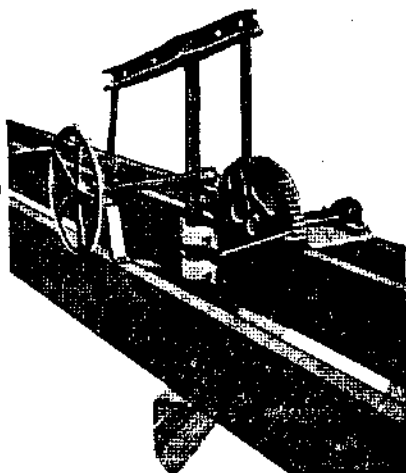


Рис. 71. Детали субгрейдера Лейквуд. Приспособление для подъема 6 м субгрейдера перед установкой больших колес для перевозки его.

ствующего проектному, так как наличие пониженных и невыправленных до укладки бетона мест (впадин) приводит к излишнему расходу бетона на выравнивание поверхности основания, — наличие же повышенных против про-

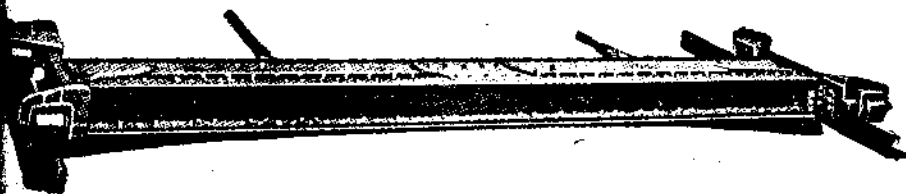
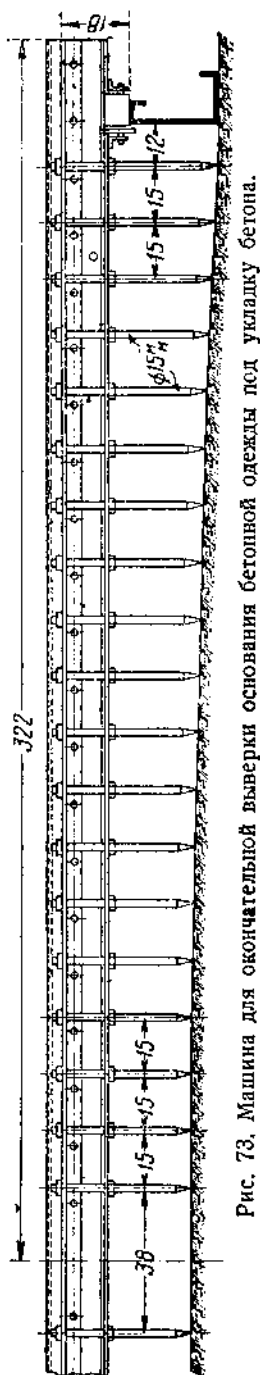


Рис. 72. Субгрейдер-планер Кэринг.



екта мест (незаметных иногда на-глаз бугров) приводит к уменьшению в этих местах толщины бетонной плиты.

Выравнивание поверхности производится либо вручную — протаскиванием по формам досчатого шаблона, нижнее очертание которого в точности соответствует очертанию поверхности основания, либо механизированным способом — помощью сугрейдера.

Субгрейдер Лейкууд, показанный на рис. 6 и 67, на съёмных колесах, служащих для перевозки его, состоит из деревянной или металлической рамы, образованной продольными 1 и поперечными 2 брусками или швеллерами.

Рама поддерживается на формах четырьмя ко-
сами 3.

Ось 4, на которую насажено каждое колесо, может переставляться своим концом в одно из трех отверстий кронштейна 5, а середина оси может по-мощью рычага 6 и квадранта 7 приподниматься и опускаться, — благодаря этому высота рам по отношению к формам может изменяться, а также может изменяться и величина наклона рам.

Снизу к рамам прикреплены криволинейные ножи 8 (имеющие форму плуга).

При движении субгрейдера в направлении, указанном стрелкой, ножи, установленные на строго определенной отметке, срезают излишек грунта, передвигают его вдоль своей длины и оставляют между формами в виде двух гряд, выходящих из под субгрейдера, против сходящихся концов ножей (рис. 68 и 69), — после чего этот излишек грунта лопатами отбрасывается в стороны.

Деревянные субгрейдеры подобного типа изготавливаются в САСШ для дорог шириной от 2,5 до 5,5 м, стальные — от 5,00 до 7,50 м. Стальные субгрейдеры снабжены разрыхляющими грунт зубьями (см. рис. 70), расположенными перед ножами, облегчающими работу ножей, что особенно важно в тяжелых грунтах.

Для продвижения субгрейдера по формам пользуются автомобилем, трактором или катком.

Субгрейдеры имеют приспособление для подъема и поворота вокруг вертикальной оси 9, для обратного прохода, а также для установки на особые, большого диаметра, колеса с целью перевозки с одной работы на другую. Вес субгрейдеров от 1000 до 1800 кг.

Излишек грунта субгрейдером срезается постепенно, в несколько проходов, пока не будет получен проектный профиль.

После окончания работы субгрейдера иногда применяют легкую укатку основания 1,5—3-тонным катком. Внутренняя сторона форм вновь обметается от частиц грунта и смазывается.

Так как при проходе бетономешалки поверхность полотна повреждается, в виде последней операции по окончательной подготовке земляного полотна к укладке бетона, протаскивают по формам тяжелый брус-шаблон, что соответствующий поперечному профилю. Этот брус часто прицепляют к самой бетономешалке.

Назначение операции — разравнивать колеи, образованные гусеницами бетономешалки.

Для этой же цели служит субгрейдер-плер Керинг (рис. 72).

При искусственных жестких основаниях окончательного выравнивания не делается.

После нивелировки основания выправляются значительные впадины, мелкие же неровности оставляются без исправления.

10. ПРИГОТОВЛЕНИЕ БЕТОНА.

Смешивание составных частей бетонной массы производится почти исключительно в специальных дорожных бетономешалках — „пэйверах“ (мостовиках) с двигателем внутреннего сгорания, служащим как для операций по приготовлению бетона, так и для передвижки бетономешалки.

Снабженные гусеничным ходом, или колесами с широким ободом, эти бетономешалки приспособлены к поступательному движению при постройке основания бетонной одежды, будь то грунтовое основание или искусственное, а равно и для движения по обочине.

При работах применяется боковое расположение бетономешалки (на обочине дороги) и центральное (на поверхности корыта); в первом случае требуется большой вынос стрелы для возможности подачи бетона на всю поверхность дороги, — во втором случае требуется дополнительно выравнивать и уплотнять основание после прохода бетономешалки.

Дорожные бетономешалки относятся к разряду периодически действующих, так как непрерывную подачу бетона в условиях постройки бетонных дорог осуществлять нецелесообразно.

В соответствии со своим назначением все бетономешалки имеют следующие основные элементы:

- а) загрузочный ковш для подъема смеси на бетономешалку,
- б) смесительный барабан для приготовления бетона,
- в) разгрузочный ковш для выгрузки бетона возможно ближе к месту укладки и возможно равномернее распределенным,
- г) ходовые части.

Наиболее совершенными типами американских бетономешалок следует признать бетономешалки Рекс-Пэйвер фирмы Чэн Бельт К°, Кэринг-Пэйвер фирмы Кэринг К° и Мульти Фут-Пэйвер фирмы Фут К° (рис. 74, 75 и 76).

В зависимости от объема и характера работ при постройке дороги применяются бетономешалки различной мощности и производительности.

Основные данные относительно бетономешалок указанных трех типов приводятся в таблице 24.

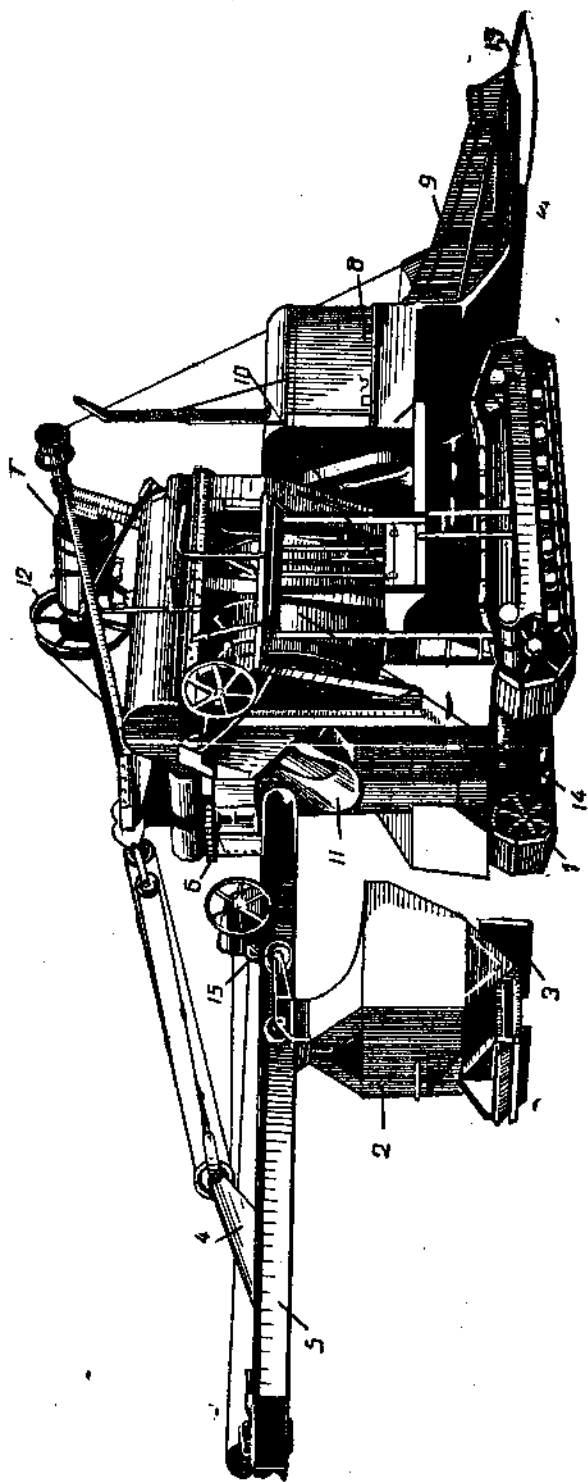


Рис. 74. Общий вид дорожной бетономешалки „Рекс-Пэйвер“.

1 — Гусеничный ход.
2 — Разгрузочный ковш.
3 — Откидное дно ковша.
4 — Поворотная стрела.
5 — Полка стрелы, служащая рельсом для передвижения ковша.

6 — Опора вращения стрелы.
7 — Водяной бак.
8 — Кожух двигателя.
9 — Разгрузочный ковш.
10 — Площадка управления.
11 — Соединение для выгрузки бетона.

12 — Шкив вала, поднимающий его загрузочный ковш.
13 — Предохранительные штанги.
14 — Смесительный барабан.

Таблица 24

Номинальная емкость од- ной загрузки		Нормальн. производ. за 8 час. раб. день в м³ бетона	Производ. в п. м. бетона, дороги при ширин. 5 м и толщине плиты 0,15 м.	Мощность двигателя		В е с	Ш и р и н а	
м³	л. с.							
м³	м³					т	ф	с.м
7	0,20	48	58	5-7	3,0-3,3	6-7	183-213	
10	0,28	67	80	6-9	4,5-5,5	7-8	213-244	
14	0,40	96	116	8-14	7,4-9,0	8-9	244-274	
21	0,60	144	174	12-18	8,2-10,7	9-10	274-305	
27	0,76	180	217	18-25	12,3-14,3	10-11	305-335	
36	1,02	240	300	25-35	18 ---	12	366	

Данные о производительности взяты по каталогу. Фактическая производительность бетономешалки Е-27 по наблюдениям на работах в СССР 128 м³, т. е. 71%, производительности, указанной в каталоге. Расхождение отчасти объясняется тем, что экземпляры бетономешалок, выписанных из САСШ, применялись в СССР на работах малого масштаба и преимущественно на работах по устройству бетонных оснований под городские мостовые.

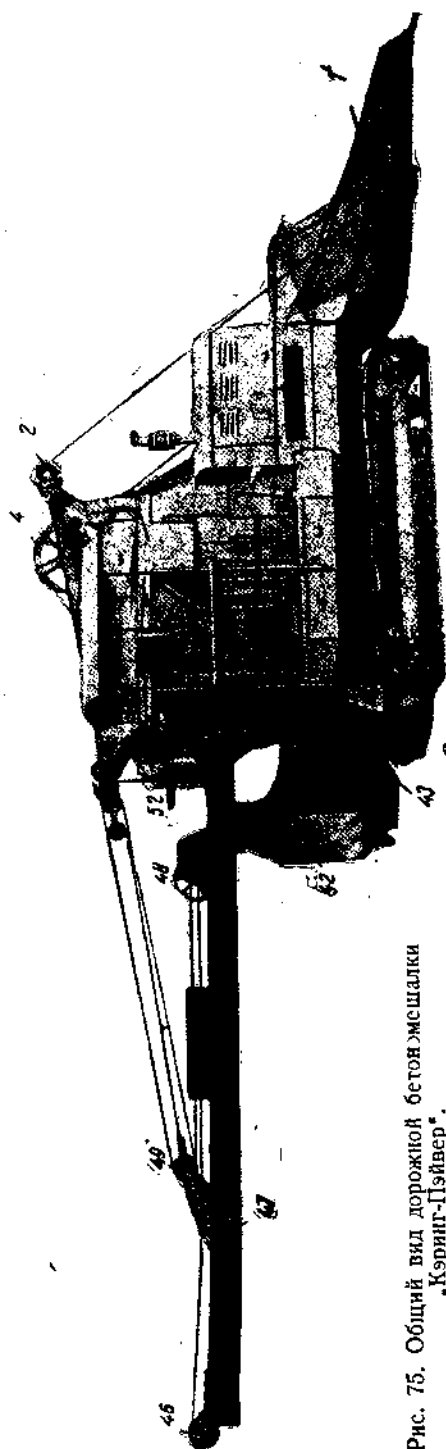


Рис. 75. Общий вид дорожной бетономешалки «Керинг-Пэйвер».

Подача материалов к бетономешалке может производиться в тачках и на носилках.

Для пропуска тачек от штабелей материалов по подготовленному основанию или земляному полотну к загрузочному ковшу бетономешалки прокладываются катальные доски.

При подноске материалов на носилках прокладка досок не обязательна — достаточно лишь освободить участок от ковша до штабелей от препятствующих переноске предметов и материалов: старой цементной тары, бракованного материала и пр. Расположение материала на полотне в этом случае показано на рис. 82.

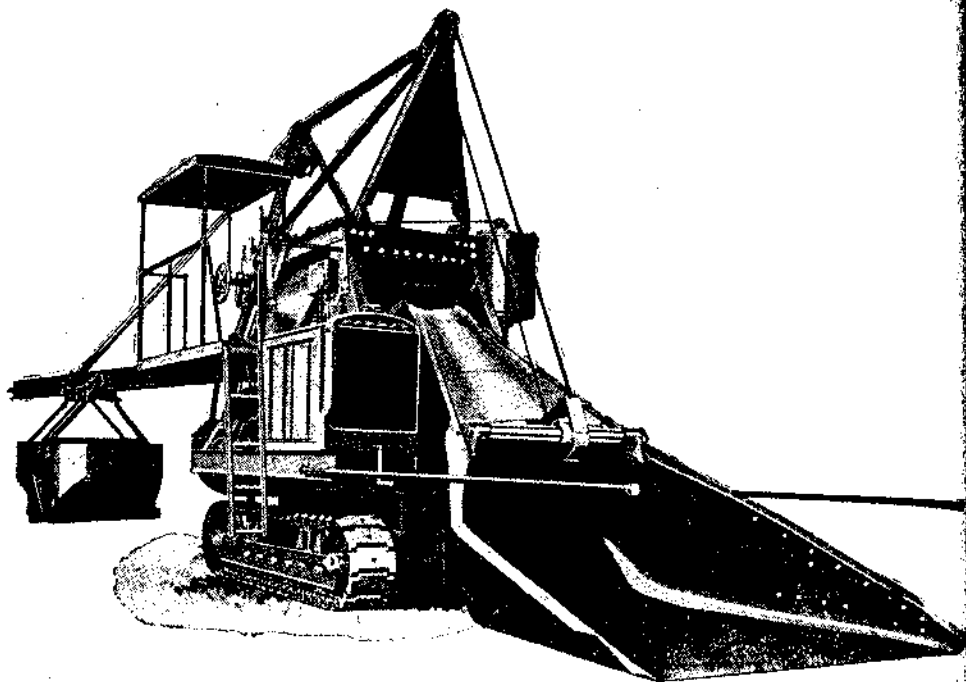


Рис. 76. Общий вид дорожной бетономешалки „Мульти-Фут“.

Применение тачечной возки и тем более переноски материалов на носилках почти всегда ведет к неполному использованию бетономешалок, хотя бы и малой емкости, поэтому эти способы загрузки ковша при большом масштабе работ не применяются, а материал подвозится к бетономешалке на автомобилях с опрокидывающимися кузовами (рис. 83), непосредственно из карьера, с камнедробильной установки или из крупных складов или поездом вагонеток специального типа со съёмными кузовами, с отделениями для каждой фракции инертных и для цемента (рис. 84 и 85). Кузова захватываются подъемным краном бетономешалки и опрокидываются в бетономешалку.

Примеры различных способов подачи материалов к бетономешалке подробно разобраны ниже.

Загрузка бетономешалки материалами для бетона производится отсыпкой составных частей бетонной массы в приемник — загрузочный ковш

стеномешалки — в определенной подбором бетона пропорции на один за-
мес (см. стр. 58).

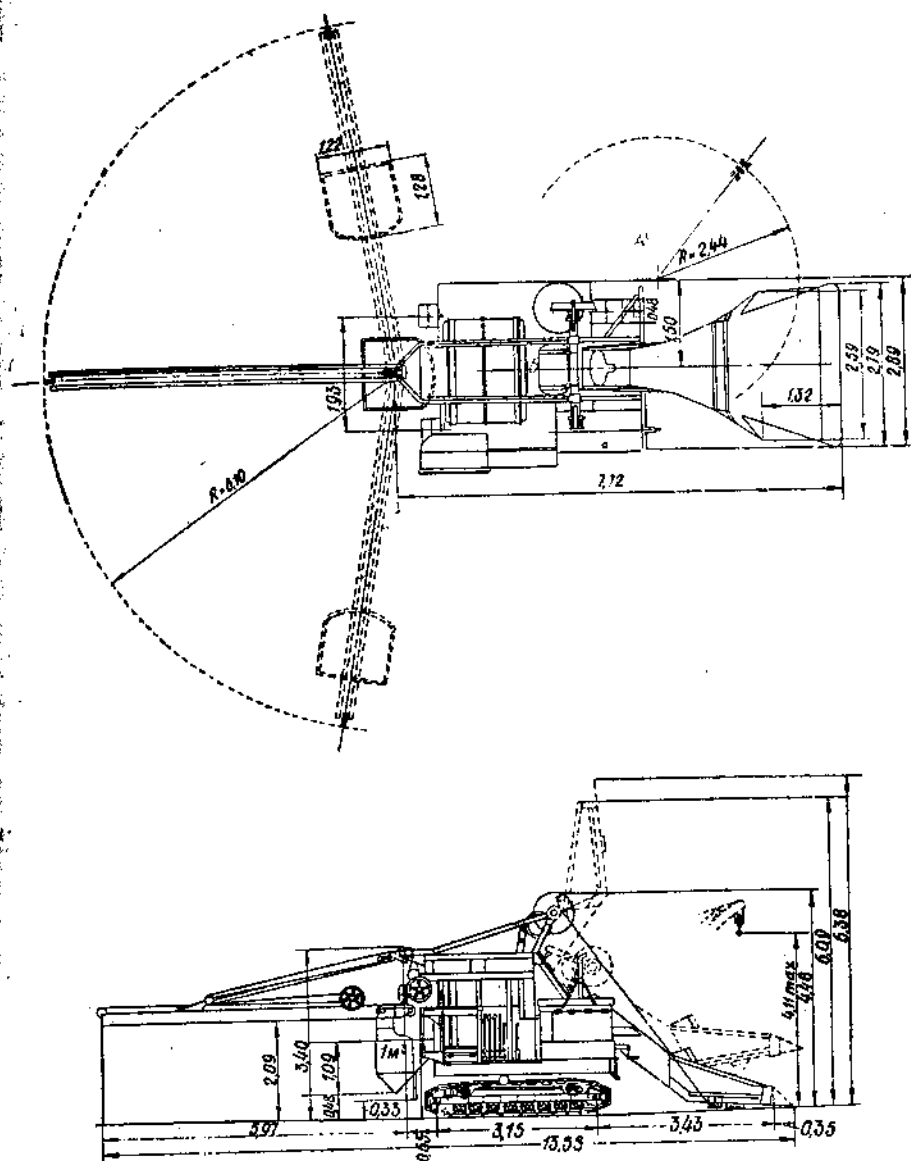


Рис. 77. Схема дорожной бетономешалки 27Е „Рекс-Пэйвер“.

гружается целыми мешками или боченками, а инертные в соответствующей пропорции отмеряются мерными ящиками, замеренные объемом тачки или, как уже указывалось выше, отдельными секциями специальных вагонеток. Емкость всех подобных ящиков фиксируется четкой надписью на них.

Нормальная емкость бетономешалок в зависимости от пропорции состава для американских „пэйверов“ указана в таблице 25.¹

Таблица

Пропорция состава бетона	№ 7 Е		№ 13 Е		№ 21 Е	
	цемента	бетона	цемента	бетона	цемента	бетона
1:1,5:3	0,057	0,20	0,085	0,30	0,160	0,61
1:1,5:3,5	0,057	0,22	0,085	0,33	0,170	0,66
1:2:3	0,057	0,22	0,085	0,33	0,170	0,67
1:2:3,5	0,028	0,12	0,085	0,36	0,142	0,60
1:2:4	0,028	0,13	0,085	0,39	0,142	0,64
1:2,5:4	0,028	0,14	0,057	0,28	0,113	0,55
1:2:5	0,028	0,15	0,057	0,29	0,113	0,58
1:2,5:5	0,028	0,16	0,057	0,31	0,113	0,62
1:3:5	0,028	0,17	0,057	0,33	0,113	0,66

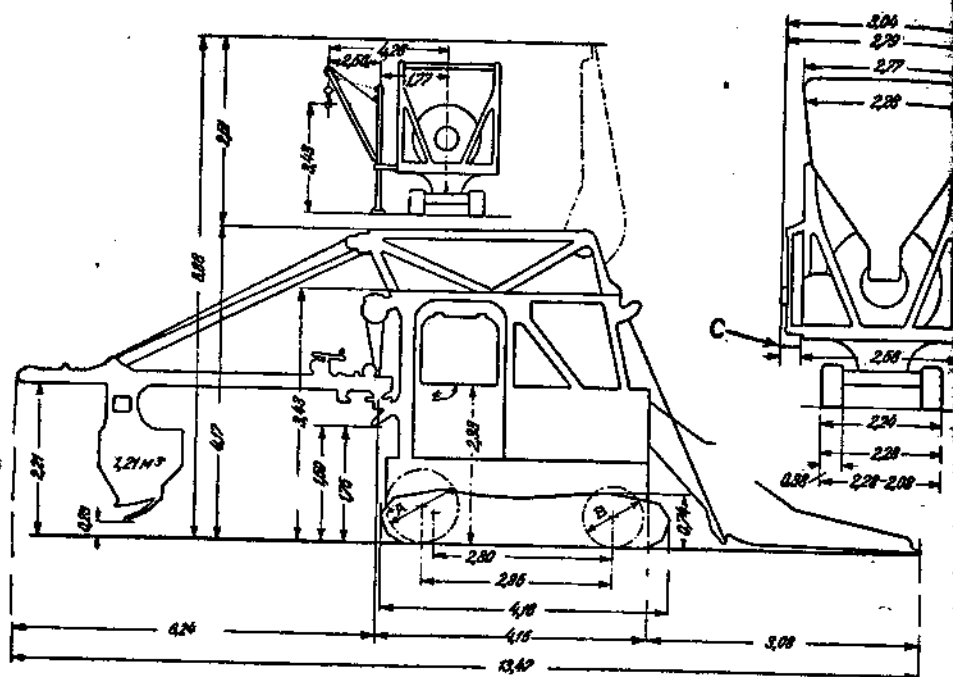


Рис. 78. Дорожная бетономешалка „Кэринг-Пэйвер“.

¹ В таблице исходной величиной было взято количество цемента на замес в круглых цифрах:

1 куб. ф. = 0,028 м³; 2 куб. ф. = 0,057 м³ и т. д.;

7 Е, 13 Е—условное обозначение бетономешалки по емкости ее ковша в куб. футах.

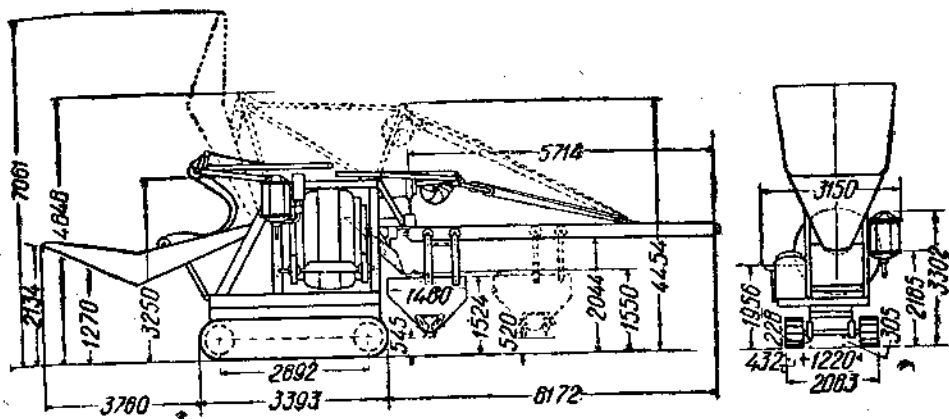


Рис. 79. Дорожная бетономешалка 'Мульти-Фут'. Вид сбоку и со стороны ковша.

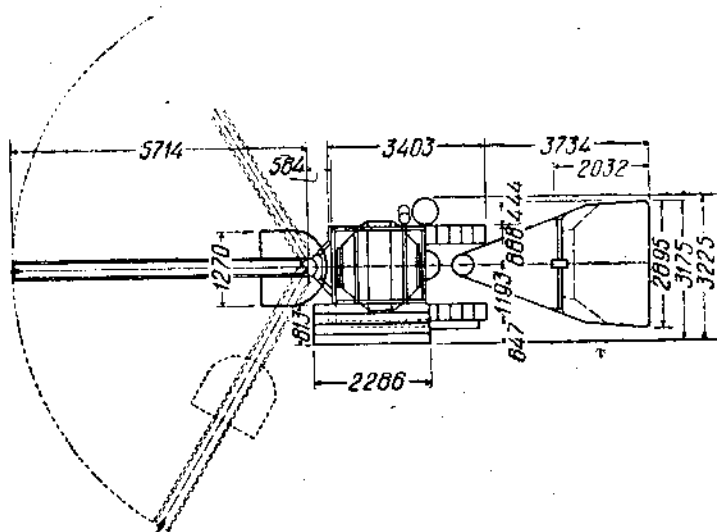


Рис. 80. Дорожная бетономешалка 'Мульти-Фут'. План.

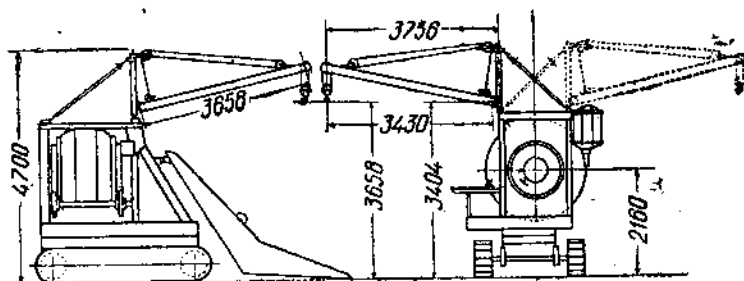


Рис. 81. Дорожная бетономешалка 'Мульти-Фут'. Кран для загрузки ковша различных положений. Стрела разгрузочного ковша не показана.

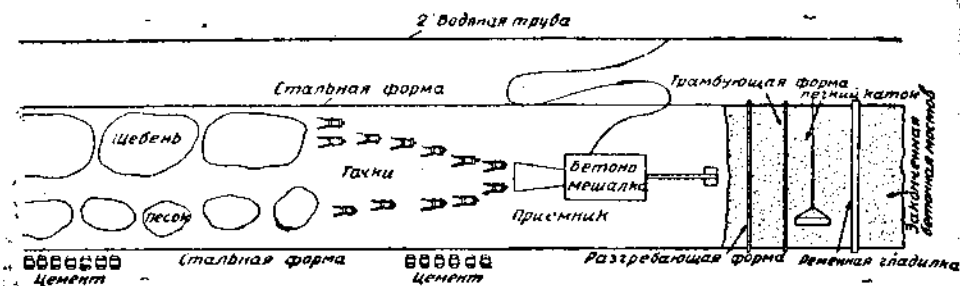


Рис. 82. Пример расположения материалов на земляном подотне при подвозке их к бетономешалке на тачках.

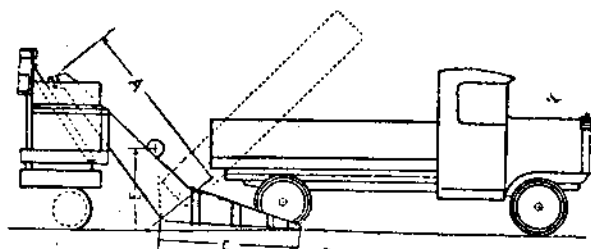


Рис. 83. Загрузка ковша бетономешалки автомобилем с опрокидывающимся кузовом.

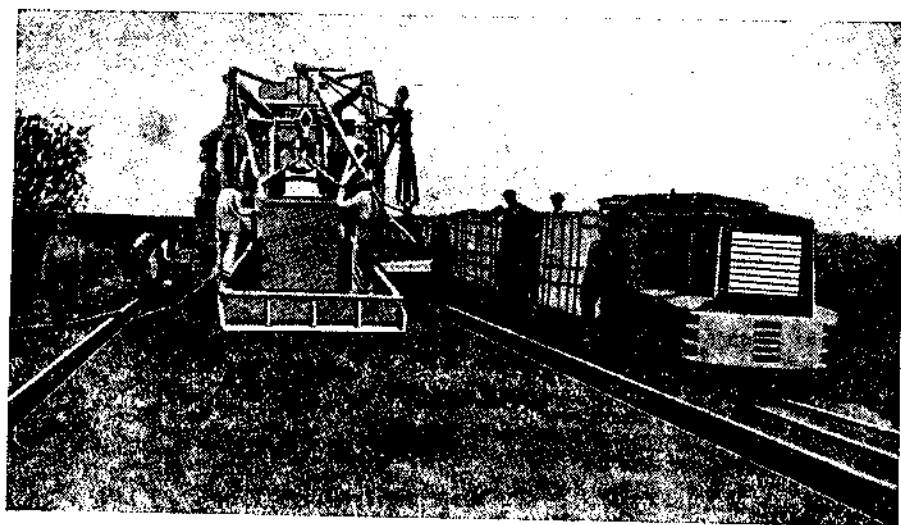


Рис. 84. Подача материалов к бетономешалке поездом вагонеток, с выгрузкой вагонеток в ковш поворотным краном бетономешалки.

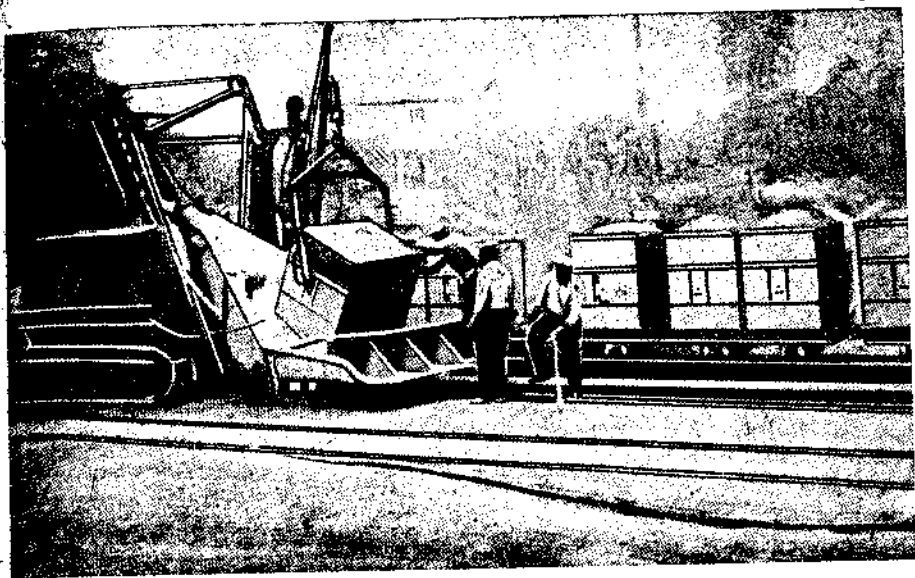


Рис. 85. Подача материалов к бетономешалке поездом вагонеток, с выгрузкой вагонеток в ковш поворотным краном бетономешалки.

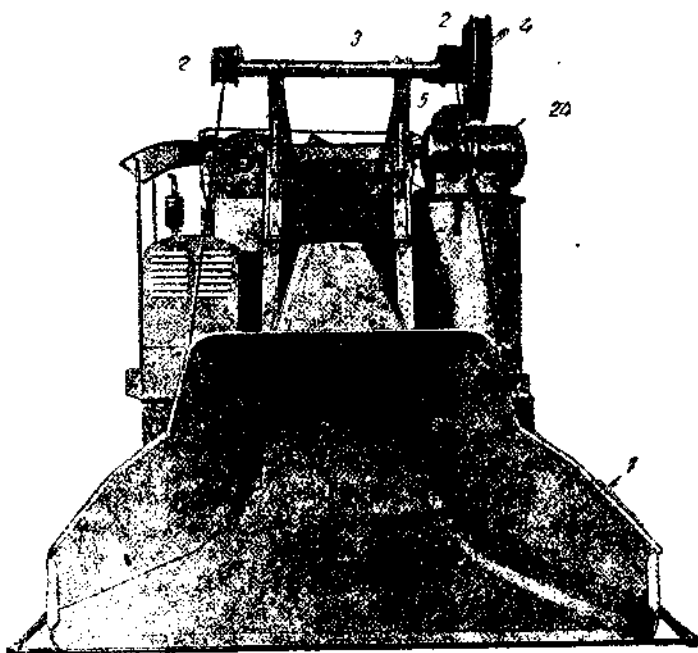


Рис. 86. Загрузочный ковш бетономешалки „Рекс-Пэйвер“.

Обычно цемент загружается в ковш бетономешалки одновременно со всеми другими частями бетона, но иногда применяется засыпка цемента в смесительный барабан и отдельно от инертных. В этом случае операция подачи цемента и засыпки должна быть организована так, чтоб не задерживать прочие операции.

Загрузочный ковш (рис. 86 и 87) представляет собой совок, широкий и открытый в передней своей части и постепенно суживающийся в виде желоба к заднему концу. Толщина днища и боковых стенок ковша 5—6 мм.¹

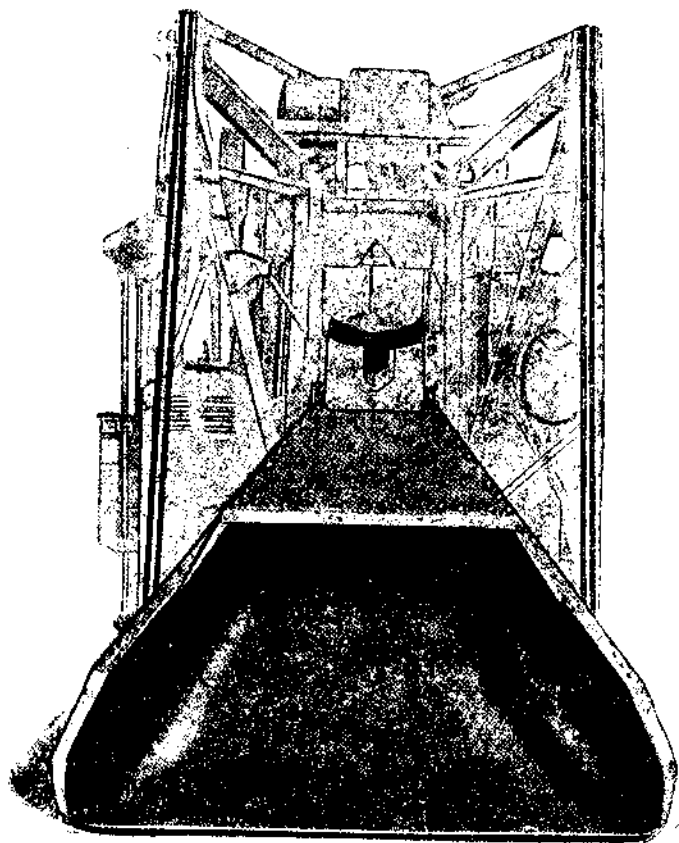


Рис. 87. Загрузочный ковш бетономешалки „Кэринг“.

Загрузочный ковш с помощью стального троса, диаметром 12 мм, подвешен к двум барабанам на верхнем валу машины 3.

Трос закреплен на этих барабанах и свободно огибает блоки, имеющиеся на ковше.¹

Вал с барабанами имеет еще желобчатый шкив (12 на рис. 74), на котором закреплен один конец второго троса, идущего к специальному конусному барабану 6 (рис. 88), где этот трос и закреплен.

¹ Бетономешалки Кэринг снабжены двойными тросами, а на бетономешалке Рекс-Пэйвер и Мульти-Фут тросы одиночные, что менее безопасно в случае обрыва троса (ковш весит 300 кг).

В задней суженной своей части загрузочный ковш шарнирно укреплен между двумя вертикальными стойками и при натягивании троса поднимается в вертикальной плоскости.

Конусный барабан (рис. 88) для подъема загрузочного ковша свободно вращается на главном рабочем валу бетономешалки, сцепляясь с ним для вращения при помощи дисковой муфты. При включении муфты, а барабана, начинает действовать автоматический особый тормоз, останавливающий и удерживающий барабан в том или ином положении. Муфта может выключаться от руки или автоматически самим ковшом при наивысшем его положении.¹

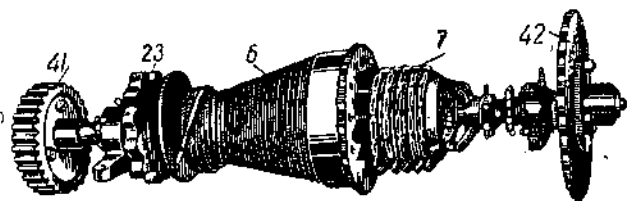


Рис. 88. Конусный барабан для подъема и опускания загрузочного ковша в бетономешалке „Рекс-Пэйвер“.

В бетономешалке Кэринг главный вал приводится во вращение через коробку скоростей (10 на рис. 89) от вала двигателя.

В бетономешалке Рекс-Пэйвер конусный барабан расположен отдельно от главного вала, в верхней части машины, и приводится в движение от двигателя через ряд передач (рис. 90).

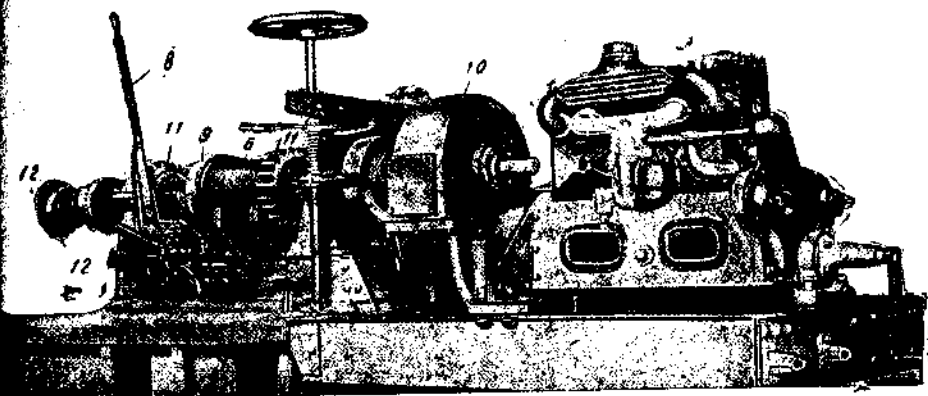


Рис. 89. Двигатель и передаточный механизм бетономешалки „Кэринг“.

Для ограждения пространства, занимаемого ковшом при подъеме, от посторонних предметов одновременно с ковшом поднимаются прикрепленные по его бокам две тяги, связанные в поперечном направлении между собою цепью.

После загрузки ковша цементом и инертными механизм подъема ковша приводится в движение, и поднятая ковшом порция цемента и инертных,

¹ Подробное сравнительное описание дорожных бетономешалок Рекс-Пэйвер и Кэринг-Пэйвер имеется в „Сравнительной характеристике дорожных машин“, кн. III, изд. 1932 г. ЦИАТ.

всыпается через желоб ковша в приемное отверстие смесительного барабана. Операция подъема загрузочного ковша занимает 30 сек.

Смесительный барабан, диаметром 1,65 м (рис. 89, 91 и 92), выполненный из 6-мм стали, опирается на 4 стальных ребордчатых ролика, вра-

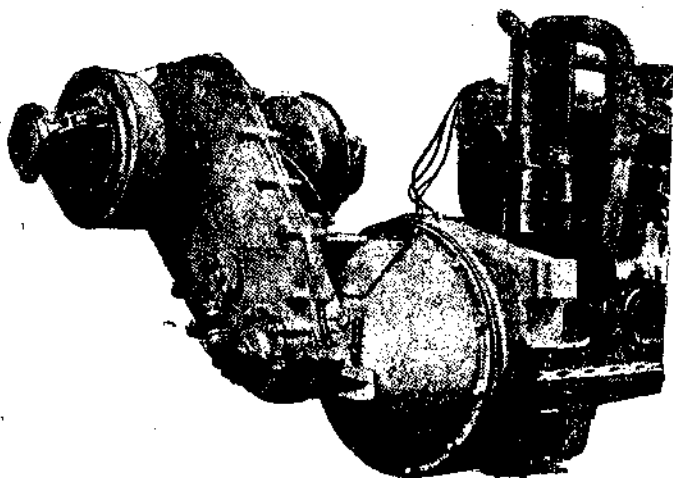


Рис. 90. Двигатель с передаточным механизмом.

шающихся в своих подшипниках на раме бетономешалки. Длина барабана 127—132 см.

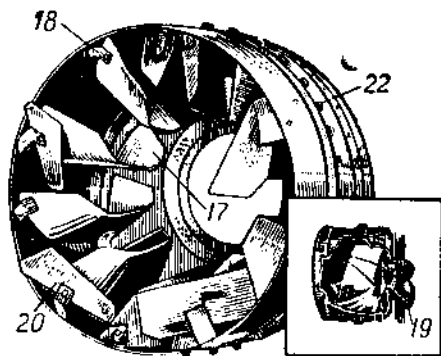


Рис. 91. Смесительный барабан бетономешалки „Рекс-Пэйвер“.

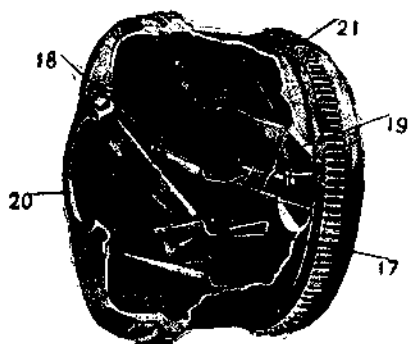


Рис. 92. Смесительный барабан бетономешалки „Кэринг“.

Для перемешивания смеси внутри барабана укреплены совки толщ. 6—10 мм, из высококачественной углеродистой стали. Для направления поступающей смеси в совки у входного отверстия барабанов, диаметром 600 мм, прикреплены 6—10 направляющих, а также способствующих перемешиванию ребер, выполненных из такой же стали.

Передача вращения смесительному барабану осуществляется или с помощью шестерни (Кэринг) или с помощью цепной передачи (Рекс). В первом

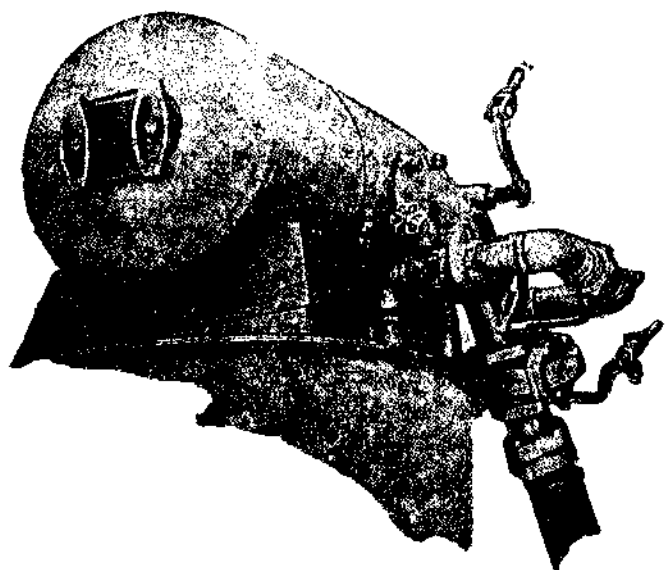


Рис. 93. Водяной резервуар в бетономешалке „Рекс-Пэйвер“.

случае барабан по краям охватывается двумя цилиндрическими зубчатыми поясами, сцепляющимися с соответствующими шестернями главного вала; во втором зубчатый пояс укреплен посредине барабана, и барабан вращается с помощью цепной передачи от цевочного колеса, сидящего на главном валу рядом с конусным барабаном. Смесительный барабан вращается со скоростью 15—17 об./мин.

Приготовление бетона в смесительном барабане производится в следующей последовательности. После поднятия загрузочного ковша материалы подаются внутрь барабана бетономешалки, где разбавляются водой в нужном количестве. Подача и норма воды должны быть строго отрегулированы.

Бетономешалки Рекс и Кэринг для этой цели снабжены водяным баком и механизмом для регулирования подачи воды.

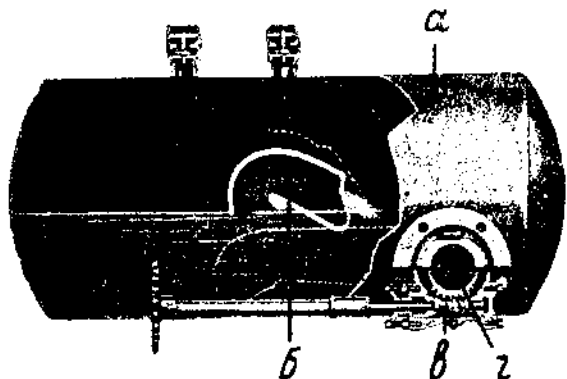


Рис. 94. Водяной резервуар и механизм для установки сифонной трубки в машине „Кэринг“.

Вода, необходимая для смешения, автоматически отмеряется в резервуаре, помещенном в верхней части бетономешалки (рис. 93 и 94). С помощью выпускной трубы отмеренная вода поступает в смесительный барабан, причем время, в течение которого она выливается, в точности равно времени, необходимому для загрузки материала в смесительный барабан.

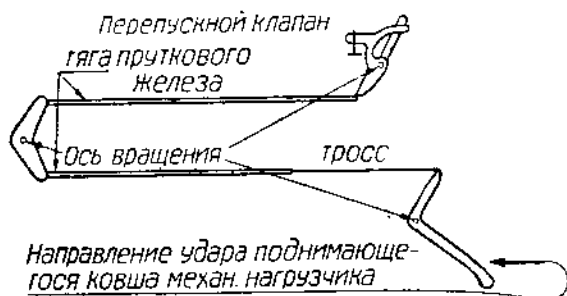


Рис. 95. Схема автоматического открытия водяного клапана в бетономешалке „Кэринг“.

ряд передач. Количество выливаемой в барабан воды регистрируется дисковым циферблатом, укрепленным к раме машины. Начало переливания воды из резервуара в барабан осуществляется автоматически загрузочным ковшом, который при окончании своего подъема нажимает на коленчатый рычаг (рис. 95), связанный стальным тросом и системой рычагов, показанных на рис. 96 с клапаном трубопровода, открывающим доступ воды из резервуара в барабан.

В бетономешалке Рекс-Пэйвер подача воды регулируется специальным прибором — индикатором (рис. 96), связанным одним рычагом с клапанами трубопровода водяного резервуара и другим рычагом с механизмом разгрузочного совка. Этот индикатор автоматизирует таким образом процесс, выпуская воду через определенные промежутки времени и включая механизм для разгрузки барабана. Время окончания смешения массы в барабане сигнализируется особым звонковым аппаратом, отмечающим кроме этого и количество замесов.

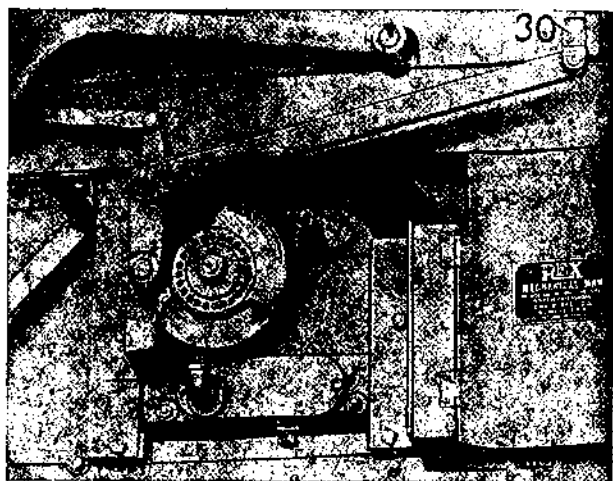


Рис. 96. Автоматический механизм для передачи воды из резервуара в барабан в бетономешалке „Рекс-Пэйвер“.

Перемешивание бетона в бетономешалке продолжается 1,0 — 1,5 мин. после того, как все материалы загружены в барабан; скорость вращения барабана должна быть 14 — 20 об./мин. (нормально 15 — 16 об./мин.).

Перемешивание бетона в бетономешалке продолжается 1,0 — 1,5 мин. после того, как все материалы загружены в барабан; скорость вращения барабана должна быть 14 — 20 об./мин. (нормально 15 — 16 об./мин.).

Цикл работы смесительного барабана от одной загрузки до следующей занимает 75 сек. времени, а именно:

- | | |
|--|---------|
| 1) подъем загрузочного ковша | 10 сек. |
| 2) заполнение смесительного барабана | 5 " |
| 3) смешивание бетона в барабане | 60—90 " |

За час времени, следовательно, возможно дать от 34 до 48 замесов. (За 8 часов работы от 272 до 384 замесов, т. е. от 204 до 288 м³).

Темпам работы смесительного барабана бетономешалки должны быть подчинены все остальные операции по постройке бетонной дороги, а из них наиболее трудно укладывающаяся в этот срок операция заполнения загрузочного ковша материалами.¹

Количество воды на каждый замес должно быть в строгом соответствии с влажностью инертных (см. гл. 7).

Вода для бетономешалки подается или из водопровода, или от насосной установки.

Разгрузка бетономешалки и передача готового бетона на полотно. Для разгрузки смесительного барабана от готовой (перемешанной) массы перед выходным его отверстием подвешен стальной разгрузочный совок — желоб 19 (рис. 87, 88 и 99).

В бетономешалке Кэринг совок для разгрузки барабана, при вращении барабана, находится внутри него, играя ту же роль, что и прочие совки 17. В бетономешалке Рекс совок находится все время вне барабана и может быть вдвинут внутрь барабана только для разгрузки его.

Движение совку бетономешалки Кэринг передается от главного вала бетономешалки, включением одной из конических шестерен 12 (рис. 84),

¹ Быстрота постройки бетонной дороги обуславливается в САСШ исключительно темпами работы бетономешалки.

Работа не может быть ускорена ни особенно быстрой доставкой материалов, ни увеличением скорости работы финишера. Загрузка ковша в САСШ всегда механизирована.

Качество же бетона зависит во многом от срока перемешивания. Поэтому, естественно, что технические условия требуют соблюдения минимального срока перемешивания в 60—90 сек., а иной раз и большего.

Многие исследовательские работы в САСШ сосредоточились на изучении вопроса, чему равен тот минимальный срок перемешивания, при котором получается вполне удовлетворительно перемешанный бетон. Работы, начатые еще в 1924 г., показали, что при вполне налаженной работе бетономешалки 60 сек. достаточно, чтобы получить хорошего качества бетон.

В целях достижения большей производительности, без увеличения размеров бетономешалок, в Чикаго при уширении бетонной дороги, на 3 м применялось сдвигание бетономешалок. Первая из них производила предварительное перемешивание, передавая бетонную массу в барабан второй бетономешалки, которая заканчивала перемешивание и подавала бетон на полотно.

Схема параллельной работы бетономешалок показана на рис. 205 стр. 170.



Рис. 97. Звонковый аппарат, контролирующий время смешения бетонной массы.

вращающихся в нужном направлении. Машина снабжена ручными и автоматическими переключателями, регулирующими положение совка 19.

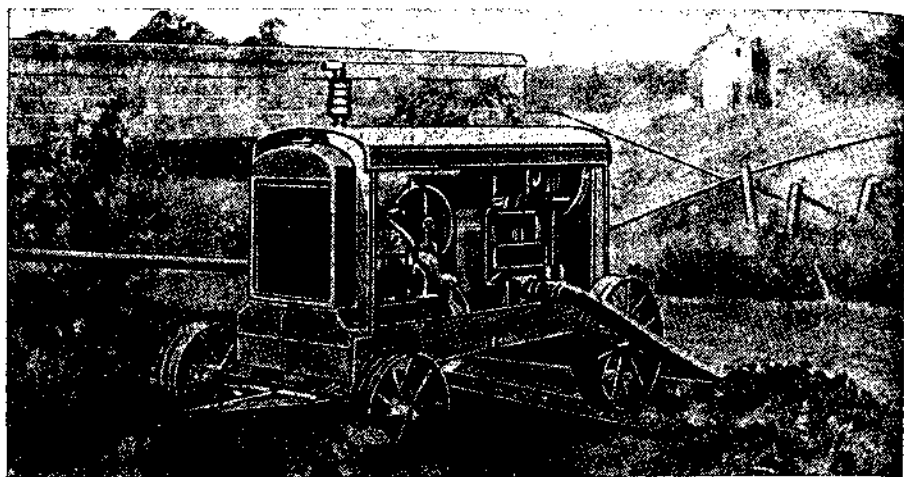


Рис. 98. Передвижная насосная установка для подачи воды на строящуюся бетонную дорогу.

В бетономешалке Рекс-Пэйвер подача совка внутрь барабана и его автоматическое выключение из дальнейшего движения производится с помощью включения специальной червячной передачи от шестерни, сидящей на конце главного вала. Вращением червячной передачи совок подается внутрь барабана. При крайнем положении совка он выходит из соединения с передачей и остается в этом положении для разгрузки до момента возвращения его в холостое положение.

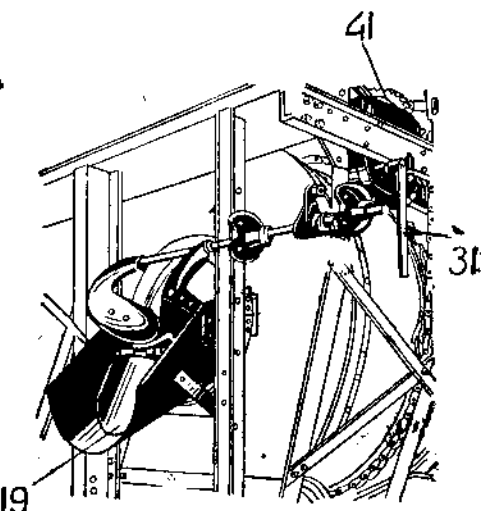


Рис. 99. Разгрузочный совок бетономешалки „Рекс-Пэйвер“.

Перемешанный в барабане бетон через совок 19 поступает в перемещающийся по стреле, длиною в 6 м (рис. 100—102), разгрузочный ковш, открытый в верхней своей части.

Опорожнение барабана начинается в тот момент, когда загрузочный ковш достигает своего наивысшего положения и продолжается 8—10 м. Подача нового материала в барабан начинается еще за 2 сек. до окончания его разгрузки. Сопоставляя эти цифры, мы видим, что часть бетонной массы продолжает перемешиваться и при разгрузке барабана, успевающего при скорости 15 об./мин. совершить при этом два оборота. Для разгрузки ковша от бетонной массы он снабжен откидным, на шарнирах, днищем, могущим быть автоматически открытым при любом положении ковша на стреле.

Механизм для передвижения ковша по стреле состоит из барабана 44 (рис. 103) с перекинутым несколько раз через него стальным тросом.

Барабан по торцам наглухо соединен с двумя коническими шестернями, входящими в систему фрикционной передачи. Эта система приводится в движение от зубчатого колеса барабана (в типе Кэринг) или цепной передачей от колеса, сидящего на конце главного вала машины (Рекс-Пэйвер). Включение рукоятки и сцепление той или другой пары конических шестерен сообщает барабану вращение в требуемом направлении.

Трос, сматываясь с барабана, оглаивает направляющие блоки у барабана, неподвижные блоки 46 (рис. 103) на конце стрелы и блоки, соединенные с разгрузочным ковшом. Ковш передвигается по нижним полкам стрелы, опираясь на них роликами.

Открытие днища в одном крайнем положении ковша и закрытие его в другом положении производится автоматически — откидыванием фасонного рычага кронштейна, связанного тягой с днищем ковша (рис. 102). Этот рычаг при приближении ковша к концу стрелы ударяется о специальное плечо кронштейна и, отклоняясь вниз, опускает тягу днища, тем самым открывая его. Одновременно удар передается и другому рычагу, связанному тягой с рукояткой, выключающей барабан 44.

В другом конце стрелы днище ковша закрывается воздействием другого рычага кронштейна. Кронштейны могут переставляться вдоль стрелы, фиксируя место разгрузки бетона.

Открытие днища ковша при промежуточном его положении осуществляется с помощью моментальной остановки движущегося ковша и дачей обратного хода, при котором за счет сил инерции рычаг, закрепляющий днище, отклоняется и последнее раскрывается.

Рис. 101. Распределение выгружаемого бетона в виде невысокой призмы, удобной для разравнивания.

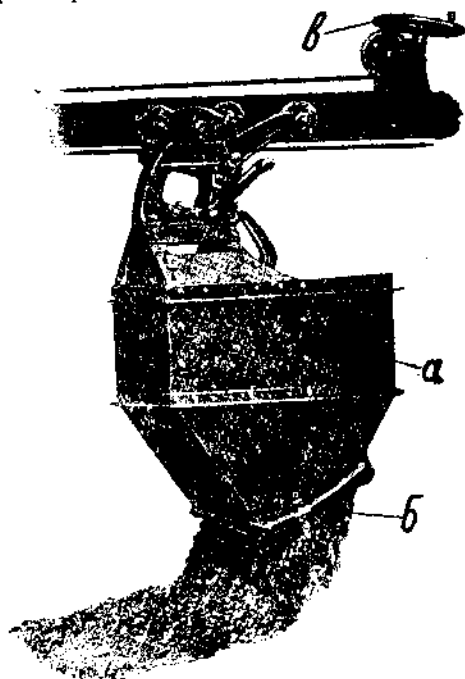


Рис. 100. Разгрузочный ковш бетономешалки „Кэринг“.

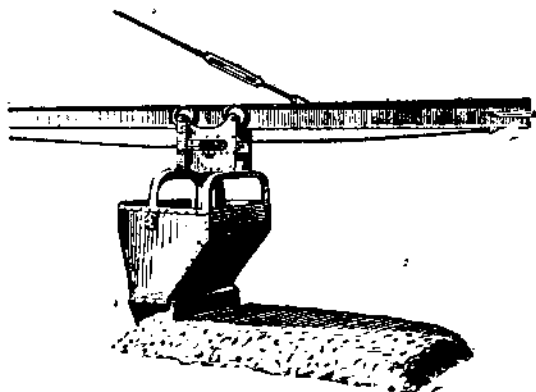


Рис. 101. Распределение выгружаемого бетона в виде невысокой призмы, удобной для разравнивания.

Стрела, поддерживающая разгрузочный ковш (рис. 100—103), выполнена из двух балок коробчатого профиля. Вращение стрелы в вертикальной плоскости осуществляется ручным способом от маховика с червячной передачей и барабаном, на который наматывается стальной трос, огибающий блок 49 в конце стрелы и закрепленный другим концом в верхней части рамы бетономешалки. Вращение стрелы в горизонтальной плоскости (угол поворота до 160°) осуществляется маховиком 50 с помощью двух цилиндрических колес червяка 51 и червячного сектора 52, сидящего на одной вертикальной оси со стрелой (рис. 102 и 103).

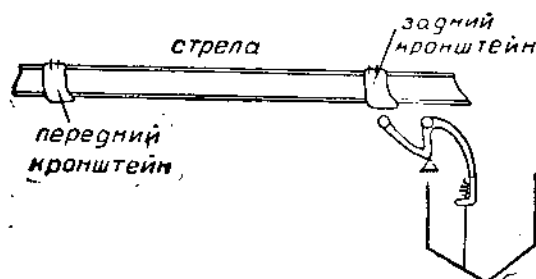


Рис. 102. Схема действия механизма для открытия и закрытия днища ковша.

Таблица 26

Остальные данные о бетономешалках Рекс-Пэйвер и Кэринг-Пэйвер.

	Кэринг Е = 27	Рекс Е = 27
Скорости движения: вперед	2,8 и 1,2 км/час.	2 скорости
назад	0,8 км/час.	2 скорости
Вес	15730 кг	14300 кг
Длина и ширина	$13,5 \times 3,04$ м	$13,7 \times 3,87$ м
Высота (при поднятом ковше):	6,69 м	6,55 м
Наибольшая ширина загрузочного ковша	2,77 м	2,84 м
Диаметр смесительного барабана	1,26 м	1,69 м
Длина	1,68 м	1,32 м
Емкость барабана (геометрич.)	2 м ³	2,87 м ³
Диаметр входн. и выходн. отверстия	61 см	61 см
водяного бака	0,46 м	0,50 м
Емкость	0,14 м ³	0,17 м ³
Высота и ширина разгрузочн. ковша	$1,07 \times 1,22$ м	$1,07 \times 1,22$ м
Число цилиндров и мощн. двигателя	4; 35 HP	6; 45 HP
Диаметр цилиндра и ход поршня	113/159 мм	111/130 мм
Скорость вращения	1100 об./мин.	1260 об./мин.
Длина и ширина гусеницы	$4,18 \times 0,38$ м	$3,84 \times 0,35$ м
Давление на грунт	0,6 кг/см ²	0,65 кг/см ²

Двигатели с водяным охлаждением. Эта система охлаждения не совсем удовлетворительна, так как при непрерывной 8-часовой работе воду для охлаждения двигателя приходится менять. В бетономешалке типа Рекс-Пэйвер вода все время циркулирует через специальный бак по змеевику, частично охлаждаясь в этом баке, являющимся напорным резервуаром бетономешалки.

Бетономешалка монтирована на раме, опирающейся на гусеничный ход (рис. 104—105).

Обслуживающий персонал бетономешалки:

Механик	— 1
Пом. механика	— 1—2
Загрузка ковша	— 24 рабочих
Подача цемента	— 2 рабочих
Расход бензина 2-го сорта	— 60—100 л. в день
автола и тавота по	— 1—2 кг

Сравнивая дорожные бетономешалки Рекс-Пэйвер и Кэринг-Пэйвер, надо отметить, что обе они являются одинаково пригодными для постройки бетонных дорог и бетонных оснований под другие типы дорог.

Бетономешалка Кэринг-Пэйвер обладает сравнительно более простой конструкцией, поэтому может обслуживаться менее квалифицированной рабочей силой.

Перемешивание в этой бетономешалке производится немного лучше, чем в бетономешалке Рекс.

Зато последняя имеет устройство для охлаждения двигателя и автоматическое включение разгрузочного совка.

Выработать из этих двух типов один, вполне удовлетворяющий всем запросам, мешают в САСШ, очевидно, специфические условия конкуренции между фирмами. Схожая с ними и более поздняя по своему выпуску бето-

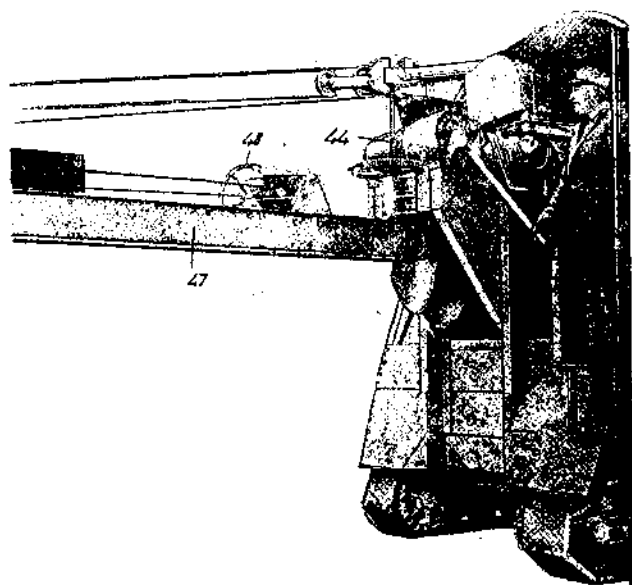


Рис. 103. Механизм для управления разгрузочным ковшом и стрелой в бетономешалке „Рекс-Пэйвер“.

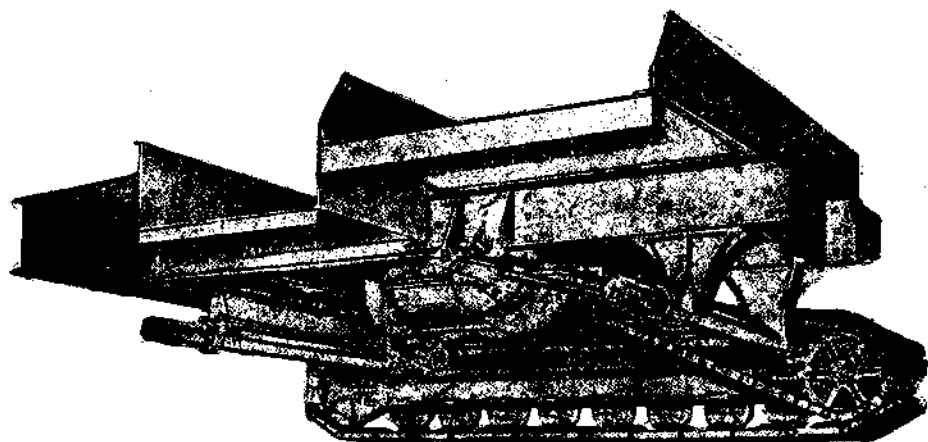


Рис. 104. Гусеничный ход и коробка скоростей бетономешалки „Рекс-Пэйвер“.

номешалка Мульти-Фут (рис. 71 и 76) в СССР неизвестна по своей работе, в то время как обе первые бетономешалки себя на работах зарекомендовали вполне хорошо.

Нормы выработки и расценки. На основании наблюдений при работах с бетономешалками Рекс-Пэйвер в СССР на постройке бетонных оснований

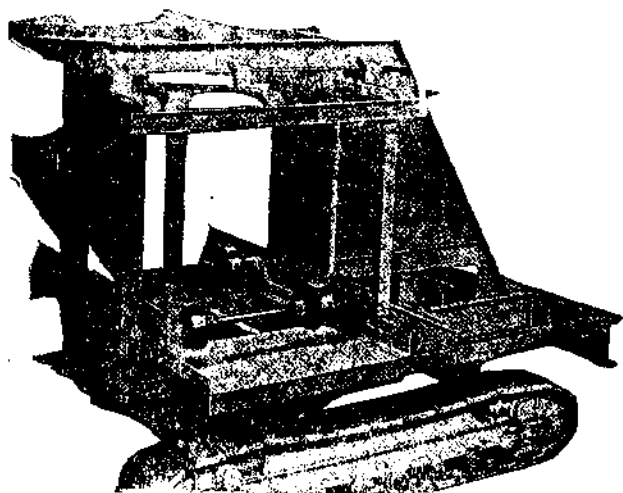


Рис. 105. Рама бетономешалки „Рекс-Пэйвер“.

усовершенствованных типов покрытий установлены следующие нормы времени и выработки, вошедшие в официальный свод „Единые нормы выработки

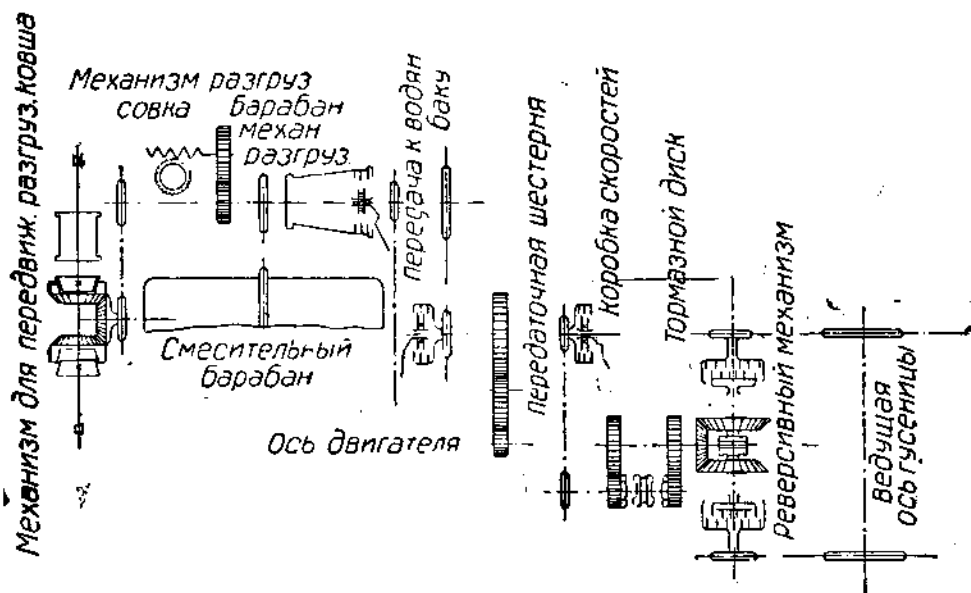


Рис. 106. Схема передаточных механизмов бетономешалки „Рекс-Пэйвер“.

и расценки по строительному производству на 1933 год“ по разделу „Дорожные работы“.

Механическое приготовление бетона бетоньеркой системы Рекс-Пэйвер (загрузка формами-самосвалами).

- Состав работы:
1. Подъем, выгрузка и спуск ковша.
 2. Перемешивание бетона в барабане.
 3. Выгрузка бетона по стреле.
 4. Перемещение Рекс-Пэйвер.
 5. Обслуживание механизма во время работы.

Таблица 27

Нормы и расценка на 1 м³ бетона.

Место работы	На линии	Примечание
Колич. замесов	200	
Нормы времени	0,053	1. Принято: 1 замес бетона в 0,75 м ³ . 2. Продолжительность перемешивания бетона — 1,5 минуты. 3. Настоящий параграф предусматривает работу лишь машиниста, обслуживающего механизм. Работа по загрузке материалов нормируется отдельно.
Нормы выработки	150	
Расценка	—05	

Механическое приготовление бетона бетономешалкой системы Рекс-Пэйвер (ручная загрузка).

- Состав работы:
1. Подъем, выгрузка и спуск ковша.
 2. Перемешивание бетона в барабане.
 3. Выгрузка бетона в форт-самосвал.
 4. Обслуживание механизма во время работы.
 5. Перемещение бетономешалки (при работе на линии).

Таблица 28

Нормы и расценка на 1 м³ бетона.

Место работ	На базе	На линии	Примечание
Количество замесов	200	140	
Нормы времени	0,053	0,076	1. Принято: 1 замес бетона в 0,75 м ³ . 2. Продолжительность перемешивания бетона — 1,5 мин. 3. Настоящий параграф предусматривает работу лишь машиниста, обслуживающего механизм. Работа по загрузке материалов нормируется отдельно.
Нормы выработки	150	105	
Расценка	—05	—07	

В том же официальном своде приводятся и нормы на ручное приготовление бетона с кирпичным щебнем. Эти нормы приводятся ниже для сравнения. Ручное приготовление бетона, как правило, применяться не должно.

Ручное приготовление бетона с кирпичным щебнем.

- Состав работы:
1. Нагрузка с отмериванием песка и щебня на тачки.
 2. Доставка песка и щебня на боек.

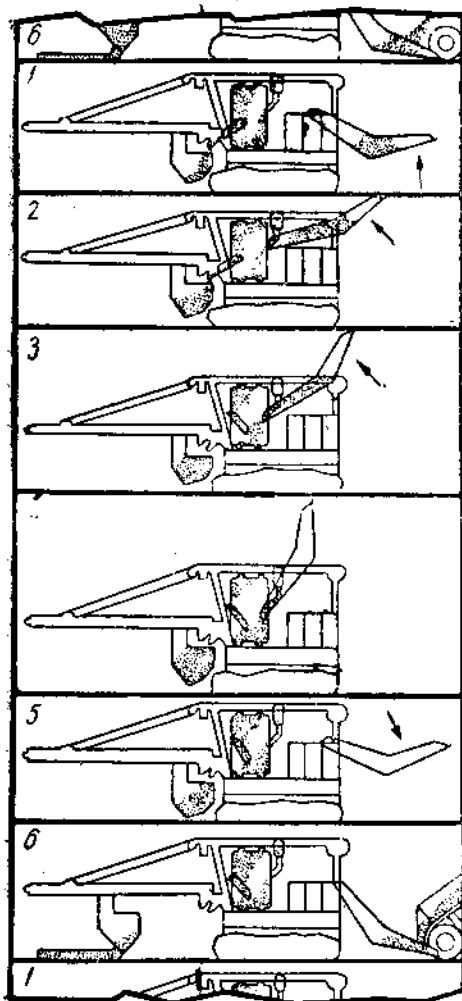


Рис. 107. Схема работы бетономешалки.

3. Доставка цемента на боек.
4. Откупоривание бочек и вскрытие мешков с цементом.
5. Отмеривание цемента с высыпкой его.
6. Ручное перемешивание сухой смеси (гарцовка).
7. Доставка воды.
8. Ручное перемешивание бетона.
9. Поливка бетона водой во время перемешивания.
10. Очистка бойка.

Таблица 29

Нормы времени и расценка на 1 м³ бетона.

Нормы времени	3,0
Нормы выработки	2,68
Расценка	1—21

Бетономешалки других фирм. Для работ небольшого объема, для ремонта бетонных дорог и для постройки мостовых в узких улицах целесообразно применять машины меньшей производительности и большей подвижности.

Ниже приводятся несколько примеров таких машин других фирм.

На рис. 108 показана немецкая бетономешалка Егер-Пэйвер. Барабан диам. 1,07 м, емкостью 10 куб. ф. = 0,28 м³ с 4-цилиндровым 10—15-ти сильным двигателем.

Особенность конструкции — подача готового бетона по желобу дл. 4,2 м, причем выпуск бетона из желоба может производиться в трех местах по его длине. Вес — 3,8 т. Этот тип бетономешалок изготовляется емкостью 0,28; 0,38 и 0,60 м³.

В зависимости от консистенции бетона изменяется наклон желоба. Бетономешалки подобного типа пригодны больше для литого бетона, чем для бетона пластического.

Применение же литого бетона для дорожных работ является нежелательным в виду малой толщины бетонной плиты и особой опасности, которую представляет в данном случае возможность дезинтеграции бетонной массы, поэтому в последних моделях Егер-Пэйвер желоб заменен стрелой с разгрузочным ковшом по американскому типу.

Примером значительно переконструированной, по сравнению с американскими, машиной может служить бетономешалка системы Зондгоффен (рис. 200), применявшаяся в частности и на упоминаемой ниже (на стр. 168) постройке дороги Лангви-зен-Вагенхаузен (Швейцария).

Материалы в смесительный барабан в этой бетономешалке подаются помощью загрузочного ковша, подъем которого вверх к барабану производится на колесах по наклонно установленной паре рельс. Подъемное усилие от мотора бетономешалки сообщается ковшу парой тросов.

Смесительный барабан бетономешалки с двойным механизмом смешения¹ расположен в верхней части машины. Емкость барабана — 0,5 м³. Готовая смесь через по барабана поступает в горловину разгрузочного ковша с открывающимся дном.

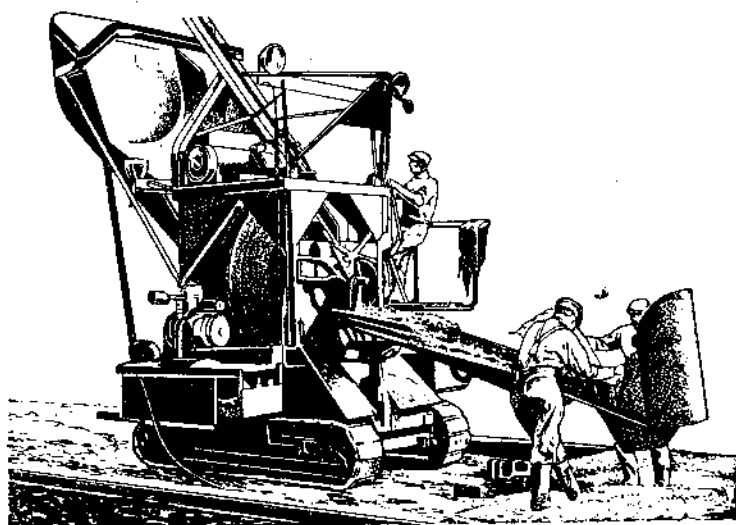


Рис. 108. Бетономешалка „Егер-Пэйвер“ емкостью 10 куб. ф. = 0,28 м³.

Этот ковш имеет движение по стреле (с выносом в 8 м) на роликах и для загрузки бетона входит по стреле во внутрь рамы под барабаном. Горизонтальный возможный угол поворота стрелы 90°. Питание водой из бака емкостью 200 л. Бетономешалка имеет два передних хода со скоростью 1,7 и 3,5 км/час и один ход назад. Мотор 2-цилиндровый в 20 л. с. на нефти. Бетономешалка на колесах с широ-

¹ В американских бетономешалках смешение бетона при вращении барабанов происходит под действием собственного веса материалов, составляющих бетонную массу; перемешиванию способствуют лопасти, расположенные по внутренней поверхности барабана. В машинах двойного перемешивания устраиваются лопасти, вращающиеся в направлении обратном вращению барабана. Этим значительно ускоряется операция перемешивания бетона. Бетономешалки неподвижные, вращающимися лопастями носят наименование бетономешалок с принудительным перемешиванием. Значительное преимущество их — возможность постоянного наблюдения за перемешиванием бетона, так как большинство их открытого типа. Бетономешалки с принудительным и двойным перемешиванием требуют двигателей большей мощности и более громоздки.

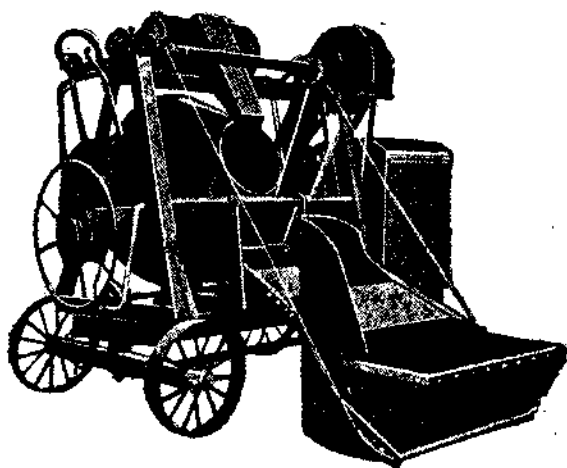


Рис. 109. Бетономешалка Милларс.

кими рифлеными ободами. Вес машины около 15 т. Один машинист управляет подъемом материалов и смесительным барабаном. Второй — поворотным механизмом и разгрузочным ковшем. Машина может обслуживать без передвижки участок шириной 6 м и длиной 8 м. Отзывы о работе этой машины по немецким данным — благоприятные: производительность доведена до 54 замесов в час.

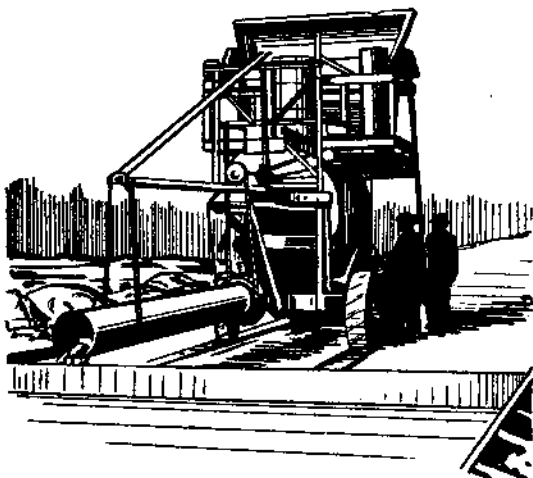


Рис. 110. Бетономешалка с выпускной трубой.

поднимать или опускать, смотря по тому, в Опрокидывание бадьи — очень легкое — производится также вручную. Машины изготовляются емкостью 0,17; 0,30; 0,50 и 0,70 м³. Вес от 4 до 9½ тонн.

На рис. 110 приведен вариант, разгрузки бетономешалки помощью вращающейся трубы, соединенной со смесительным барабаном (бетономешалка „Чикаго“).

Немецкая бетономешалка Эйрих (рис. 111) дает еще одно разрешение вопроса подачи бетона на дорожную одежду (помощью вагонеток).

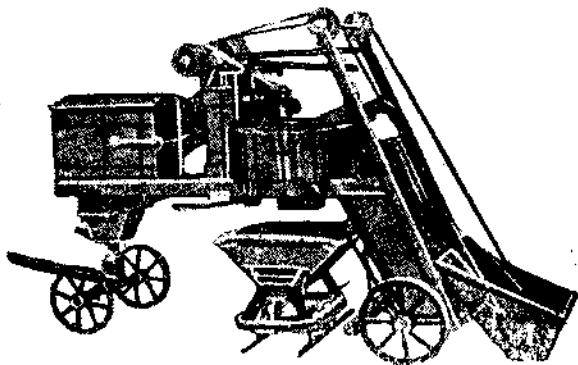


Рис. 111. Бетономешалка Эйрих.

11. УКЛАДКА И ОБРАБОТКА БЕТОНА.

Выгрузка и разравнивание бетона. Бетон, поступающий из разгрузочного ковша бетономешалки, должен ложиться на возможно большую площадь основания. С целью равномерного распределения бетона, некоторые бетономешалки (напр., Зонтгофен) снабжены специальными разравнивающими приспособлениями; в большинстве случаев для более равномерного распределения бетона разгрузочный ковш после его открытия пропускают по стреле несколько дальше того места, где установлен упор, открывающий ковш (рис. 100—101).

После каждой передвижки бетономешалки производится исправление основания или песчаного слоя, поврежденного при проходе бетономешалки, и укладка бетона допускается лишь после исправления (см. гл. 9).

Укладка бетона производится без перерыва в работе от стыка плиты до стыка.

В случае необходимости перерыва в работе, уложенный бетон покрывают смоченными рогожами или мешками, а по возобновлении работ надсекают оставшуюся неотделанной поверхность, очищают промывкой и смачивают, а затем уже приступают к укладке вновь приготовленного бетона, или же устраивают „рабочий шов“, описанный ниже на стр. 139.

Бетон, прилипающий к стенкам барабана и разгрузочного ковша, периодически счищается и выбрасывается.

Точно также после перерыва в работе удаляют оставшиеся в барабане и ковше порции бетона.

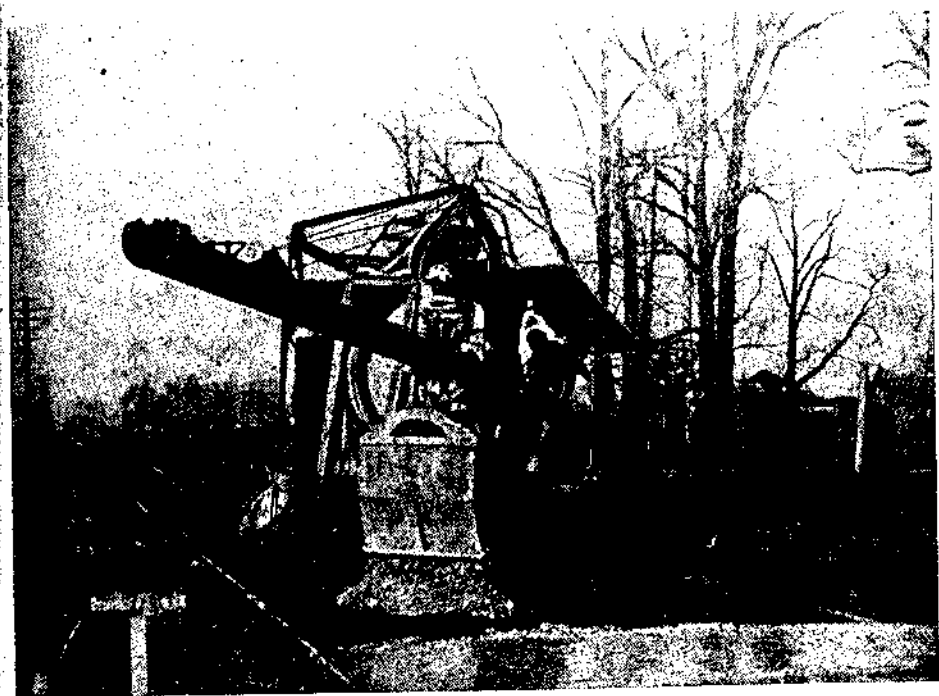


Рис. 112. Бетономешалка „Кэринг-Пэйвер“ на работе по постройке бетонной одежды на шоссе Ленинград—Москва (опытная станция ЛАДИ).

Все эти мероприятия проводятся с целью обеспечения надлежащего сцепления бетона и предупреждения образования отдельных схватившихся вкраплений в бетоне. С той же целью недопускается перемешивать уже приготовленный бетон с дополнительной добавкой воды. Передопачивание бетона без добавки воды в отдельных случаях допускается.

Для предотвращения потери влаги бетонной массой при ее укладке и улучшения условий схватывания, песчаное основание увлажняется поливкой до полного насыщения песка водою. В случае дождливой погоды, наоборот, воде, собирающейся в корыте, обеспечивается свободный выход с тем, чтобы излишек содержания воды в бетоне не изменил бы его консистенции.

Ручная обработка бетонной одежды. Поступивший из бетономешалки на полотно дороги бетон подвергается предварительному грубому разравниванию по площади основания. Разравнивание выполняется обычными металлическими лопатами. Бетон, выгруженный ковшом бетономешалки отдельными призмами, (рис. 101) разгребается лопатами на большую площадь слоем, незначительно (на 3—4 см) превышающим проектную высоту плиты.

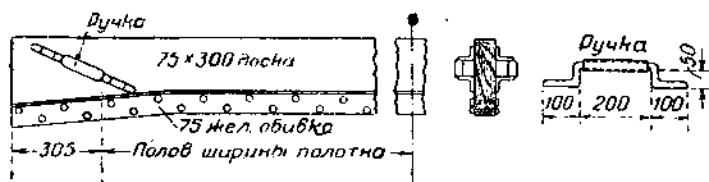


Рис. 113. Доска для ручного профилирования бетона.

Разравнивание граблями и вилами не допускается, так как при этом происходит нежелательная пересортировка инертных составных частей бетона по крупности.

Следующей рабочей операцией является профилирование, имеющее целью придать поверхности бетона требуемый проектом поперечный профиль. Ручное профилирование производится при помощи шаблона, деревянного или металлического. Низ шаблона точно соответствует очертанию поперечного профиля, но расположен на 5—6 мм выше проектного очертания, так как под действием последующей обработки бетон несколько осядет; длина шаблона на 40—60 см превышает расстояние между формами. При деревянных шаблонах низ шаблона обычно обивается железом (рис. 113).



Рис. 114. Ручное трамбование бетона.

Шаблон протаскивается вдоль дороги по формам. Передвижение шаблона нужно производить поочередно с каждого конца шаблона примерно по 0,50—0,60 м за одно передвижение.

Шаблон протаскивается вдоль дороги по формам. Передвижение шаблона нужно производить поочередно с каждого конца шаблона примерно по 0,50—0,60 м за одно передвижение.

Перед профилирующим шаблоном должен всегда иметься некоторый избыток бетонной массы, в противном случае на поверхности плиты могут образоваться углубления, заполнение которых после протаскивания шаблона затруднительно.

Отпрофилированный участок дороги длиной 5—6 м подвергается затем трамбованию, которое производится трамбовкой весом до 80 кг, представляющей собой также шаблон, точно соответствующий поперечному проектному профилю (рис. 114 и 115).

Иногда, для более равномерного уплотнения, бетон укладывают в два

ли три слоя,¹ толщина которых изменяется в зависимости от крупности зерен гравия или щебенки, но не назначается более 10 см. Укладка верхнего слоя должна производиться до окончания схватывания бетона нижнего слоя, причем для обеспечения схватывания поверхность нижнего слоя, после трамбовки его, следует слегка взрыхлять.

Ручное трамбование производится таким же поочередным передвижением концов шаблона, как и при профилировании (рис. 114). Один рабочий держит неподвижно конец шаблона, рабочий у второго конца попеременно опускает и приподнимает шаблон, трамбуя этим бетон и постепенно подвигаясь вдоль дороги. Пройдя 60—70 см, рабочий перестает трамбовать, удерживая свой конец трамбовки неподвижно, а первый рабочий, наоборот, начинает трамбование. Затем несколько ударов оба рабочие производят одновременно для лучшего уплотнения бетона в средней части одежды (по оси дороги).

Кроме трамбровок-шаблонов применяются и малые ручные трамбовки. Бетон уплотняется трамбованием до появления „цементного молока“.

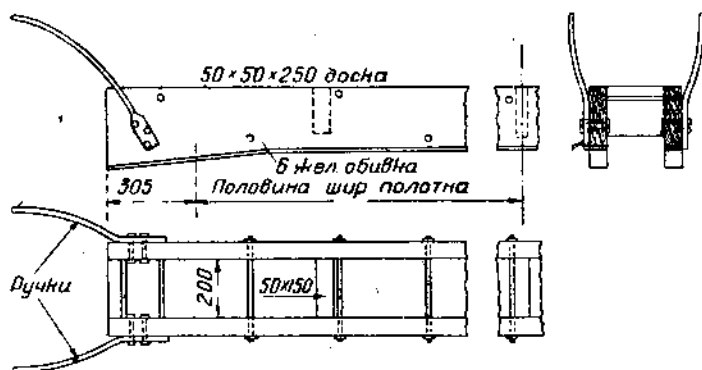


Рис. 115. Ручная трамбовка.

Так как ручным трамбованием не всегда удастся достигнуть достаточной плотности бетона, иногда сразу после трамбования до начала схватывания бетона, прибегают дополнительно к укатке бетона легким металлическим катком (весом 1—2 кг на каждый см ширины катка). Одновременно задачей укатки является устранение мелких неровностей на поверхности бетона и удаление пузырьков воздуха и воды из верхнего слоя бетона. Этот каток прокатывается поперек дороги от борта до борта рабочим, направляющим движение катка посредством рукоятки, настолько длинной, что позволяет докатывать каток до противоположного борта (рис. 116а). Иногда вместо одного рабочего операцию укатки производят двое рабочих и в этом случае каток снабжается рукоятками или тягами, идущими к обоим бортам (рис. 116б). Перекатывание катка производится со скоростью около 1 м/сек.

Движение катка производится под некоторым углом к поперечной оси участка дороги, чтобы обеспечить продольное продвижение катка, около 0,60—0,70 м на каждый проход его. Проходы катка должны перекрывать

¹ Следует различать укладку бетона в два слоя от устройства двуслойных бетонных одежд.

друг друга на половину ширины катка. Участок длиной 7—8 м укатывается три—четыре раза, после чего переходят к укатке следующего участка.

Укатка может не только дополнять, но и заменять трамбование.

После трамбования или укатки производится проверка поверхности с рабочих мостиков прикладыванием трехметрового легкого шаблона с целью

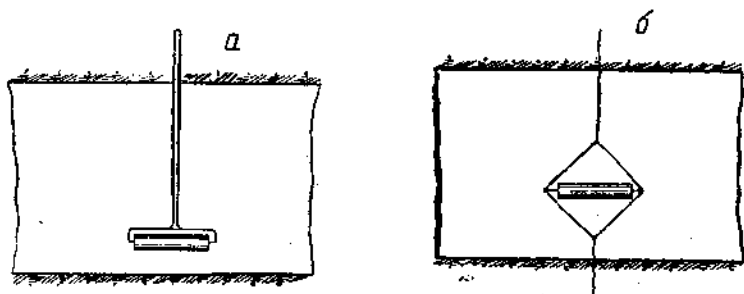


Рис. 116. Схема ручного катка: а) для укатки одним рабочим; б) для укатки двумя рабочими.

убедиться в отсутствии впадин и горбин. Обнаруженные неровности поверхности отмечаются и исправляются с тех же рабочих мостиков.

Последней операцией в ручной отделке бетонной одежды является выравнивание ее поверхности, для чего пользуются полосой прорезиненного холста или кожаной лентой шириной 25—40 см, длиной превышающей на 1,20—1,50 м ширину одежды и снабженной по краям рамами с руко-

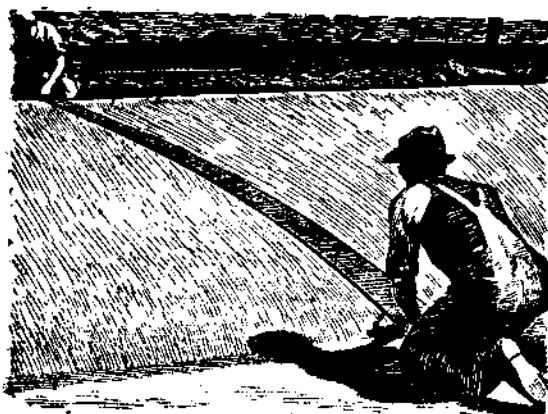


Рис. 117. Ручное выравнивание бетона.

тями для рабочих (рис. 117—118). Сначала ленту проводят длинными поперечными мажками (30—40 см) при медленном поступательном движении вдоль плиты (2—3 см). При повторном выравнивании поперечные движения делаются короткими (10—15 см), поступательное движение более быстрым (10—12 см). Обычно бывает достаточно двух проходов ленты, причем второй проход производится после того, как поверхность бетона становится матовой.

Затем с рабочих мостиков заправляются края швов, выравнивается ручными гладилками (рис. 119) бетон возле форм и обработка плиты является законченной. Иногда рабочие мостики снабжаются лентой для выравнивания поверхности одежды (рис. 120). Покачиванием рукояти достигается продвижение ленты поперек дороги и, одновременно, медленное поступательное движение самого мостика.

После выравнивания поверхности дороги специальными скребками (рис. 122) производится удаление цементной мути.

а) для исправления отдельных мест в бетонной плите; б) для отделки с мостиков поверхности бетонной дороги у швов.

A technical drawing of a rectangular frame structure, likely a greenhouse or tunnel. The drawing shows a perspective view of the structure, which consists of a rectangular frame with a series of vertical supports along the length. The structure is covered with a material, possibly plastic or glass, which is held in place by a series of horizontal supports. The drawing is a black and white line drawing, showing the structural details of the frame and the covering.

- под уклон, благодаря чему поверхность получается волнистой, а толщина плиты довольно разнообразной.

Официальные "Единые нормы выработки и расценки по строительному производству на 1933 г." в отделе "Дорожные работы" дают нормы на устройство бетонного основания (при механизированном ведении работ). Работы же по постройке бетонных дорог в СССР еще не нормированы.

Устройство бетонного основания.

Состав работы:

1. Разбивка.
2. Доставка бетона на тачках при работе с доставкой.
3. Разбрасывание и разравнивание бетона.
4. Поливка бетона.
5. Утрамбовка бетона.

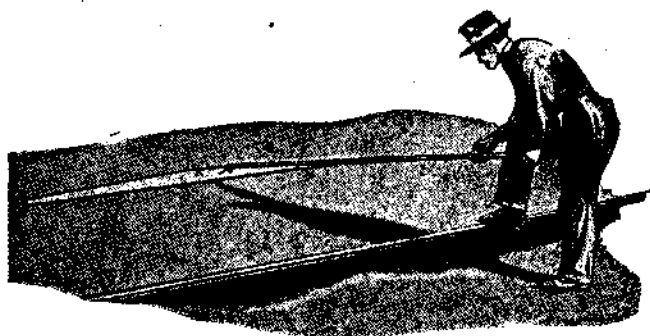


Рис. 122. Удаление цементной мути с поверхности бетона.

Нормы и расценка на 1 м³ основания.

Таблица 30

Способ производства и состав работы		Наим. норм	Толщина основания в см					
			6	8	10	12	14	16 и более
Бетон подается на место укладки по стреле бетономешалки или автомобилям с опрокидыв. кузовами		н. врем.	1,52	1,18	1,00	0,89	0,83	0,80
		н. выруб. расценка	5,3 -74	6,8 -56	8,0 -49	9,6 -44	9,7 -41	10,0 -39,5
Бетон подается на место укладки тачками	Без учета доставки бетона	н. прем.	2,05	1,60	1,35	1,20	1,12	1,08
		н. выруб. расценка	3,9 1-01	5,0 -78,5	5,9 -66,5	6,7 -58,5	7,1 -55,5	7,4 -53
	С учетом доставки бетона	н. врем.	2,80	2,55	2,10	1,95	1,87	1,83
		н. выруб. расценка	2,85 1-38	3,4 1-16	3,8 1-03	4,1 -96	4,3 -91	4,4 -89

Примечание: При ширине основания в 1 м применять коэффициенты:
 к нормам времени и расценок К — 1,20
 к нормам выработки К — 0,38

Механизация бетоноотделочных работ. В САСШ и во многих других странах применение ручного труда при укладке бетона сходит на нет: вручную производится лишь предварительное грубое разравнивание бетона, поданного бетономешалкой. Для всех же бетоноотделочных работ, разравнивания бетона, утрамбовки его и разглаживания поверхности применяются

бетоноотделочные машины (финишеры). Первые бетонные дороги в СССР построены также механизированными способами.

Можно без подробных пояснений принять за правило, что ни одна крупная работа по постройке бетонной дороги не должна производиться без применения бетоноотделочных машин, дающих значительную экономию в расходе, большие темпы работы (до 250 п. м одежды шириной 6 м в день) и высокое и вполне однообразное качество укладки бетона и отделки его поверхности.

Существует несколько типов бетоноотделочных машин (финишеров). Они могут быть подразделены на два типа, определяемые направлением своего движения при работе:

А. Машины, движущиеся вдоль дороги по бортовым формам (машины продольного движения).

Б. Машины, движущиеся поперек дороги по бетону (машины поперечного движения).

По типу А сконструированы все американские и немецкие машины. Этот тип является доминирующим.

По типу Б сконструировано несколько машин во Франции, за пределами этой страны распространения не получивших.

Машины продольного движения по числу и назначению рабочих операций подразделяются на две группы.

Схема машин первой группы, изображенная на рис. 123, 1, показывает, что работа этих машин заключается последовательно: а) профилирование бетона, б) трамбование бетона тяжелым брусом и в) выглаживание поверхности бетона.

Типичным представителем этой группы является финишер американской фирмы Лейквуд.

Финишеры второй группы (рис. 123, 2) производят при работе следующие операции: а) профилирование тяжелым шаблоном, б) вторичное профилирование шаблоном, располагаемым несколько ниже первого, в) выглаживание поверхности бетона.

К этой группе относится финишер Орд.

Встречаются машины комбинированного типа, а также машины, где трамбовочный брус заменен другими устройствами.

Благодаря постепенному совершенствованию отдельных частей механизмов и их взаимного расположения, в последних моделях машин, описываемых ниже, удалось достигнуть большой простоты устройства их, вполне удовлетворительной прочности, легкости и удобства управления и вполне спокойного хода, причем последнее имеет для машинной отделки особенно важное значение, так как беспоконный ход финишера расстраивает формы, по которым он движется, а от правильного и точного расположения форм в большой степени зависит профиль дороги и качество поверхности.

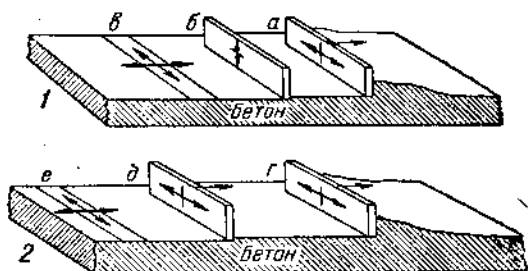


Рис. 123. Схема работы бетоноотделочных машин типа Лейквуд (1) и типа Орд (2):

- а) разравнивание бетонной массы,
- б) трамбование,
- в) выглаживание поверхности бетона,
- г) разравнивание бетонной массы,
- д) вторичное разравнивание бетонной массы,
- е) выглаживание поверхности бетона.

Финишер Лейквуд (САСШ), преобладающий в дорожном строительстве (рис. 124—126) и приспособленный к совместной работе с бетономешалками типа Рекс-Пэйвер, имеет покоящийся на двух металлических решетчатых (из уголков и трубок) фермах 11 двухцилиндровый двигатель 12 мощностью 8 HP, приводящий через передаточный механизм 13 во вращение колеса финишера, движущиеся по бортовым формам, как по рельсам. От этого же двигателя приводятся в движение и все рабочие части финишера.

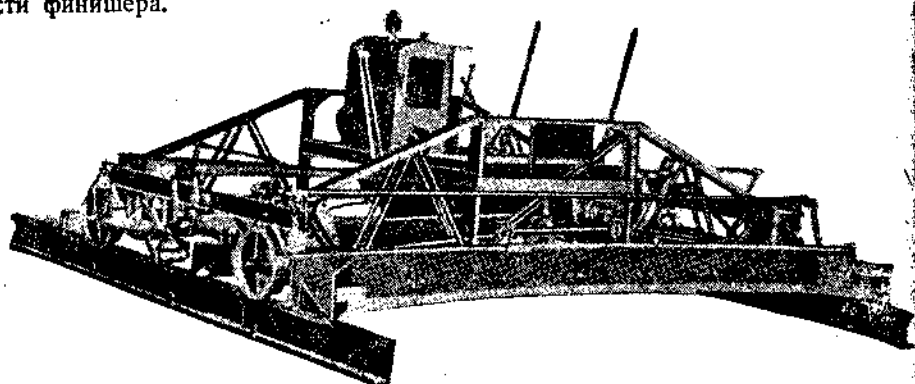


Рис. 124. Финишер Лейквуд. Модель С.

Американские финишеры Лейквуд по величине колеи (2А) делятся на следующие группы:

1. Узкой колеи — 2А = 2,74 м; 3,04 м; 3,66 м.
2. Средней колеи — 2А = 4,26 м; 4,58 м; 4,88 м; 5,50 м; 6,10 м; 6,70 м.
3. Широкой колеи — 2А = 7,32 м; 7,92 м; 8,50 м; 9,14 м.

Указанные на рис. 125 и 126 габаритные размеры имеют для каждой из групп следующие значения (в метрах).

Таблица 31

		Узкая колея	Средняя колея	Широкая колея
Высота поперечной рамы (над рельсом)	F	0,65	0,65	0,76
Возвышение низа ферм над формой (рельсом)	G	0,10	0,16	0,24
Высота разравнивающего бруса	H	0,34	0,39	0,47
Возвышение верха ферм над формой (рельсом)	J	1,02	1,07	1,15
Самая возвышенная точка финишера	I	1,78	1,83	1,91
Возвышение низа поперечной рамы	K	0,36	0,41	0,46

Вес машины: узкой колеи — от 2 040 до 2 100 кг; средней колеи — от 2 140 до 2 320 кг; широкой колеи — от 2 370 до 2 500 кг.

Расход бензина 24 л в день, смазки 70 г в день.

При надобности перехода на устройство полотна другой ширины, концевые части формы могут быть разобраны и заменены из запасных частей другими. Брусья и лента могут быть также сменены, причем операция смены частей занимает всего полдня.

Профилирование бетона финишером. Грубо выравненный, как уже указывалось, бетон подвергается вторичному, более точному, разравниванию (профилированию) металлическим разравнивающим фасонным брусом 8 (рис. 125—126), нижняя кромка которого может быть точно отрегулирована по проектному профилю от односкатного до выпуклого с подъемом до 2%, перестановкой в пазах 9 отдельных составных частей этого

бруса. В легких моделях финишера разравнивающий брус делается деревянным, с обивкой его железом.

Брус подвешен упруго на особых тяжах 10. Разравнивающее действие бруса складывается из двух движений его: поступательного вместе с финишным вдоль по рельсам и поперечного движения бруса со скоростью 35—40 ходов в минуту с величиной размаха 13—18 см. Поперечное движение сообщается от двигателя 12 финишера через шатун 14.

Выключение бруса из работы производится подъемом его рычажным механизмом 15, управляемым с рабочего места механика через рукоятку 6.

Само разравнивание бетона производится так: машине дается медленный (2,2 м/мин.) ход вперед. Разравнивающий брус опускают не доводя его на 2—3 см до уровня форм, оставляя этот запас в высоте на уплотнение бетона трамбовочным брусом. Нижний треугольник разравнивающего бруса срезает излишек бетона, который скапливается в виде взрыхленной массы перед разравнивающим брусом, придавливая нижележащий бетон и тем способствуя его уплотнению.

После прохода участка длиной 4—5 м машину отводят обратно, быстрым ходом (9,2 м/мин.) с приподнятым разравнивающим брусом.

При повторных переходах в работу вводится уже и трамбовочный брус (см. ниже).

Если бетон скапливается перед доской неравномерно по ширине дороги, рабочие вручную откидывают излишек в те места дороги, где замечен недостаток бетона, или на сторону. Если после прохода разравнивающего бруса финишера в срезанной поверхности обнаруживаются ямы, вызванные недостатком бетона, они заполняются вручную бетоном и выравниваются последующими проходами финишера.

Трамбование бетона финишерам. Отпрофилированная поверхность бетона подвергается механическому трамбованию деревянной доской — трамбовочным брусом 16 финишера, расположенным параллельно разравнивающей доске. Трамбовочный брус снизу обит железом¹ и укреплен на рессорах, позволяющих с помощью двигателя производить быстрые вертикальные движения бруса числом 240—250 в минуту, с высотой подъема до 16—19 см.

Силою удара и собственного веса доска трамбует и прессует (уплотняет) бетон, благодаря чему из него удаляется излишняя влага, раствор поднимается в верхние слои плиты, заполняя все промежутки между щебнем.

Избыточное трамбование может привести к столь сильному поднятию раствора к поверхности, что образуется дезинтеграция бетона: в верхних слоях оказывается в избытке раствор, щебень же опускается вниз бетонной плиты.

Подъем и опускание трамбовочного бруса производится совершенно независимо от разравнивающего бруса рычажной передачей 17 от рукоятки 5. Регулирование интенсивности и частоты трамбования производится рукояткой 2.

Трамбовочный брус вводится в работу уже при втором проходе финишера по новому месту.

Двигаясь с малой скоростью, финишер срезает передней доской весь излишек бетона и одновременно производит первичное легкое трамбование.

¹ В моделях колеи свыше 5,5 м трамбующая доска делается стальной, сечением в виде трапеции, высотой 30 см, шириной внизу 8 см и суживающейся кверху.

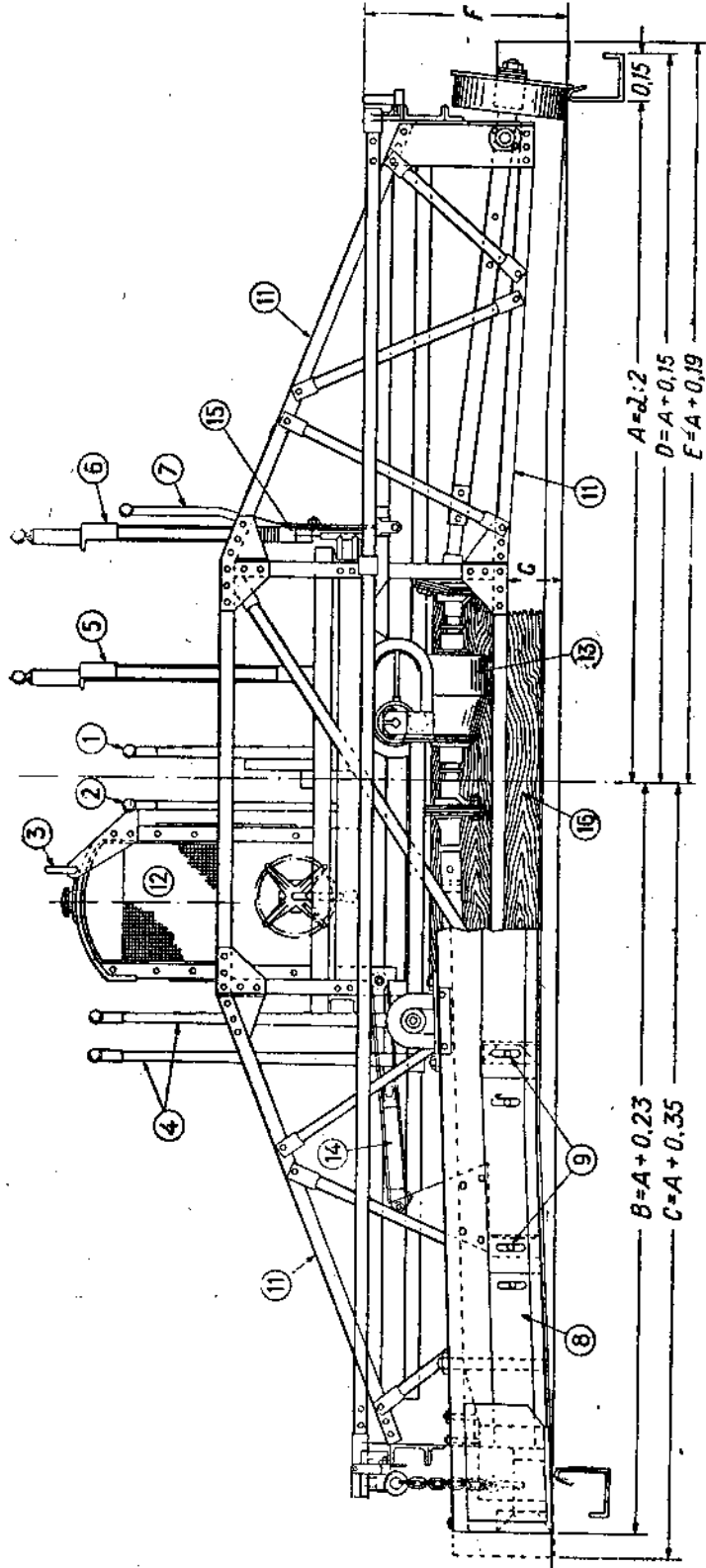


Рис. 125. Финишер Лейквуд. Фасад машины.

При обратном движении (с большой скоростью) работает только трамбующая доска.

Перемена скоростей и направление движения производится рычагом 1. Включение и выключение двигателя — рычагом 3.

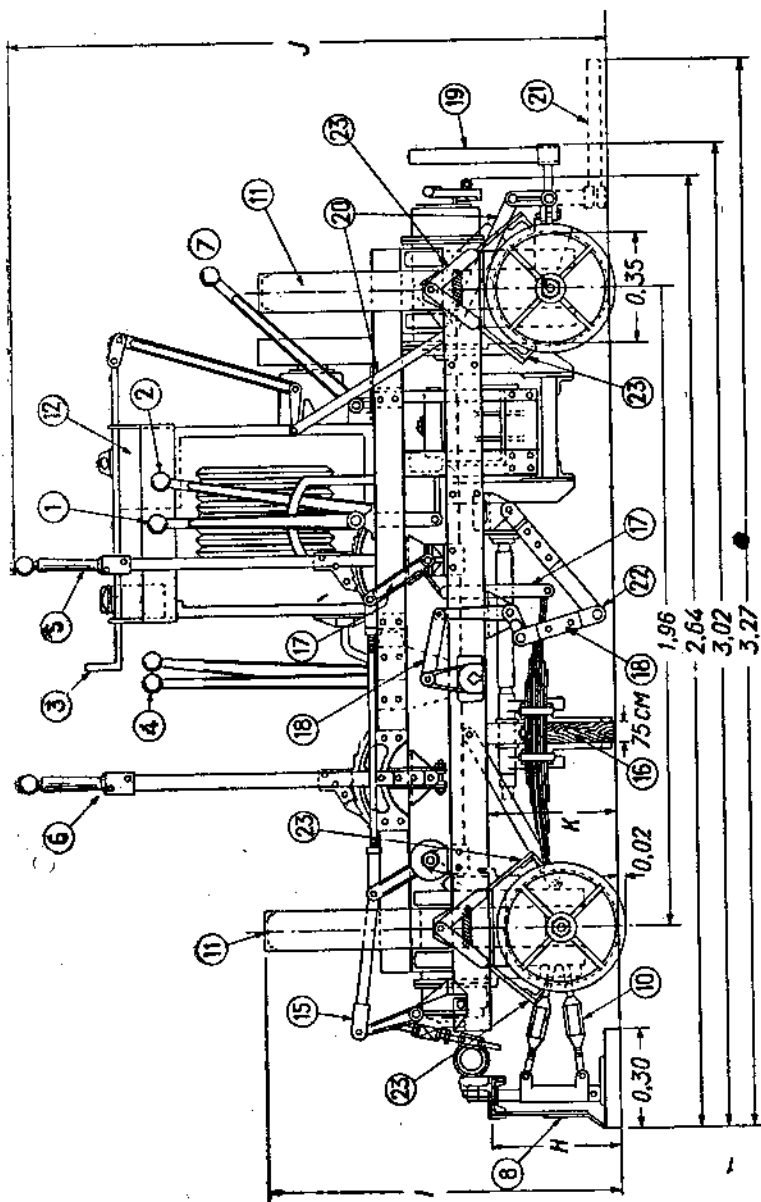


Рис. 126. Финишер Лейквуд. Боковой вид машины.

Затем операция трамбования повторяется несколько раз, на большой скорости при переднем и заднем ходе и при выключенной разравнивающей доске.

Признаком, определяющим достаточность трамбования, является появление «цементного молока». При появлении цементного молока, излишек его

сгоняют к бортам при помощи деревянных больших скребков (рис. 122) и приступают к выглаживанию бетона, причем в финишерах работа выглаживающего ремня производится одновременно с заключительными ударами трамбовочного бруса.

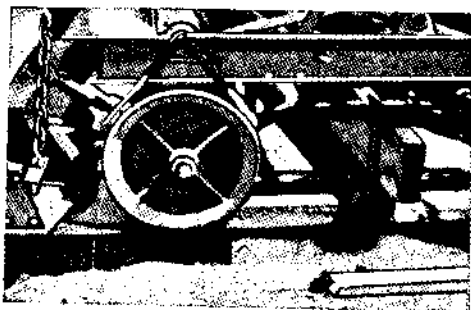


Рис. 127. Деталь взаимного расположения разравнивающего бруса, колеса и трамбующего бруса финишера.

чески проводится в поперечное, медленное и плавное движение со скоростью 35—40 ходов в минуту с амплитудой колебания до 18 см (примерно—7 м/мин.).

При этом движении лента скользит по поверхности бетона и выглаживает (полирует) эту поверхность. При работе ленты финишеру обычно дается движение с большой скоростью. Выглаживание производится и при переднем и при заднем ходе финишера.

Для полной отделки бетонной одежды достаточно обычно 3—4 прохода финишера.

Все операции финишера производятся при помощи двигателя (8—12 л. с.), расположенного в средней части финишера, управляемого механиком со специальной площадки управления.

Для выполнения операций финишер делает следующие движения: а) ход вперед для разравнивания и частичного трамбования, б) ход назад с подъемом разравнивающей доски — только трамбование, в) ход вперед — трамбование и выглаживание.

Число проходов по одному месту бывает обычно достаточно повторить 3—4 раза.

Особенности укладки бетонной одежды на кривых. На кривых, где требуется устраивать уширение одежды, производство работ несколько видоизменяется. Здесь они производятся смешанным, т. е. и машинным, и ручным способом. Металлические формы устраиваются вдоль намеченных краев уширенной одежды; в расстоянии нормальной ширины от одной из

Выглаживание поверхности бетонной одежды. При механизированной работе отделка поверхности бетонной одежды производится гладильной лентой финишера из прорезиненного полотна шириной 25—40 см, натянутой между двумя штангами, причем в выключенном состоянии эти штанги и натянутый между ними ремень расположены вертикально (19). Рукояткой 7 через систему рычагов 20 лента опускается на поверхность бетонной одежды (21). По опускании ленты она автоматичес-

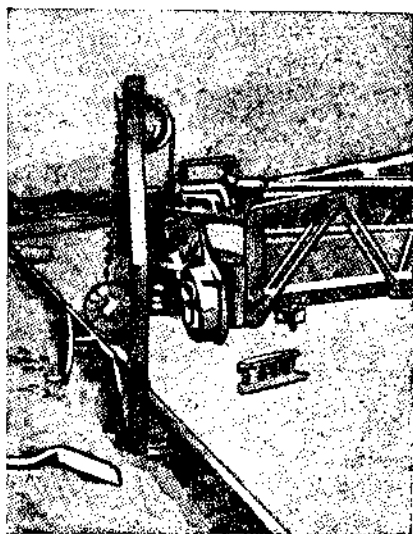


Рис. 128. Приспособление для подъема тяжелых моделей финишера Лейквуд перед установкой на колеса для перевозки.

форм устанавливаются дополнительные деревянные формы. Узкий серповидный промежуток между деревянными формами и формами, ограничивающими уширение, снаружи заполняется, трамбуется и выравнивается вручную после постройки полосы одежды нормальной ширины и снятия деревянных форм. Боковая поверхность бетонной одежды после снятия деревянных форм наделается для лучшего схватывания бетона участка уширения с бетоном основного участка.

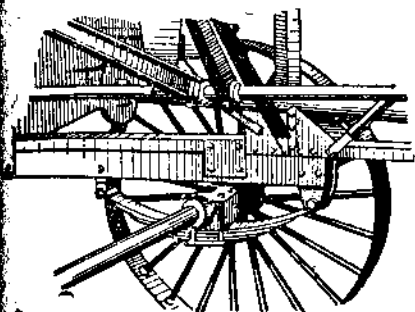


Рис. 129. Деталь укрепления рамы финишера на оси перевозочной тележки. В квадратной плите верхние два болта съемные, нижние расклепаны.

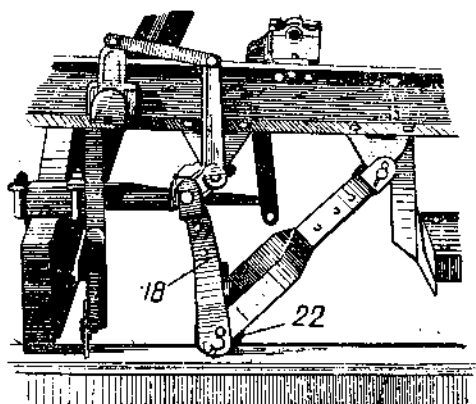


Рис. 130. Приспособление, облегчающее проход финишера Лейквуд в кривых. Имеется по обеим сторонам финишера.

Для облегчения прохода финишера в закруглении по временным деревянным фермам финишер движется не на колесах, а на ролике 22 (рис. 130), расположенном между колесами. Нажатием одной из рукояток с рабочей площадки механик переносит через рычажную передачу 18 вес половины финишера на ролик 22, а колеса финишера при этом оказы-

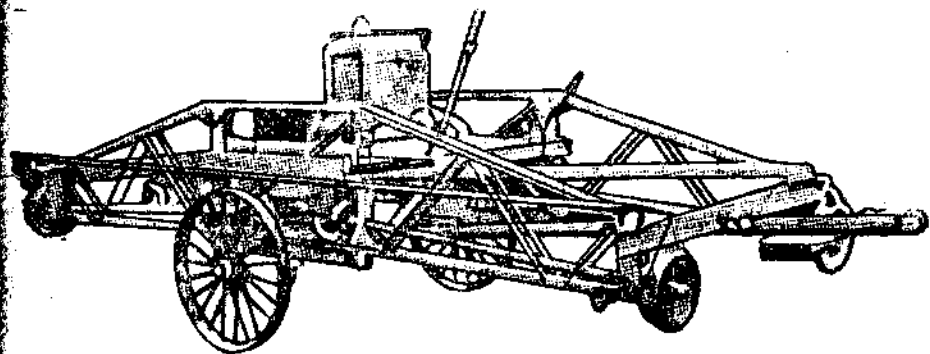


Рис. 131. Финишер, установленный на большие колеса для перевозки его к следующему месту работы или для погрузки на ж.-д. платформу.

ваются приподнятыми. Подобное приспособление имеется не во всех моделях финишера. Движение финишера в кривых должно производиться исключительно при малой скорости и с особой осторожностью.

Устройство бетонной одежды на кривых указанным способом вызывает

значительное осложнение во всем ходе работ. Особенно нежелательным является ручное заполнение полосы уширения, производимое не ранее двух дней после укладки основной одежды, а также неоднородность обработки основной части и уширения. Поэтому последние модели американских финишеров снабжены уширением из рамы в виде „аванбека“, снабженного

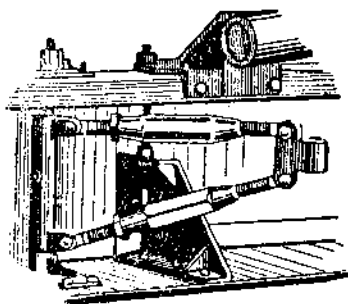


Рис. 132. Деталь прикрепления разравнивающего бруса финишера.

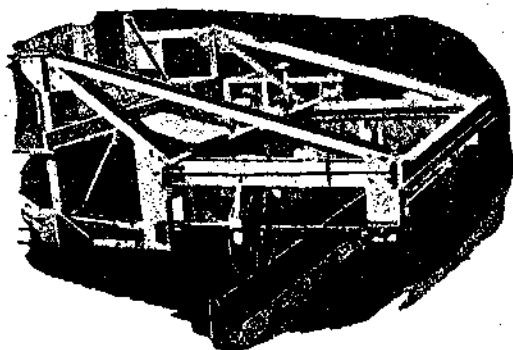


Рис. 133. „Аванбек“, приболчиваемый к финишеру при работе его на кривых.

осями, допускающими поперечное скольжение (колеса по оси на кривой (рис. 133). Нарастивание разравнивающего бруса производится при этом по схеме рис. 134.

Особенности обработки бетона финишером Орд. Бетон, выгруженный из бетономешалки, грубо разравнивается вручную так, чтобы поверхность его перед финишером была на 3—5 см выше проектного уровня плиты. При ходе финишера вперед, передний шаблон машины, несколько приподнятый над проектным уровнем плиты, сдвигает часть излишка бетона в скопляющуюся перед финишером кучу (рис. 135 и 136). Последняя, благодаря своему

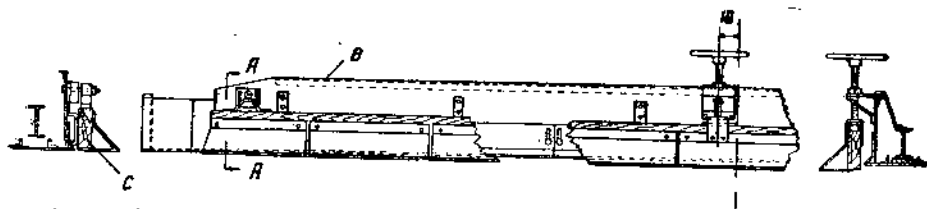


Рис. 134. Схема нарастивания и регулирования высоты трамбуемого бруса при работах финишера на односкатных профилях в кривых.

весу и давлению на нее со стороны шаблона, нажимает на нижние слои бетона; давление передается и под шаблон, как это показано схематически на рис. 126 стрелками. Давление бетона снизу стремится приподнять шаблон, но это поднятие предупреждается весом стального шаблона, корытного профиля высотой 20 см и соединенного с 15-см двутавровыми балками. Снаружи шаблон прикрыт стальной полосой, высотой 40 см. Это же давление бетона заставляет некоторую долю его выступить из-под шаблона в промежуток под финишером, благодаря чему поверхность бетона между

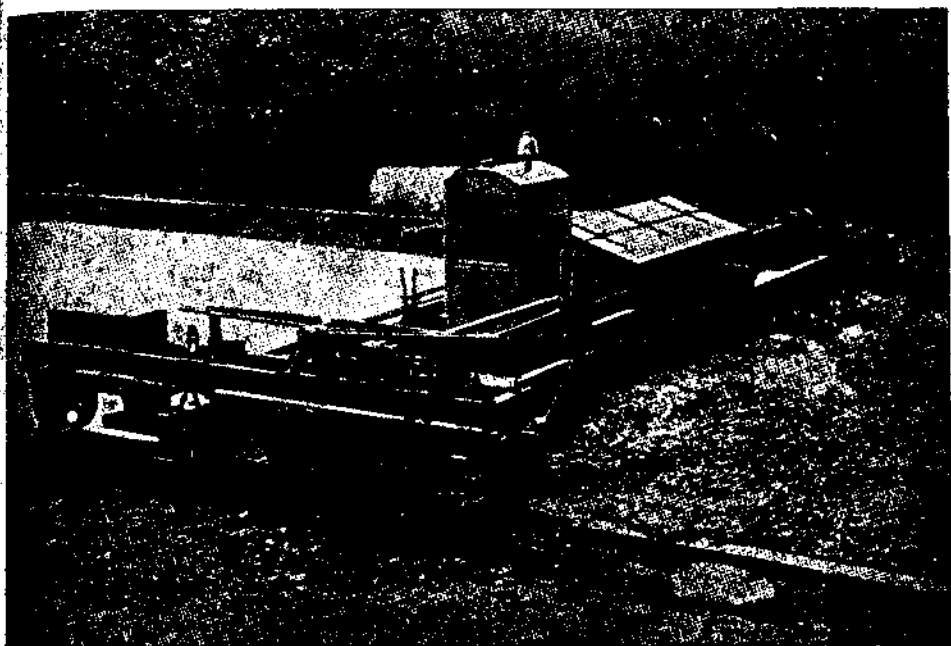


Рис. 135. Общий вид дорожного финишера „Орд“.

обоими шаблонами не является вполне ровной и имеет небольшой излишек в высоте против проектной отметки профиля. Второй шаблон подбирает

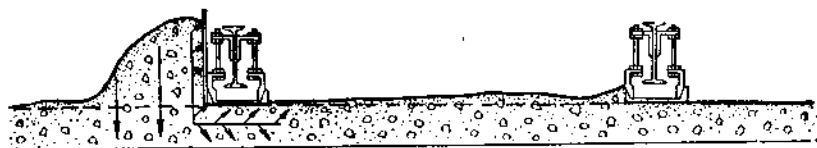


Рис. 136. Схема работы дорожного финишера „Орд“.

излишек бетона, частично этот излишек действием второго шаблона вдавливается в состав бетонной одежды, частично сгребается по направлению дви-

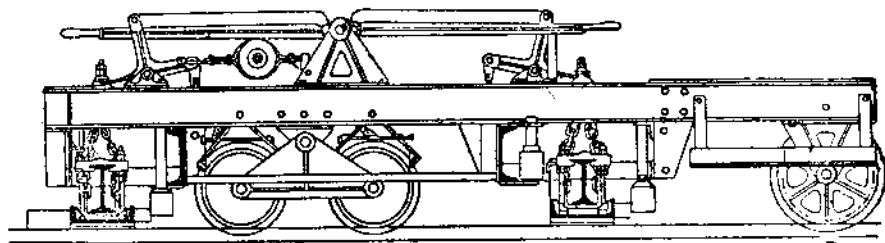


Рис. 137 Вид финишера сбоку.

жения финишера. Сзади второго шаблона поверхность бетона имеет уже требуемый профиль. Таким образом, оба шаблона вдоль дороги имеют

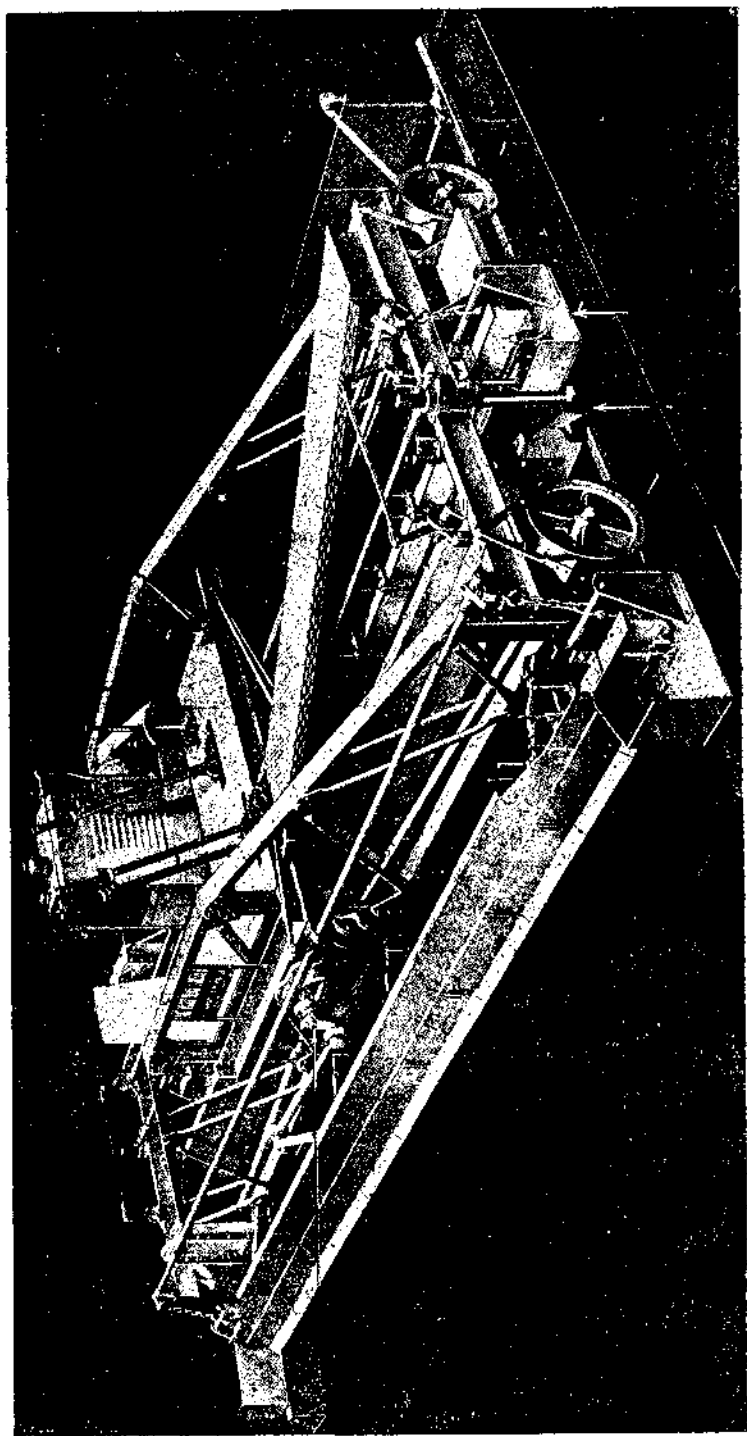


Рис. 138. Финишер Лейквуд (модель 1932 г.).

движение в поперечном направлении (до 40 размахов в минуту при амплитуде размаха в 25 см). Одновременно с поперечным движением оба шаблона незначительно приподнимаются и опускаются, причем благодаря малой величине подъема брусья не трамбуют, а сжимают бетон, что предупреждает возможность дезинтеграции бетонной смеси. Движение шаблона в поперечном направлении способствует уплотнению бетона с освобождением его от пузырьков воздуха и воды. Тележка финишера Орд (рис. 137) поконится на шести колесах и поддерживает шаблон, двигатель внутреннего сгорания и различные механизмы. Производительность работы финишера Орд — 300 м дороги в день. Машины изготавливаются для отделки

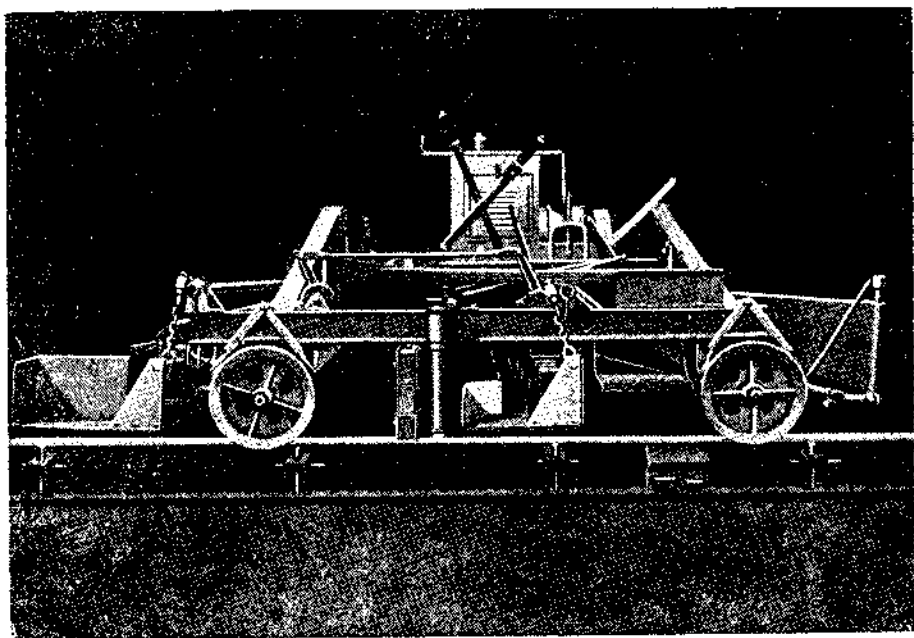


Рис. 139. Боковой вид финишера Лейквуд (модель 1932 г.).

дорог от 3 до 9 м шириной и имеют одну скорость (2 м/м) для движения вперед и одну скорость (9 м/м) для движения назад. Боковой разрез финишера Орд дан на рис. 141.

На площадке управления имеются два рычага для подъема и опускания переднего и заднего шаблона независимо один от другого, два других рычага служат для управления передачами и два управляют механизмом движения машины. Некоторые модели финишера Орд имеют сзади второго шаблона выравнивающую ленту, работающую так же, как и лента финишера Лейквуд.

Для выравнивания поверхности при работе финишерами, не имеющими выравнивающей ленты, служит специальная тележка с лентой (рис. 122). При каждом повороте рукоятки лента совершает поперечное выравнивающее движение, а тележка одновременно продвигается несколько вперед.

Новые модели финишера Лейквуд (138 и 139) допускают подвешивание второго выравнивающего бруса, что, при возможности исключения из работы

трамбовочного бруса, приближает этот тип финишера к финишеру Орд. Такая реконструкция финишера произведена ввиду указаний на наблюдавшиеся случаи дезинтеграции бетона при интенсивном трамбовании его. Так как дезинтеграция бетона наблюдается далеко не на всякой постройке, то вполне

понятно стремление дать машину, которая могла бы работать любым способом, который будет найден целесообразным во время постройки. Рис. 140 дает схемы четырех возможных комбинаций обработки бетона такой машиной.¹

Рис. 138 и 139 показывают боковой вид и вид новой модели сверху.

Разравнивающий брус новой модели видоизменен: созданы боковые крылья у разравнивающего бруса, предохраняющие от попадания излишнего бетона на обочины; разравнивающий брус по желанию может быть установлен в положении для срезывания бетона (рис. 141-а) (для срезки и разравнивания бетона перед финишером) и в положении для уплотнения бетона (рис. 141-б).

Исправление отдельных мест при работе финишером. Для исправления отдельных мест, оказавшихся неудачными: ямы в бетоне, упавший с финишера кусок бетона и др. — пользуются рабочими мостиками типа, изображенного на рис. 120. Опириаясь с таких мостиков,

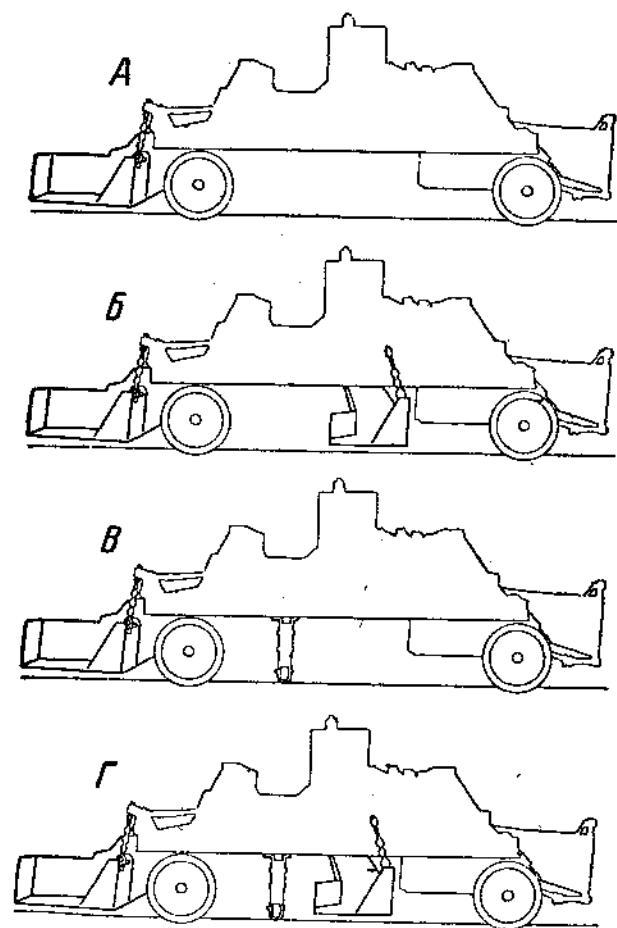


Рис. 140. Схема возможных способов работы финишером Лейквуд (модель 1932 г.).

- А—Разравнивание с уплотнением тем же разравнивающим брусом и выглаживание лентой.
- Б—Разравнивание и уплотнение по типу финишера „Орд“. Выглаживание.
- В—Работа по основному способу Лейквуд: разравнивание, трамбование, выглаживание.
- Г—Усиленная обработка совмещением способов Б и В.

рабочие удаляют бетон возле места повреждения, укладывают свежий бетон, разравнивают его, уплотняют трамбовками (типа, употребляемого при мощении) и разглаживают ручными гладилками (типа, приведенного на

¹ Исследования Джексона и Коллермана (САСШ) показывают, что прочность бетона почти не зависит от способа обработки (по типу Лейквуд или по типу Орд.).

рис. 119). Подобными же гладилками выравниваются обычно и края бетонной дорожки, повреждаемые ободом колес финишера.

Гладилка, показанная на рис. 119, также может быть использована для производства с нее необходимых мелких дополнительных работ.

Укладка бетона по половинкам. Если бетонная плита имеет большую ширину или устройство ее по другим соображениям (см. гл. 2 и 3) намечено было вести „по половинкам“, работа несколько видоизменяется. Первая полоса бетона укладывается нормальным порядком и по достаточном затвердении бетона формы снимаются, причем одна лента форм переносится в сторону второй половины дороги, где и устанавливается. Одноребордные колеса финишера снимаются и заменяются с одной стороны финишера безребордными колесами, с другой стороны желобчатыми колесами. Первыми финишер двигается по бетонной заготовленной плите, вторыми — по формам, принимающим на себя все боковые толчки финишера (рис. 142). При ширине дороги, превышающей двойную ширину финишера, описанная операция перенесения форм должна быть вновь повторена.

Молотковые трамбовочные машины. Механическое трамбование тяжелым брусом происходит неравномерно по ширине дороги. Благодаря случайному расположению составных частей бетона уплотняющие удары распределяются очень неравномерно по его длине, как бы тщательно ни следили за трамбованием руководящие этой работой лица.

Попытка заменить трамбовочный брус отдельными трамбовками с машинным приводом дала в молотковой трамбовке Динглера (рис. 143). В этой машине большая

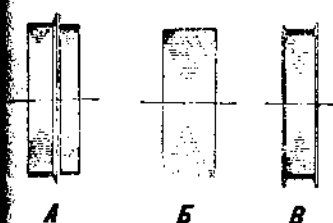


Рис. 142. Специальные типы колес финишера:

А — Двухребордные колеса, употребляемые при постройке одежды по положению и при постройке кривых участков.

Б — Безребордные конические или цилиндрические колеса, употребляются при постройке бетонных дорог по половинам.

В — Колесо, приспособленное к движению по ребру устроенной в первую очередь половины дороги.

равномерность давления при трамбовании достигается применением молотов, расположенных в ряд без перерывов. Форма основания этих молотов ромбическая (рис. 144) во избежание образования менее уплотненных полос по направлению движения машины. Подъем молотов производится при помощи вала с кулачками, падение молотов свободное, под действием своего веса. Перед трамбовочными молотами пропускается выравнивающий шаблон, нижняя поверхность которого, равно как и расположение основания молотов, точно соответствуют профилю плиты.¹

Молотковая трамбовка Динглера применяется в Германии при устройстве однослойных дорог, чаще встречается применение ее в комбинации с финишером Динглера (типа Лейвуд) на постройке двухслойных дорог, где нижний слой выполняется молотковой трамбовкой, верхний — финишером (рис. 143).

Пневматические переносные трамбовки. также применяемые для уплотнения бетона, основными частями имеют металлический брус и молоты, укрепляемые на этом брус и приводимые в действие, обычно, сжатым воздухом. Такая трамбовка² весит всего 84 кг при трех молотах по 5 кг. Продолжительность колебания от 15 до 30 сек. по

¹ Сотрясения при работе этой машины очень значительны и требуют устойчивого расположения форм. Поэтому в ряде выложенных в Германии дорог место форм устанавливались бетонные поребрики, включавшиеся в ширину проезжей части дороги.

² „Вибропиль“. Франция. О-во „Дорога“.

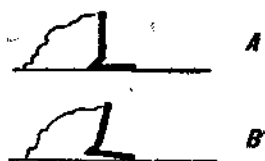


Рис. 141. Разравнивающий брус финишера:

А — в положении срезывания бетона,

В — в наклонном положении, облегчающем первые проходы финишера.

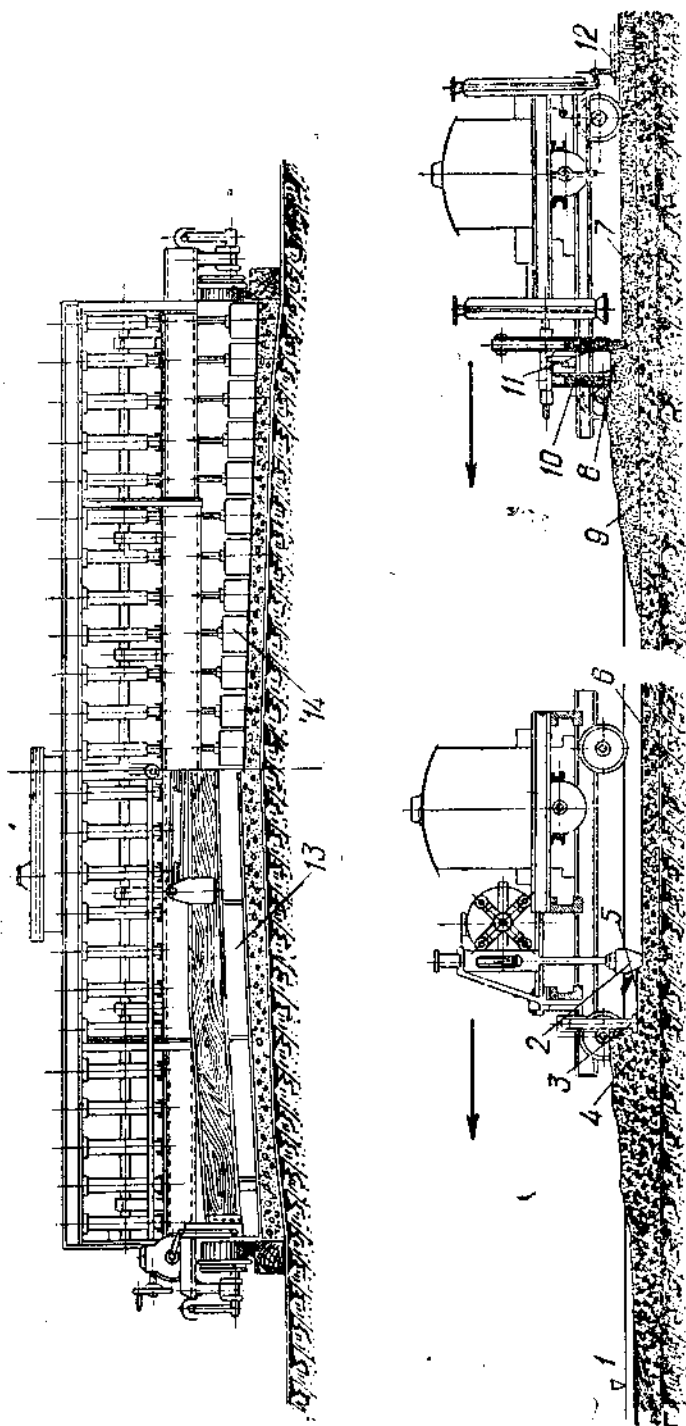


Рис. 143. Устройство двухслойной бетонной дороги машинами фирмы Диплер.

Первая машина (молотковая) профилирует и уплотняет нижний слой. Вторая машина (финишер) выравнивает, трамбует и выглаживает верхний слой. Сверху показан продольный разрез молотковой машины (справа) и финишера (слева).

1. Проектная отметка верха бетона.
- 2 и 14. Молоты трамбовочной машины.
3. Разравнивающая доска.
4. Слой бетона перед машиной.
5. Срезанный, но неуплотненный слой.
- 6 и 9. Поверхность уплотненного нижнего слоя.
7. Поверхность уплотненного верхнего слоя.
8. Слой бетона перед финишером.
10. Разравнивающая доска финишера.
- 11 и 13. Трамбующая доска финишера.
12. Разглаживающая лента.

тому месту в зависимости от толщины одежды. Эта машина применялась с успехом при двухслойных одеждах для уплотнения поверхностного слоя из твердого бетона. Бетон верхнего слоя был при этом обычного состава (250 кг цемента на m^3 бетона). Обработанный таким способом бетон носит название „мозаитного“ бетона.

Вторая того же типа трамбовка¹ (схема на рис. 145) состоит из железного стержня длиной 2,5 м с двумя стойками, поддерживающими деревянный брус, к которому прикреплены стержни двух пневматических молотов. Вес машины — 30 кг. Управляется двумя рабочими.

Каждая из этих машин не может придать дороге гладкой поверхности и требует по-

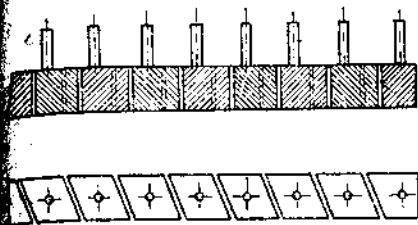


Рис. 144. Расположение молотов трамбовочной машины Динглер в плане.

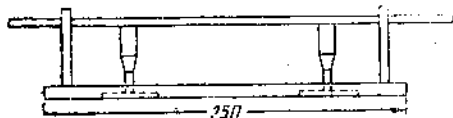


Рис. 145. Схема расположения основных элементов пневматической трамбовки.

следующего выравнивания поверхности валами или каучуковыми ремнями, но такое выравнивание значительно облегчается благодаря излишку раствора, вызываемому трамбованием на поверхность покрытия. Имеются единичные данные, что прочность бетонной одежды, обработанной „вибропилами“ достигает к 28-му дню 100 kg/cm^2 ; вообще же прочность бетонной одежды, обработанной пневматическими трамбовками, лишь на 10—15% выше прочности бетона нормальной обработки.

Бетоноотделочные машины поперечного движения. Как финишер Лейквуд, так в трамбовочная машина Динглер приспособлены к дорогам определенной ширины. Некоторые вариации в ширине одежды, порядка 20—30 см, возможны, но одежды, значительно превышающие ширину брусьев этих машин, могут ими обрабатываться лишь при условии временного видоизменения этих машин способами, о которых упоминалось уже на стр. 116 и 122.

Во Франции сконструирована отделочная машина, имеющая рабочее движение не вдоль одежды, а поперек ее, т. е. не зависящая от ширины одежды (рис. 146).

Машины этого типа (с бензиновыми двигателями) имеют два отделочных вала диаметром от 20 до 31 см, длиной 5,5 м, установленных снаружи по двум сторонам машины на металлическом шасси. Эти два вала являются „колесами“ машины при ее рабочих ходах, когда машина, передвигаясь от одного края одежды к другому, укатывает бетон и выравнивает поверхность.

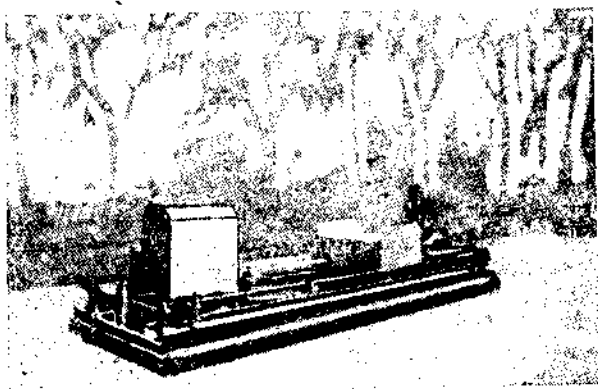


Рис. 146. Бетоноотделочная машина поперечного движения.

¹ „Велодом“. Франция. О-во „Усовершенствованные дороги“.

9 Белявский. — Бетонные дороги.

Для перемещения вдоль дороги на новую позицию машина имеет два съемных колеса с осью, перпендикулярной осям валов (рис. 147). Для переброски на другой участок машина устанавливается на съемные оси с колесами. Данных о весе этой машины и эффективности ее работы еще не имеется. Машина удобна для работы на широких междугородних трактах на городских улицах и пригородах.

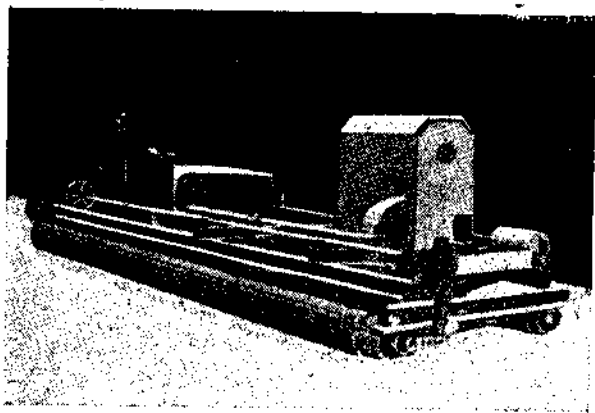


Рис. 147. Бетоноотделочная машина поперечного движения.

Уплотнение верхнего слоя при отделке бетона этой машиной можно производить пневматическими трамбовками или при помощи ручного катка весом до 0,5 т, покатыванием его поперек одежды. Число проходов по одному месту — 3 — 4. После укатки бетона катком необходима проверка шаблоном полученного профиля.

Сравнивая между собой машины продольного движения (финишеры всех типов) и машины поперечного движения (вышеуказанная французская машина, катки), можно указать, что первые дают совершенно точный поперечный профиль дороги и могут дать неточное (неровное) очертание линии в продольном профиле, так как в этом направлении работа финишера зависит исключительно от правильности установки бортовых форм и их устойчивости. Машины поперечной укатки дают более ровный продольный профиль, что очень важно для автодвижения, и допускают большие отступления в поперечном, нежелательные в целях исправного отвода воды с поверхности одежды. Таким образом, финишеры можно считать более целесообразными к употреблению в том случае, когда требуется быстрая постройка дороги определенной ширины при наличии уверенности в устойчивости бортовых форм. Машины поперечной укатки могут быть рекомендованы при переменной и преимущественно большой ширине одежды, слабом грунте и затруднительности надежной установки бортовых форм.

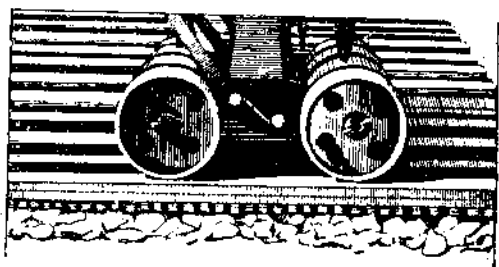


Рис. 148. Обработка поверхности бетона вибратором.

Вибрационная обработка бетона. Для повышения плотности (а следовательно и прочности) бетона иногда применяют процесс сотрясения свежесложенной массы, достигаемый пропуском по бетону тележек на низких колесах — вибраторов — с двигателями внутреннего сгорания, снабженными неуравновешенными маховиками. Выровненная поверхность бетона (имеющая

проектный профиль) покрывается досками с рифленой нижней поверхностью и подвергается вибрационному трамбованию: слой досок распределяет сильное и сосредоточенное давление вибратора на большую площадь (рис. 148). При работе вибратора зерна песка и щебня в бетонной массе укладываются плотнее, увеличивается сцепление и вытесняется на поверхность бетона вода (рис. 149).

Для придания поверхности полотна особо высокой прочности на выровненную поверхность свежес уложенного бетона насыпают слой гранитного щебня и подвергают такой вибрационной обработке.

Положительными сторонами вибрационной обработки являются:

1. Меньший расход цемента на куб. единицу бетона.
2. Особая плотность и прочность бетонной плиты, а отсюда возможность уменьшения толщины плиты.

Опытные исследования бетона из одежды, обработанной вибратором, показывают, что прочность бетона (временное сопротивление сжатию) оказывается на 25—30% выше прочности такого же бетона, не подвергавшегося вибрационной обработке.

3. Укорочение срока постройки, в виду более быстрого твердения бетона.

После обработки вибратором поверхность бетона является настолько твердой, что выдерживает вес человека.

Последующий уход за поверхностью покрытий, обработанных вибрационным методом, почти не нужен, а движение может быть открыто уже на 10-й день после укладки.

4. Возможность применения слабого щебня для бетона при условии рассыпки под вибратор щебня высокой прочности ($0,02 \text{ м}^3$ на м^2).

Но вместе с тем применение вибраторов требует более прочной установки форм во избежание их сдвига или опрокидывания.

Выравнивание поверхности после прохода вибратора затруднительно, поэтому особенно тщательно должно выполняться профилирование бетона.

Кроме того, образующийся при выбрировании тонкий слой раствора по поверхности плиты оказывает очень слабое сопротивление износу и легко разрушается под влиянием температуры воздействий. Лишь по разрушении этого тонкого слоя бетонная плита начинает оказывать повышенное сопротивление износу. Это явление наблюдается и при употреблении пневматических трамбовок.

Появляющиеся на поверхности бетона „цементное молоко“ сгоняется легким досчатым шаблоном, как и при обработке финишером; иногда для этой же цели применяют поливку поверхности плиты водой из шлангов.

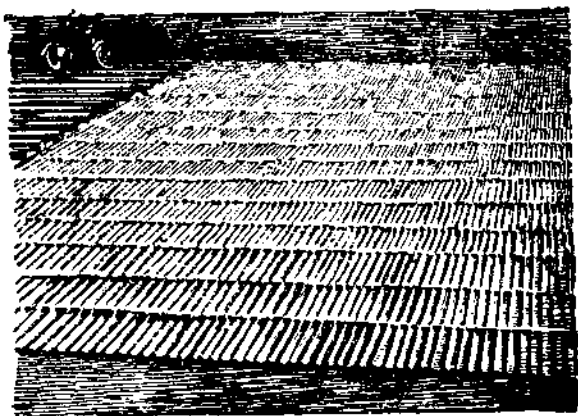


Рис. 149. Вид поверхности бетонного полотна после обработки вибратором.

12. ПОЛЕВОЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БЕТОНА.

Полевой контроль состава бетона для определения его качества осуществляется во время постройки одежды путем изготовления специальных кубиков и балочек и последующего испытания на изгиб, сжатие и износ.

В СССР разработаны подробные правила полевого контроля для всех бетонных работ, указанные в Технических Условиях и Нормах проектирования и возведения железобетонных и бетонных конструкций и сооружений, являющихся обязательными для всех производственных организаций. Основные указания Т. У. таковы.

Влажность инертных и определение полевого состава бетона должны производиться для каждой новой партии инертных, при каждой перемене погоды, и не менее двух раз в сутки.

Проверка консистенции бетона должна быть произведена не менее двух раз в день.

На каждые 250 м^3 бетона должны затворяться 6 кубиков размером $20 \times 20 \times 20 \text{ см}$ при щебне средней крупности и $30 \times 30 \times 30 \text{ см}$ при крупном щебне и 6 балочек $120 \times 15 \times 15 \text{ см}$ из бетона, идущего в дело.

Образцы должны быть занумерованы и занесены в специальную ведомость с указанием даты изготовления, характеристики бетона и его составных частей и №№ плит, из которых взята проба бетона.

Для изготовления кубиков и балочек употребляются формы из досок толщиной не менее 4 см. Перед набивкой бетоном формы внутри смазываются олифой.

В формы размером $20 \times 20 \times 20 \text{ см}$ бетон укладывается в два слоя, каждый слой штыкуется 50 раз железным стержнем и преимущественно у краев.

Кубики размером $30 \times 30 \times 30 \text{ см}$ изготавливаются в три слоя и каждый слой штыкуется по 100 раз.

Через два дня после изготовления кубики и балочки освобождаются из форм и хранятся до испытания в сыром песке при температуре $+15^\circ \text{C}$. Для испытания кубики отправляются в ближайшую лабораторию.

Балочки изготавливаются в аналогичных условиях с кубиками, но испытание их следует производить на самой постройке, для чего они укладываются между двумя прочными опорами (см. гл. 6) при расстоянии между опорами в 100 см и нагружаются постепенно сосредоточенным грузом, проложенным посредине пролета, до разрушения.

Испытание кубиков и балочек производится через 7 и 28 дней после их изготовления. Прочность образцов при заданной прочности бетона в $180 - 210 \text{ кг/см}^2$ должна быть следующая:

кубики через 7 дней	.....	120 — 140 кг/см^2
28	.....	180 — 210
балочки 7	.....	30 — 35
28	.....	45 — 52,5

Местные материалы (камень, песок) имеют свою особенность (различная форма зерен, примеси), поэтому всегда может случиться, что прочность бетона окажется ниже заданной; для повышения прочности при том же цементе можно применять следующие меры:

а) уменьшить несколько количество воды, оставляя количество цемента без изменения;

б) уменьшить немного количество песка и увеличить на столько же количество щебня;

в) добавить цемента, т. е. перейти к более жирному составу.

Во всех случаях получения неудовлетворительных результатов, испытания после введения указанных исправлений должны быть повторены.

Германские нормы полевого контроля, составленные специально для дорожных работ, предусматривают следующий порядок изготовления образцов и производства испытаний.

Приготавливаются три балочки $10 \times 15 \times 70$ см и три кубика $20 \times 20 \times 20$ см из бетона, применяемого при постройке бетонной плиты, и три кубика $20 \times 20 \times 20$ см из бетона с влажностью сырой земли. При отборе бетона для изготовления образцов производится определение его консистенции при помощи конуса.

При укладке бетонных плит в некоторых из них толевыми прокладками отделяют образец — кусок бетона квадратного очертания в плане в углу плиты, бетонирование и уход за которым производится так же, как и за прочим бетоном. Размеры образца 60×30 см. Из этого образца в лаборатории изготавливаются кубики $7 \times 7 \times 7$ см, числом 10 шт., с таким расчетом, чтоб одна из плоскостей каждого кубика совпадала бы с наружной поверхностью образца 60×30 см.

Приготовленные образцы подвергаются следующим испытаниям.

Определяется временное сопротивление сжатию кубиков $20 \times 20 \times 20$ см в возрасте 28 дней.

Определяется временное сопротивление растяжению при изгибе балочек $10 \times 15 \times 70$ см при нагрузке сосредоточенным грузом, приложенным в середине пролета, равного 60 см, в возрасте 28 дней.

Определяется водопоглощение на трех образцах $7 \times 7 \times 7$ см в возрасте 45 дней.

Определяется износ поверхности трех образцов $7 \times 7 \times 7$ см в возрасте 45 дней под действием струи песка.

Оценка результатов испытания по обычным для бетона нормам. Последние два испытания еще не вполне нормализованы.

Испытание бетона на удар является по германским нормам факультативным и не имеет еще специальной методики, так как применяемый в Германии для естественных камней метод Феппла¹ (а также и в САСШ — метод Педжа) дает для бетона неудовлетворительные результаты.

Так как испытание на удар произвести в полевой обстановке очень легко, в то время как определение величины временного сопротивления бетона сжатию требует доставки образцов в лабораторию, либо приобретения передвижного пресса, — особенно интересными являются попытки установления зависимости между показателями прочности при ударе и величиной временного сопротивления сжатию и разрыву.

В СССР подобные исследования были произведены в 1930 г. Механической лабораторией ЛИИПСа по поручению ЦИАТа².

Для изучения сопротивляемости бетона ударному действию нагрузки лабораторией было изготовлено 27 бетонных образцов — плит размерами $40 \times 40 \times 40$ см. Бетон применялся трех составов и различных консистенций (см. табл. 32). После 28-дневного хранения образцов во влажных опилках они подвергались ударному испытанию на копре.

Испытательная установка заключалась в следующем.

В деревянный ящик размерами в плане 100×100 см насыпался слой песка толщиной в 25 см. Песок тщательно утрамбовывался и поверхность его выравнивалась. Испытуемая плита укладывалась на эту песчаную подушку посредине ящика. Горизонтальность верхней поверхности образца

¹ См. Л. А. Белявский, В. Н. Коковин, В. В. Покровский: «Методы испытания каменных материалов», изд. ЦИАТа, 1932 г., стр. 73—77.

² См. И. П. Александрин: «Исследование бетона для дорожных работ», изд. ЛИИПСа, 1931 г.

выверялась по уровню. Вся эта установка производилась под копром, причем образец укладывался так, чтобы подвешенная на копре гиря в самом нижнем своем положении касалась центра образца.

Копер Мартенса, применявшийся в опытах, состоит из двух деревянных направляющих, на одной из которых нанесены деления через 1 см. Между направляющими копра движется деревянная планка, которая может быть зажимаема при помощи винта в любом по высоте положении. Снизу планка имеет крючок, к которому подвешивается гиря весом 5 кг.

Падение гири осуществляется нажимом на рычажок, в котором соединен крючок. Крючок, поворачиваясь вокруг горизонтальной оси, на которую он насажен, позволяет гире свободно падать. Гиря имеет грушеобразную форму.

После установки образца планка с гирей поднималась на такую высоту, чтобы низ гири находился на высоте 10 см от поверхности плиты. Гиря сбрасывалась на образец. Второй удар производился с высоты 20 см, третий с 30 см и т. д.

Испытание прекращалось с появлением трещины в образце, что определялось по внешнему освидетельствованию плиты после каждого удара.

За характеристику сопротивления бетона удару условно была принята работа, потраченная на раздробление, вычислявшаяся по формуле:

$$T = 5 \times 10 (1 + 2 + 3 + \dots + n) \text{ кг. см.},$$

где T — работа, затраченная на раздробление образца, в килограммо-сантиметрах.

n — число ударов до разрушения.

Вес гири — 5 кг. Ступень подъема гири — 10 см.

Результаты испытаний сведены в таблице 32. В этой же таблице помещены результаты испытаний на сжатие кубиков (среднее из двух испытаний), изготовленных из одних замесов с плитами для более надежного установления связи между сопротивлением удару и статической нагрузкой.

Таблица 32

№№ по порядку.	Номинальный состав по объему	$\frac{W}{C}$ по весу	Результаты испытания плит ударной нагрузки		Временное сопротивление сжатию кубиков кг/см^2
			число ударов до разрушен. (среднее)	полн. работа разрушения кг. см.	
1	1 : 1,2 : 1,8	0,37	16	6850	233
2	1 : 1,2 : 1,8	0,44	14	5080	240
3	1 : 1,8 : 2,7	0,43	14	5570	280
4	1 : 1,8 : 2,7	0,53	10	2770	179
5	1 : 2,4 : 3,6	0,52	10	2800	199
6	1 : 2,4 : 3,6	0,64	9	2270	143

Как видно из таблицы, сопротивление бетона удару зависит от водоцементного отношения и состава бетона.

На рис. 150 нанесены точками результаты испытания плит на удар. Кривая, проведенная между опытными точками, имеет вид гиперболы, совершенно аналогичной с основной кривой прочности бетона (рис. 42 и 43). Из графика наглядно видно, что с увеличением водоцементного отношения сопротивление бетона удару закономерно снижается.

Подчинение сопротивления бетона удару и сжатию статической нагрузкой одинаковому закону приводит к выводу, что между этими двумя видами характеристик существует некоторая пропорциональность.

Рис. 151 представляет собой изображение связи между T и σ_b , полученной в данных опытах путем исключения величин водоцементного соотношения.

Графически связь эта представляется прямой линией, имеющей в данном случае уравнение:

$$T = 27\sigma_b - 1600 \text{ в кг/см}^2,$$

где σ_b — временное сопротивление бетона сжатию в кг/см^2 .

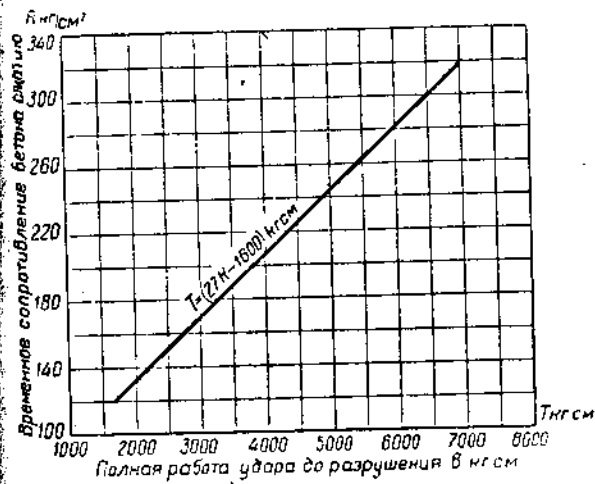


Рис. 150. Зависимость сопротивления бетона удару от водоцементного отношения (плиты в возрасте 28 дней).

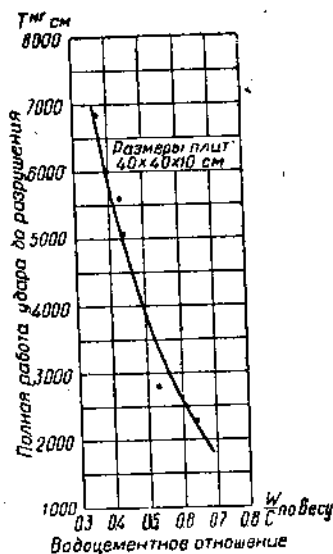


Рис. 151. Соотношение между величиной временного сопротивления бетона сжатию и полной работой удара (до разрушения). Плиты в возрасте 28 дней.

Таким образом, результаты испытаний бетона ударной нагрузкой, проведенных Механической лабораторией, приводят к заключению, что найденная связь между сопротивлением бетона сжатию и удару позволит испытание бетона ударной нагрузкой сделать одним из способов оценки механических свойств бетона в условиях строительства.

Так как устройство копра для испытаний чрезвычайно несложно и возможно даже на небольших постройках, то для проведения испытания требуется только путем предварительного сравнения сопротивления бетона сжатию и удару установить требуемое от данного бетона (при дальнейшем контроле прочности) значение T (получить прямую, подобную изображенной на рис. 151).

Аналогичные исследования были проведены в Германии Гутманом с той разницей, что сравнивались между собой величины временных сопро-

тивлений изгибу, сжатию и удару бетоном с различными цементами при всех прочих равных условиях. Кривые, полученные при этом сравнении менее закономерны, чем в опытах Механической лаборатории ЛИИПС, однако зависимость между сопротивлением изгибу и удару можно считать также установленной.

По существующим нормам быстрота схватывания и твердения бетонной плиты полевому контролю не подвергается. В виде дополнительного контроля в некоторых штатах Сев. Америки эти определения производятся, для чего сконструирован специальный прибор, состоящий из трех стальных колес, которые при продвижении их через определенные промежутки времени по бетону прорезают на его поверхности канаву. Ширина и глубина канавки являются измерителями твердости бетонной плиты в периоде твердения.

Контроль бетонирования при низкой температуре требует особо тщательный и более широкий; кубики при этом обычно изготавливаются в двойном количестве, причем один комплект хранится в нормальных для испытания условиях, а второй находится до испытания в условиях хранения и ухода, одинаковых с условиями бетонной одежды.

При установившейся температуре ниже 0° , равно как и при отсутствии установившихся морозов, если температура при заморозках падает ниже -5°C , постройка бетонной одежды обычно прекращается, так как при малой толщине бетонной плиты и при большой поверхности ее действие мороза особенно вредно сказывается на бетоне.

В случае крайней необходимости закончить бетонирование в холодное время, но до установившихся морозов, необходимо вести наблюдение за обязательным проведением следующих мероприятий:

- а) подогрев инертных материалов и воды до такой температуры, чтобы бетон в момент укладки имел температуру $+20^{\circ}\text{C}$;
- б) защита бетона от действия мороза прикрытием его рогожей, засыпкой опилками или песком;
- в) увеличение срока ухода за бетонной одеждой;
- г) недопущение в работу мерзлых кусков цемента и инертных;
- д) полное прекращение приготовления и укладки бетона при температуре ниже -5° .

В качестве мероприятий, обеспечивающих в тех же условиях получение прочного бетона в короткий срок, можно рекомендовать:

- а) ужирение состава бетона;
- б) применение цемента марки 00 и 000 вместо 0 и 00;
- в) добавку хлористого кальция в количестве 2—4% от веса цемента.

Полевая лаборатория по бетону должна быть снабжена следующим оборудованием:

1. Стандартный набор сит с отверстиями в стороне: 0,15; 0,30; 0,60; 1,20; 2,50; 5,0; 10,0; 20,0; 40,0; 80,0 мм. 1 компл.
2. Дополнительные сита:
для инертных: 25, 30, 50 мм. 1
цемента (64, 900 и 4900 отв/см³) 1
3. Игла Вика с измерителем густоты теста Тетмейера и никелированным конусом со стеклом 1
4. Прибор Михаэлиса для испытания на разрыв с приспособлением для испытания на перелом 1 штука
5. Металлическая или фарфоровая сферическая чашка . . . 1
6. Ручная лопаточка с округленными углами 1
7. Сушильный шкаф (термостат) 1

8. Примус	1	штука
9. Металлическая чашка (кастрюля) для пробы кипячением	1	"
10. Подставка для кипячения 3 лепешек в кастрюле	1	"
11. Ванна металлическая размером $50 \times 30 \times 10$ см	1	"
12. Колпак с остекленным верхом	1	"
13. Термометры: комнатный и до 150°C	2	"
14. Мензурки емкостью в 1 000 см ³	1	"
" " 500 "	2	"
" " 250 "	4	"
" " 100 "	2	"
" " 25 "	2	"
" " 10 "	2	"
15. Весы до 5 кг с точностью до 1 г с разновесом и гири	1	штука
16. Весы до 20 кг и гири 1 кг, 2 кг, 2 кг, 5 кг, 5 кг	1	компл.
17. Конус Абрамса (из оцинкованного железа)	1	штука
18. Столик Скрамтаева для определения консистенции	1	"
19. Сокот ручной	1	"
20. Формы металлические (или деревянные) размерами $20 \times 20 \times 20$ или $30 \times 30 \times 30$ см. не менее 6 штук Формы деревянные размером $120 \times 15 \times 15$ см для балочек	3	"
21. Лопаты ручные для приготовления бетона	2	"
22. Брезент для перемешивания инертных при отборе проб	1	"
23. Желез. цилиндр. сосуды емк. 1, 2, 5, 10 и 20 л	5	"
24. Стержни для штыкования диам. 15 мм, длиной 75 см	2	"
25. Трамбовки для изготовления кубиков	1	"
26. Сетки для трамбования кубиков пластичного бетона	2	"
27. Металлические (или деревянные) линейки длин. 40 см	2	"
28. Складной метр	1	"
29. Стекланные сосуды емкостью в 5 л и в 3 л по 2 шт.	4	"
30. Стекланные пластинки размером, примерно, 10×10 см	12	"
31. Металлические листы размером $50 \times 50 \times 0,5$ см	2	"
32. Стекланные воронки	3	"
33. Тарелки металлические	12	"
34. Столовые ножи	2	"
35. Перочинный ножик	1	"
36. Ведро	2	"
37. Окоренки	2	"
38. Бидон для керосина	1	"
39. Жестяные воронки	2	"
40. Щетка мягкая для чистки сит	1	"
41. " твердая для чистки оборудования	1	"
42. Едкий натр (NaOH)	}	В нужном количестве
43. Танин		
44. Алкоголь		
45. Хлористый барий (BaCl_2)		
46. Сернистый натр (Na_2SO_3)		
47. Вазелин		
48. Лакмусовая бумага		
49. Машинное масло, трипки		
50. Противень для сушки песка		1 штука

На мелких постройках достаточно иметь только следующее оборудование.

1. Формочки деревянные	2	штуки
2. Кастрюля диаметром 45—50 см	1	"
3. Примус	1	"
4. Ведро	2	"
5. Стекланные пластинки размером 9×12 см	6	"
6. Перочинный и столовый ножи	2	"
7. Стекланные цилиндры с делениями: на 250 и 500 см ³	2	"
8. Кольца из проволоки диаметром 40, 20, 10 мм	1	компл.
9. Весы столовые на 20 кг с гирями	1	штука
10. Лопата	1	"
11. Кружка из оцинкованного железа на 1 л	1	"

- | | | | |
|--|-------|------------|--------|
| 12. Формы деревян. разм. $20 \times 20 \times 20$ см | 3 шт. | желательно | 6 штук |
| 13. Формы деревян. разм. $30 \times 30 \times 30$ см | ..... |  | 3 |
| 14. Формы деревян. для балочек размером $120 \times 15 \times 15$ см | 3 |  | ..... |
| 15. Железная палка длиной 75 см, диаметром 2 см | ..... |  | 1 |
| 16. Молоток весом 2 кг | ..... |  | 1 |
| 17. Термометр комнатный | ..... |  | 1 |
| 18. Бумага черная для исследования песка | | | |

13. КОНСТРУКЦИЯ И СПОСОБЫ УСТРОЙСТВА ШВОВ.

Соединение плит между собой. При проходе колес экипажа над швом, плита, находящаяся под давлением колес экипажа, несколько просаживается, и благодаря этому следующая плита оказывается приподнятой по отношению к первой (рис. 152-а). Колесо, вкатываясь на вторую плиту, ударяется о ее ребро, чем вызывается сотрясение экипажа и разрушение бетона у ребра плиты. Для предотвращения независимого опускания двух смежных плит, либо они укладываются на общей бетонной плите-фундаменте (рис. 152-б), либо соединяются между собой штырями (рис. 152-в), либо применяется шпунтовое соединение плит (рис. 152-г).

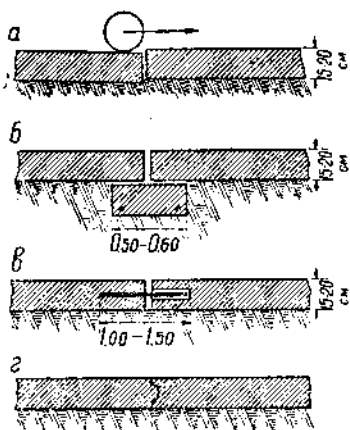


Рис. 152. Основные типы соединения плит между собой.

Укладка бетонных плит-фундаментов, применявшаяся в первые годы постройки бетонных дорог в САСШ, имеет ряд отрицательных сторон: а) требуется заранее (за 8—10 дней) устанавливать эти плиты, б) наличием плиты-фундамента строго фиксируется место расположения шва и в) нарушаются нормальные условия работы дорожной одежды. Условия работы бетонной плиты на плитах-фундаментах приближаются к условиям работы балки на двух опорах, так как реакция грунта, заключенного между двумя плитами-фундаментами, незначительна по сравнению с сосредоточенной реакцией опор.

Подобно этим плитам применялась укладка заранее приготовленных бетонных подушек ($0,60 \times 0,60 \times 0,33$) под места пересечения поперечных швов с продольными; в этом случае, благодаря опиранию плиты всего лишь в четырех точках, условия работы ее еще более ухудшались.

Второй тип соединения плит между собой штырями получил, наоборот, почти исключительное распространение.

Длина штырей берется от 1,00 до 1,50 м, толщина 25—40 мм. Штыри располагаются через 0,8—1,0 м один от другого. Расстояние между штырями и их толщины определяются на основе опытных данных, — исходя из соображений, чтобы смятие бетона под штырем не вызывало разрушения бетона.

В одной из плит штырь устанавливается непосредственно в бетоне, в другой — в железной трубке несколько большего диаметра (рис. 152-в); для обеспечения подвижности стыка трубка, а также находящийся в ней конец штыря смазываются маслом. Вместо масла применяется для смазки также битум.

Третий тип соединения двух плит между собою при помощи шпунтового замка может применяться только для швов сжатия, так как шпунт одновременно является и жестким заполнителем шва. Два таких шпунтовых соединения показаны на рис. 153, 154 и 155. Здесь шпунт усилен штырем. Показанный сверху шпунта колпачок после окончания бетонирования снимается и шов после расчистки заливается сверху битумом. Шпунтовые соединения чаще применяются в продольных швах, чем в поперечных.

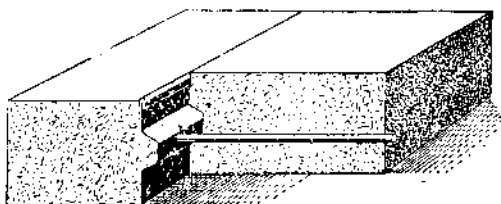


Рис. 153. Шпунтовое соединение плит.

В гл. было указано, что швы, применяемые на бетонных дорогах, в зависимости от назначения имеют различную ширину: от самой малой ширины (0,1—0,2 см) до ширины в 2—3 см. В зависимости от ширины шва стоит выбор заполнителя для него и способа выполнения шва.

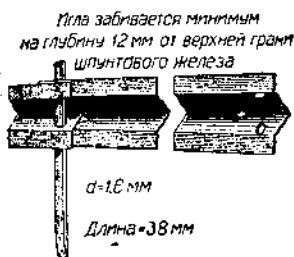


Рис. 154. Шпунт для соединения плит.

Швы минимальной ширины. К этой группе относятся рабочие швы и швы сжатия. Рабочие швы устраиваются перед перерывом в работе установкой отвесно и перпендикулярно к оси дороги доски закреплением ее в этом положении кольями, забиваемыми с наружной и внутренней сторон. Укладка и отделка бетона доводится до доски, колья, забитые с внутренней стороны, вынимаются, поверхность бетона выравнивается, причем выравнивание у самой доски производится особенно тщательно. После окончания перерыва в работе доска отделяется от бетона, бетонирование возобновляется, начиная от вертикальной стенки

уложенного до перерыва бетона. Поверхность этой стенки (одной из сторон рабочего шва) смазывается разведенной с песком в воде глиной или остается вовсе без смазки, так как независимо от наличия смазки образование шва при сокращении плиты произойдет именно по линии рабочего шва, хотя бы даже и произошло схватывание нового бетона со старым.

Швы сжатия могут устраиваться таким же способом, большое удобство которого — простота выполнения работы. Недостатком же этого способа является необходимость выждать затвердения бетона. Поэтому при механизированной постройке

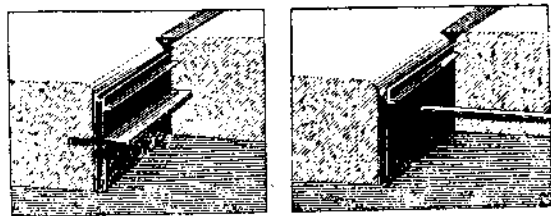


Рис. 155. Опытное шпунтовое (слева) и штыревое (справа) соединение плит (Германия) в шве расширения.

устройство швов сжатия видоизменяется — доска берется возможно меньшей толщины (около 1 см) и после закрепления доски кольями укладка бетона и его обработка ведется сразу с обеих сторон доски для исключения одностороннего давления бетона на доску. Доска и колья остаются в бетоне.

Пропуск финишера над швом производят при этом одним из следующих приемов.

а) Профилируют и трамбуют бетон с одной стороны шва, подходя вплотную к доске, затем приподнимают разравнивающий брус, передвигают финишер на ширину бруса и толщину доски и начинают разравнивание с другой стороны, сдвинув при передвижении финишера накопившиеся перед разравнивающим брусом излишки на другую сторону шва. Подобным же образом переносят через шов трамбуемый брус и разравнивающую ленту. Трамбование и разглаживание поверхности плиты возле шва повторяют до получения желаемого результата.

б) Доску устанавливают ниже поверхности бетонной плиты и пропускают финишер над местом будущего шва, производят отделку бетонной дороги обычным способом. После прохода финишера возле шва устанавливается рабочий мостик, с которого специальными зацепами-острогубцами, погруженную в бетон доску подтягивают вверх до проектного положения а затем специальной гладилкой производят выравнивание поверхности бетонной плиты вручную.

Деревянная доска, оставляемая в бетоне, подвергается более быстрому изнашиванию, а потому выполненные таким способом швы через год—два эксплуатации требуют заполнения их в верхней части вяжущим веществом (чаще всего битумом).

Поэтому деревянные доски в качестве заполнителей швов сжатия постепенно вытесняются металлическими листами, толщ. 5—6 мм. Для удобства пропуска финишера над швами с металлическими листами, последние устанавливаются на 5—6 мм ниже проектных отметок верха полотна, и бетонирование участка плиты возле шва в этом случае не отличается ничем от бетонирования всего остального протяжения одежды. Образующиеся над листом-заполнителем трещины и выкрашивание бетона опасности не представляет в виду малой ширины заполнителя и малой (до 1 см) толщины бетона над ним. На 2—3-м году эксплуатации такие швы также требуют ремонта и заполнения битумом.

При установке заполнителя на 15—20 мм ниже поверхности плиты по отвердении бетона тонкий слой его над заполнителем выдалбливается, и полученная узкая борозда еще до открытия движения заполняется битумом.

Продольные швы устраиваются чаще всего по типу рабочих швов, так как при наличии продольного шва работы по постройке дороги ведутся обычно „по-половинкам“, и между постройкой первой и второй половины дороги протекает довольно значительный промежуток времени. Боковая поверхность ранее построенной половины дороги обмазывается разведенной в воде глиной или каким-либо смазочным материалом.

Укладка „плиты через плиту“. Простота устройства швов по типу рабочих швов вызвала перенос этого способа не только на устройство швов сжатия, но и всех типов швов, для чего стали применять укладку бетона не в последовательном порядке вдоль всей дороги, а через плиту: бетонируется первая плита, вторая временно пропускается, бетонируется третья, четвертая пропускается и т. д. По отвердении первой и третьей плиты приступают к бетонированию второй плиты; по отвердении пятой — бетонируют четвертую и т. д. (рис. 155-а). Этот способ (получивший распространение в Германии) при покрытии больших площадей приводит к бетонированию отдельных плит „в шахматном порядке“ (рис. 235). Устройство швов (как сжатия, так и расширения) в этом случае очень упрощается, но появ-

дается ряд новых операций (преимущественно транспортных), резко уменьшается четкость работы, а следовательно и быстрота постройки.

Применение способа укладки плиты с перерывами вызвано было желанием сохранить возможность ожидать твердения бетона без прекращения всей работы по постройке дороги: нужно было дать возле каждого шва участок, который заполнялся бы бетоном во вторую очередь по отвердении бетона первой очереди. Эта задача разрешается еще одним способом (рис. 156). Устанавливается не одна доска для поддержания отвесной стенки шва, а две, — в расстоянии 0,30—0,60 м. Такое расположение досок облегчает и их установку — они могут быть расперты и выравнены в плане кольями с клиньями. Бетонирование, доведенное до первой доски, переводится за вторую. Участок же бетона между досками бетонируется во 2-ю очередь после снятия досок и надлежащей смазки стенок плит 1-й очереди. Этот способ допускает применение машин для обработки основной массы бетонной одежды, для коротких же вставок требует ручной работы. Основным недостатком — увеличение почти вдвое количества швов — не дал этому способу возможность получить большое распространение (рис. 157).

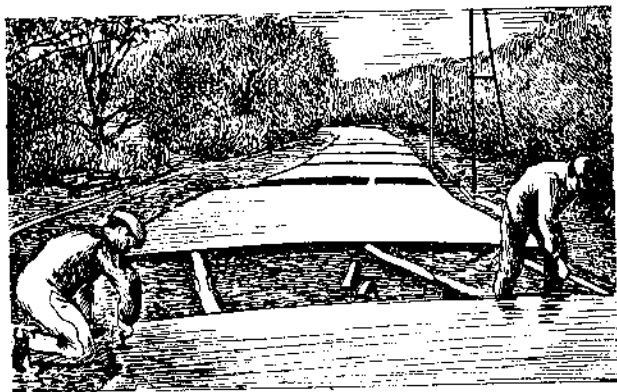


Рис. 155-а. Укладка «плиты через плиту».

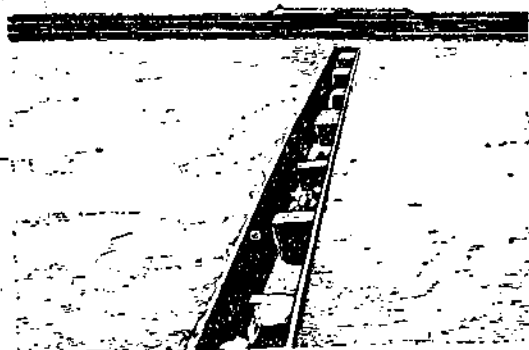


Рис. 156. Образование двойного шва сжатия.

Швы расширения с листовым заполнителем. Применение в качестве заполнителя шва листовых вставок из упругого материала имеет место и в САСШ и в Германии. Материалом для листового заполнителя служит прессованный просмоленный войлок, рубероид, спрессованные листы толя и т. п. материалы, достаточно способные настолько хорошо реформироваться, чтобы не препятствовать удлинению плиты, и вполне водонепроницаемые.

Установка листового заполнителя при ведении работ с оставлением незаполненных бетоном промежутков не представляет никаких трудностей. После снятия досок, служивших опалубкой для боковой поверхности шва, листовой заполнитель приставляется к освобожденной поверхности и прижимается к ней осторожно укладываемым бетоном. Так как давление бетона при трамбовании несколько сжимает заполнитель, то толщина его должна

выбираться на 2—5 мм больше назначенной ширины шва. Верх листового заполнителя должен быть очерчен по проектному профилю плиты и установлен строго на соответственной высоте. Чаше листовой заполнитель берут большей высоты и излишек, возвышающийся над плитой, срезают после отвердения бетона; обработка бетона возле шва при этом становится затруднительной.

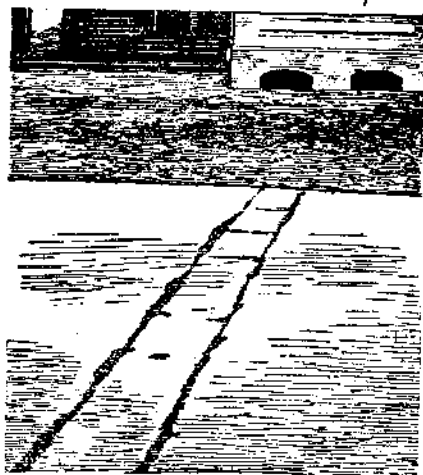


Рис. 157. Двойной шов сжатия на дороге Клефельд-Мисбург.

больше, чем ширина шва, назначенная по проекту. Такой запас дается для того, чтобы материал заполняющий шов не был сжат с самого начала работы бетонной плиты. Показанный на рис. 158 шаблон ниже уровня поверхности плиты имеет лишь захваты. Недостаток — большой профиль уголков, образующих раму шаблона, работающих на изгиб. Чаше от уголкового остова отходят вниз два тонких листа, между которыми заключен листовой заполнитель. Эти два боковых листа имеют прорезы для обеспечения прижатия бетоном наполнителя после его установки. Сама операция вытаскивания шаблона показана на рис. 159. В Германии этот способ имеет применение с той разницей, что шаблон не имеет сверху заплечиков, а ограничен вровень с заполнителем, а кроме того там принимаются особые меры, чтобы удержать заполнитель на месте при вытаскивании шаблона (шаблон проволокой прикрепляется в 5—6 местах к кольям, забитым в основание).

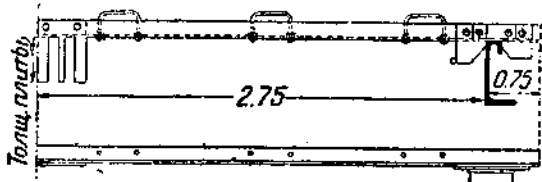


Рис. 158. Шаблон для установки листового заполнителя шва.

Второй способ установки листовых заполнителей допускает непрерывную укладку бетона и удобен при механизированном ведении работ. Возможны следующие вариации в приемах работ: а) шаблон понижается ниже уровня плиты. — по удалении машин вытаскивание шаблона из бетона производится крючками, для которых в шаблоне устраиваются отверстия; б) применяется деревянный шаблон большей толщины (2—3 см), удаление такого шаблона

должно производиться в самом начале схватывания, — образующееся вдоль заполнителя свободное пространство частично заполнится раздавшимся бетоном, частично требует дополнительной заделки, почему этот вариант и не может быть рекомендован; в) заполнитель на 1—2 см не доводится до верха плиты, на него надевается металлический колпачок, обернутый вокруг деревянного прямоугольного или круглого вкладыша (рис. 160). Вначале схватывания бетона колпачки эти (длиной 2—2,5 мм) снимаются. Остаточные канавки требуют немедленной, после отвердения бетона, обработки (рис. 161). Поверхность бетона возле швов расширения требует особо тщательного внимания при общей отделке и дополнительной подправки с рабочих мостиков. Ребра плит, образующих шов, помощью специальных гладилок закругляются радиусом 3—4 см.

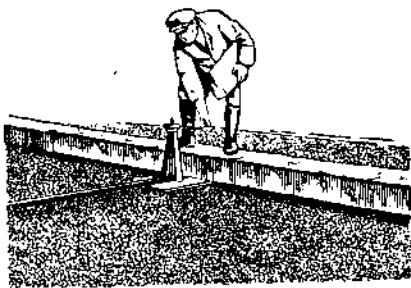


Рис. 159. Вытаскивание шаблона после установки заполнителя и укладки бетона.

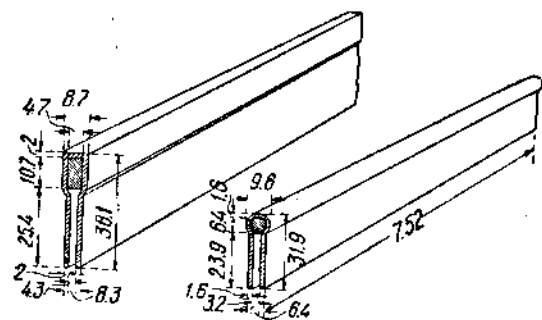


Рис. 160. Колпачки из железа, применяемые при установке листовых заполнителей (размеры в мм).

была обеспечена проектная ширина шва (не произошло бы расползания бетона). Не следует ожидать начала твердения бетона, так как вытаскивание шаблона, зажатого двумя отвердевшими плитами, требует больших усилий, а в отдельных случаях (при деревянных, разбухающих шаблонах) приходится прибегать к вырубанию или выжиганию шаблонов из шва.

Для предотвращения сцепления и облегчения вытаскивания шаблонов они должны быть тщательно смазаны.

После того как шаблон вынут из шва, с рабочего мостика или финишера производят исправление ребер вдоль шва, удаляют отколовшиеся куски, скашивают фасками или закругляют верхние ребра плиты и выглаживают поверхность.

Одежда возле швов должна быть уплотнена не менее, чем на остальном протяжении, поэтому следует трамбовать и выглаживать возле швов выполнять особенно тщательно. Взамен трамбовочных брусов и катков часто

Швы расширения с литым заполнителем. Швы, заполняемые после постройки одежды, осуществляются помощью деревянных или металлических шаблонов, имеющих верхнее очертание по проектному профилю плиты, высоту, равную высоте плиты и толщину, равную проектной толщине шва. Способы установки таких шаблонов не отличаются от описанных уже ранее. Шаблоны вынимаются из шва к концу схватывания бетона, чтобы

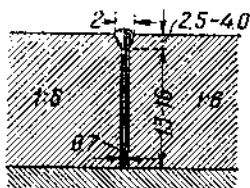


Рис. 161. Шов с листовым заполнителем, недоведенным до верха плиты после разделки.

приходится пользоваться ручными трамбовками весом до 12—15 кг и ручными гладилками, оперируя ими с рабочих мостиков.

После отвердения плиты швы прочищаются для удаления запавших в них кусков бетона и заполняются вяжущим веществом. В качестве вяжущего вещества наибольшее применение имеет смесь битума с песком в пропорции 3:1, причем битум берется такой консистенции, чтобы не размягчался при жаре и не давал бы трещин при морозе. Для лучшего распределения битума в шве битумную смесь следует вводить при помощи лейки с заостренным концом. Поливку производить в несколько проходов по шву слоями по 2—3 см. Для достижения плотного обволакивания битумом стенок шва после прочистки шва, перед заполнением применяется продувка его сильной струей воздуха, удаляющей мелкие частицы грунта и бетона. Шов перед заполнением битумом должен быть совершенно сухим.

Технические Правила Цудортранса рекомендуют устройство швов расширения производить следующим способом.

Для устройства шва устанавливается отвесно при помощи кольев железная или деревянная доска от одной формы до другой с прорезями для штырей. Верхнее очертание доски должно в точности соответствовать профилю дороги, причем верх доски должен быть на $1\frac{1}{2}$ —2 см ниже проектного верха одежды. Доска оборачивается толем или намазывается мазутом (или смазочным маслом). В прорези доски вставляются штыри, поддерживаемые по своей длине деревянными подкладками. Помощью таких же подкладок поддерживаются и трубки, обеспечивающие скольжение штыря в плите. Штырь по всей длине смазывается. После этих приготовлений производится укладка и трамбование бетона по обе стороны шва при тех же условиях, как и на всей длине плиты, причем обращается особое внимание на надлежащее распределение бетонной массы возле приспособлений, образующих шов. Через 2—3 часа после последнего прохода финишера доски из бетона медленно вынимаются, ребра шва исправляются с рабочего мостика, и шов заливается смесью нефтебитума № 2 с песком в пропорции 2:1.

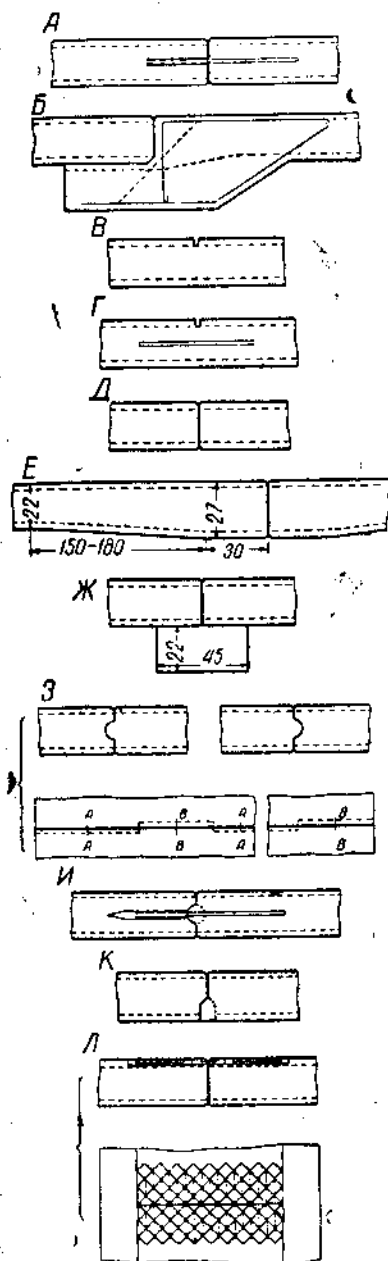
Германское общество изучения автомобильных дорог в памятке для сооружения бетонных дорог дает следующие направляющие указания относительно устройства поперечных швов.

„Поперечные швы следует устраивать перпендикулярно или под углом к оси дороги, причем расстояние между швами не должно превышать 10 м. Если дорога расположена на кривой, то эти поперечные швы могут быть расположены по направлению радиуса кривой. Швы могут быть образованы либо как рабочие стыки, либо как специальные швы. Если образуются специальные швы, то их толщина должна быть равна $1\frac{1}{2}$ см. Швы эти должны быть заполнены упругими изолирующим материалом. Рекомендуется обращать внимание на то, чтобы поперечные швы не пересекали продольный шов, расположенный посредине ширины дороги в одном месте; их следует смещать один относительно другого и обрывать слева или справа от середины проезжей части дороги“.

Битумное заполнение швов выводится обычно на 8—10 мм выше плиты, образуя возвышающийся над швом битумный рубец. Толчки повозок при проходе через шов с таким рубцом менее чувствительны, чем толчки о стенки шва, неизбежные в тех случаях, когда заполнитель уложен ниже поверхности плиты.¹ Для выравнивания поверхности заполнителя применяют фасонные лопатки-гладилки. Для предотвращения вытекания заполнителя на обочины против швов после снятия форм устанавливаются отвесно обрезки

¹ В новейшей немецкой литературе встречаются указания о том, чтобы заполнитель не доводить до верха плиты, но обоснования такого решения не приводятся.

досок, прижатые к плите, или край шва заклинивается кольями толщиной 2 см. Кроме битума для заполнителя применяется ряд патентованных составов, имеющих основными частями тот же битум, войлок, асбест и дру-



А — штырь, одним концом входящий в трубку;

Б — утолщение конца плиты; движение от Б вправо;

В — ложный шов без штырей;

Г — ложный шов со штырями;

Д — шов без соединения плит между собой;

Е — утолщение конца плиты у стыка;

Ж — плита-фундамент, предотвращающая опускание конца плиты при проходе экипажей;

З — металлический шпунт;

И — такой же шпунт, усиленный штыревым соединением;

К — разновидность металлического шпунта;

Л — усиленное армирование бетона у поверхности общей для двух плит арматурой.

Рис. 162. Типы швов, применяемые в Англии. Слабое армирование плиты во всех типах. Преимущественное распространение имеют типы А, Г, З и И.

гие материалы. Применяется в целях экономии этих составов комбинированная заливка швов: в нижней части битумом с песком, в верхней части па-
тентованным составом.

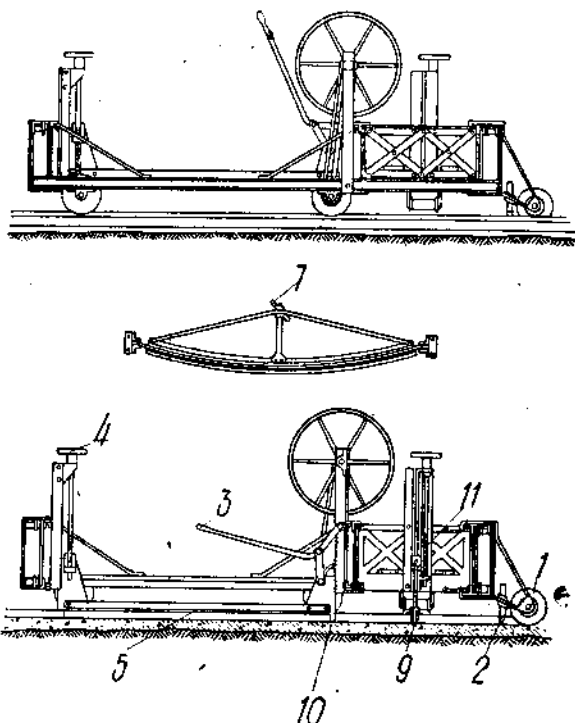


Рис. 163. Прибор Гельтцеля для устройства продольных и поперечных швов в бетонной одежде.

образную форму. Нажатием рычага 3 и поворотом рукояти 4, помощью показанных на чертеже передач, фасонный брус 5 опускается в прорезанную борозду. Прижа-

в бетонную поверхность края будущего шва, который после вытаскивания бруса 5 и затвердения бетона может быть заполнен битумной смесью. Последовательность операций образования шва изображена на рис. 164. На кривых брусу 5 может быть придана нужная кривизна подвинчиванием барашка 7. Поперечные швы устраиваются вдавливанием полосы 8 заполнителя для (напр., сложенного толя) другим фасонным брусом 9. Вертикальное движение бруса 9 сообщается рукоятью и кремальерой 11. После вытаскивания бруса 9 заполнитель 8 сжимается еще неокрепнувшим бетоном. Запечки 12 брусев 5 и 9 должны быть достаточной ширины для выравнивания поверхности бетона возле шва.

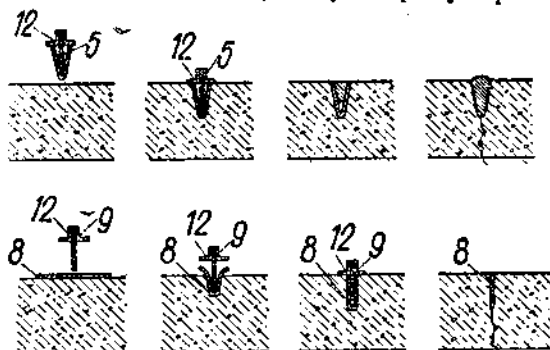


Рис. 164. Схема образования швов с листовым или литым заполнителем по Гельтцелю.

Описание другого прибора для устройства продольных швов в готовой бетонной

те дает Шароо. Работа этого прибора достаточно ясно представлена на рис. 165. Устройство швов в законченной укладкой бетонной плите широкого распространения не получило. Прочность покрытий, построенных указанными выше приборами, не проверена в достаточной степени на опыте. Возможно ожидать появления

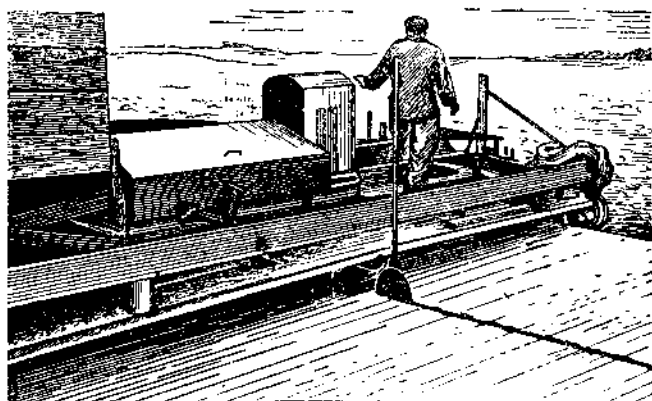


Рис. 165. Способ образования продольного шва, применяемый в штате Айова (САСШ).

разрушения бетона возле швов, так как при прорезке шва неизбежно перемещение зернистых и нарушение однородности состава бетона.

Устройство швов в двуслойных покрытиях. При постройке первых двуслойных дорог швы верхнего и нижнего слоя устраивали не в одном сечении, а в двух смежных, чтобы меньше ослаблять сечение плиты в целом. Такой прием благоприятных результатов не дал, — верхний слой давал трещину над швом нижнего слоя (рис. 166-а). Точно так же отрицательные результаты получились при устройстве нижнего слоя без швов, в расчете на то, что защищенный от непосредственного действия атмосферных влияний нижний слой может претерпевать объемные изменения без появления опасных напряжений и, следовательно, трещин. В нижнем слое образование трещин происходило, и непосредственно над ним образовывались трещины и в верхнем слое (рис. 166-б). Поэтому теперь швы в двуслойных дорожках устраиваются либо в обоих слоях в одном сечении (рис. 166-в), либо только в нижнем слое; в последнем случае трещина верхнего слоя над швом нижнего (рис. 166-г) сразу после ее образования заливается битумом.

При устройстве шва обоих слоев в одной плоскости в Германии распространен следующий прием производства работы. На месте шва нижнего слоя устанавливается отвесно тонкий железный лист во всю ширину бетонируемой части дороги. Лист обернут полосой толя, согнутой в нижней части (так же, как на рис. 164). Задачей железного листа является — удержать полосу толя точно в намеченном для шва месте. После

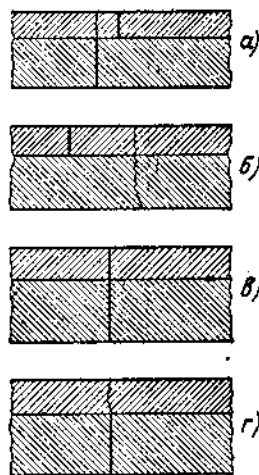


Рис. 166. Расположение швов в двуслойных дорожках.

кончания бетонирования нижнего слоя железный лист вытаскивается и заменяется железной же полосой клиновидного сечения, доходящей до верха плиты.

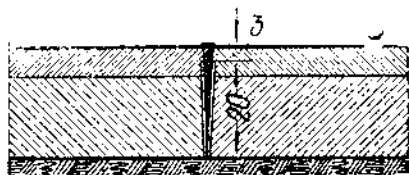


Рис. 167. Образование шва в двуслойной одежде.

смесью. Удобства такого приема железных шаблонов, имеющих высоту одного слоя; легкость вытаскивания шаблона вследствие его клиновидной формы; рационально меняющаяся ширина шва — большая у поверхности плиты и меньшая у основания, что соответствует разным размерам деформаций верхних и нижних слоев бетона; удобство заполнения шва. Другие способы устройства шва в двуслойной одежде показаны на рис. 169, 170 и 171.

При механизированной отделке бетона определение положения швов всех типов в натуре следует производить

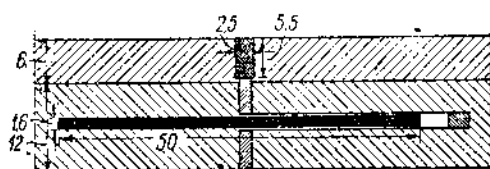


Рис. 169. Швы расширения с литым заполнением в двуслойной одежде.

Общие выводы. Большое разнообразие в конструкции и способах осуществления швов показывает, что таких типов, которые могли бы считаться стандартными, практика строительства бетонных дорог не выработала. Можно указать лишь на швы, получившие преимущественное распространение. Устройство швов сжатия — чаще всего с листовым жестким заполнителем или вовсе без заполнителя — с обмазкой торцов. Верхняя часть шва в подавляющем большинстве осуществленных дорог расширяется и заполняется битумом еще до открытия движения. Швы расширения в САСШ почти исключительно выполняются с литым заполнителем, в Германии больше с прессованным.

разметкой по одной нитке форм, затем, прокатывая по формам финишер, устанавливать одно из ребер разравнивающего бруса против сделанной отметки на форме и отмечать на второй форме против другого конца бруса местоположение шва. Подобной разметкой достигается точная параллельность шва разравнивающему и трамбующему брусам.

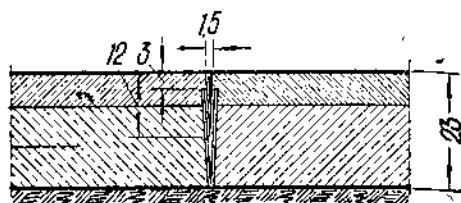


Рис. 168. Образование шва в двуслойной одежде.

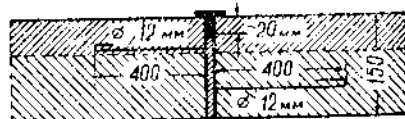


Рис. 170. Шов расширения с листовым заполнителем, удерживаемым специальной арматурой.

рый гарантировал бы от появления трещин, однако, ряд мероприятий, способствующих надлежащему твердению бетона, разработан с достаточной подробностью.

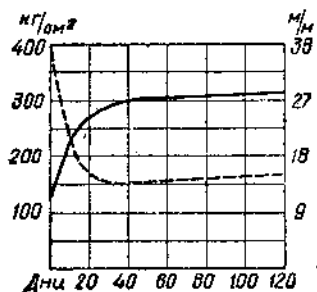


Рис. 172. Влияние продолжительности ухода за свежей бетонной одеждой на ее прочность.

Слева — временное сопротивление сжатию в кг/см²; справа — величина износа в мм; по оси абсцисс — продолжительность ухода за свежим бетоном — в днях.

Поддержание влажности является самым важным мероприятием, предотвращающим появление трещин в бетонной массе. О постоянном поддержании влажности, особенно при способствующей сильному испарению высокой температуре воздуха и при ветре, следует заботиться уже при самом начале схватывания и по меньшей мере сразу же после поверхностного затвердения бетона.

Опыты, проведенные Абрамсом, показывают, что особенное влияние на величину износа бетона имеет поддержание плиты во влажном состоянии первые две недели после укладки бетона; дальнейшее увеличение срока ухода за бетоном дает лишь незначительное уменьшение износа (рис. 172). Если по случайным причинам бетонная одежда содержит избыток влаги (напр., при укладке в дождливую погоду), то значительное увеличение срока ухода за таким покрытием также может дать удовлетворительные результаты.

Висушивание необходимо начать возможно позднее, с тем расчетом, чтобы бетон, воспринимая усадочные напряжения, обладал уже достаточной прочностью.

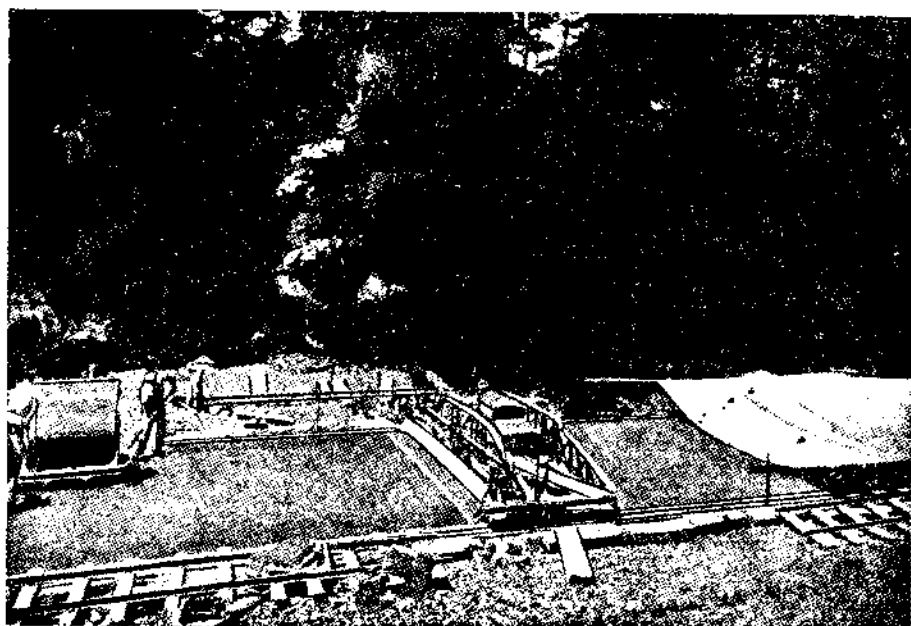


Рис. 173. Защита свежеработанной бетонной одежды от дождя и солнца парусиновым тентом.

Начальными средствами поддержания во влажном состоянии является защита его тентом или передвижной крышей от действия солнечных лучей (рис. 173 и 174).

Как только начинается схватывание бетона, возможно переходить на увлажнение посредством душа, возможно более рассеянного, причем в первый период твердения воду можно подавать в форме мельчайших, легко оседающих, частиц (рис. 175).

Как только началось твердение бетона, в качестве защитного средства применяется

рассыпка тонкого слоя песка, поддерживаемого во влажном состоянии периодическими поливками его. Постепенно песчаный слой можно усиливать, что позволит увеличить интервалы между поливками этого слоя. При

недостатке песка он рассыпается тонким слоем, а сверху него насыпается грунт с обреза дорог.

Поддержание бетона во влажном состоянии осуществляется также покрытием поверхности плиты грубым мешковым материалом, опилками, соломой или рогожей, а также специальными полотнищами брезента с поливкой их водой (рис. 176, 177 и 178). Укладка брезентов или мешков производится не ранее второго и не позже третьего дня после окончательной отделки бетонной одежды.

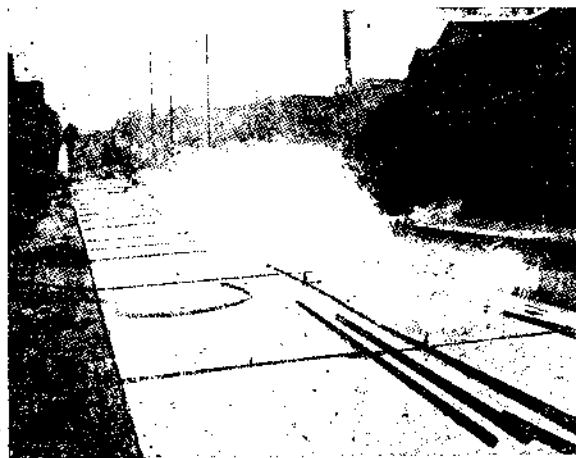


Рис. 175. Увлажнение бетонной одежды посредством рассеянного душа.

Операция накатки и съёмки полотнищ в Америке также механизирована (рис. 179). В Германии применяются специальные патентованные покрывала Sisalkraft (рис. 180), предохраняющие бетон от потери влаги.

Применяется также устройство на поверхности бетона вдоль краев одежды и поперек плиты валиков из глины, с заполнением площадей между валиками водой (рис. 181), причем надлежит особенно

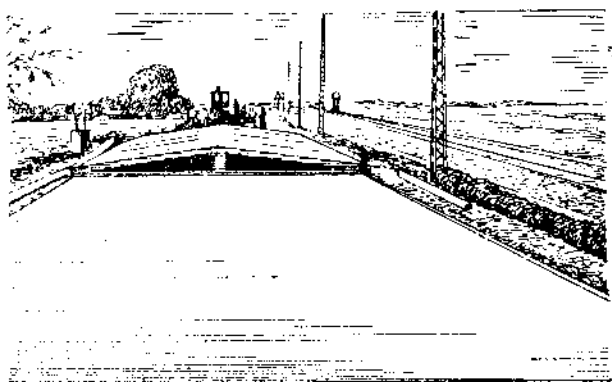


Рис. 174. Защита свежеработанной бетонной одежды от дождя и солнца передвижной крышей.

тщательно следить, чтобы возвышающаяся середина полотна всегда была покрыта водой, так как неодинаковые условия увлажнения краев и середины плиты могут привести к появлению трещин. Из тех же соображений следует сразу же после постройки озаботиться отводом дождевой воды, обычно скапливающейся в канавках вдоль краев плиты.

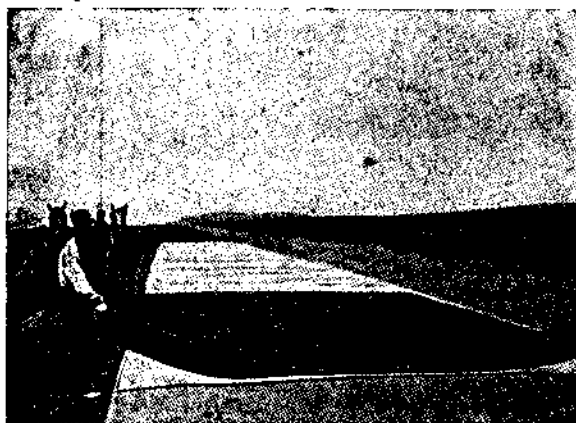


Рис. 176. Полотнища, укладываемые поверх бетонной одежды для защиты от дождя и солнца.

Применение хлористого кальция — является предупредительной мерой другого порядка. В этом случае используется способность хлористого кальция задерживать в себе воду, необходимую для твердения бетона. Бетонную плиту покрывают на 2-й день после укладки бетона тонким слоем хлористого кальция, при расходе его около 1 кг на кв. м.

Все перечисленные приемы ухода за свежей бетонной одеждой дают удовлетворительный результат, и выбор одного или нескольких из них для каждой постройки диктуется местными условиями (целесообразностью устройства длинного водопровода для увлажнения посредством душа, наличием песка вблизи места постройки или возможностью выборки грунта с обреза для насыпки защитного слоя, наличием сена или соломы, близостью заводов, вырабатывающих хлористый кальций и т. д.).

Устройство тента или подвижного навеса желательно во всех случаях, независимо от способа дальнейшего ухода, так как тент предохраняет бетон и от вредного влияния дождя в первые два дня после укладки.

Продолжительность

тщательного ухода за покрытием перечисленными выше способами производится при самых благоприятных симптомах успешного твердения бетона не менее 10—15 дней.

Езда по уложенному на бетон предохраняющему слою не допускается.

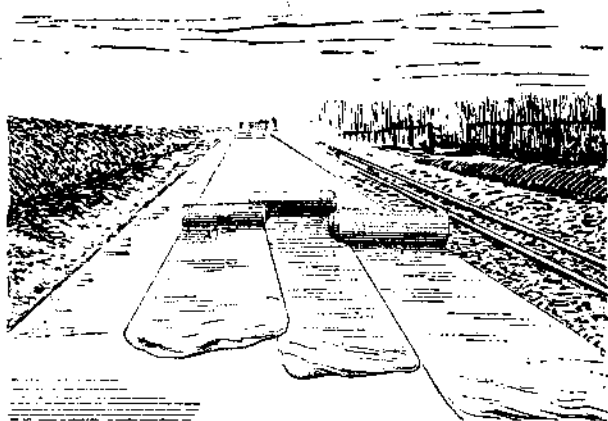


Рис. 177. Полотнища, укладываемые поверх бетонной одежды для защиты от дождя и солнца.

О том, какое значение придается в САСШ изучению различных способов выдерживания бетона (ухода за свежей бетонной одеждой), можно судить по тем опытам, которые для этого ставятся. Арлингтонская станция Бюро общественных работ построила в 1926 г. 40 бетонных плит общей длиной 60 м и в течение 4 лет эти 40 плит, выдерживаемые в различных условиях, подвергались постоянному изучению, причем измерялись изменения объема, содержания влаги, сопротивления истиранию и др. Такое же исследование в производственной обстановке проводится в штате Тенесси, где построен 27-километровый участок и применено 25 способов выдерживания.

Средствами ухода за свежей бетонной одеждой, не получившими еще широкого распространения, является обработка поверхности жидким стеклом и флюатами. Жидкое стекло (силикат калия или натрия) образует со свободной известью цемента известковый силикат, заполняющий пустоты в бетоне. Бетон покрывается жидким стеклом тогда, когда он уже начал твердеть. Раствор берется в пропорции 3 части силиката на 1 часть воды. Расход раствора 0,5—1 кг/м². Флюаты (водные растворы соединений фтора) также связывают известь и ускоряют твердение бетона. Особых преимуществ в уходе с применением этих средств еще не установлено.



Рис. 178. Защита от солнца поверхности бетонной одежды соломой, смачиваемой водою.



Рис. 179. Механизированная накатка предохранительных от дождя и солнца полотнищ в САСШ. Станок с полотнищами прикрепляется двумя тягами к финишеру, который и перекачивает его при укладке и съёмке полотнищ.

бетонной поверхностью солнечных лучей. Такая поверхностная обработка применяется и в целях уменьшения износа.

Кроме битума и дегтя, для обработки пользуются также битумной эмульсией, разбрызгиваемой под давлением, по возможности равномерно, в количестве 0,2—0,3 кг/м². По вопросу о достоинствах поверхностной

Покрывание поверхности бетонных дорог битумом. В целях предупреждения проникания влаги к вполне отвердевшей бетонной плите применяется разлив по поверхности плиты слоя битума или дегтя. Этим же мероприятием умеряется слепящее отражение

обработки мнения строителей расходятся. Сторонники покрытия бетонных дорог битумом указывают, что для исправного содержания дороги обработка битумом швов и трещин все равно неизбежна, полная же обработка

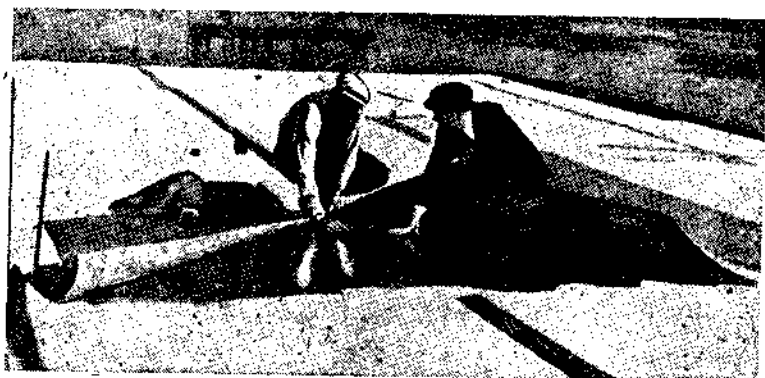


Рис. 180. Патентованные покрывала, предохраняющие бетон от потери влажности, от испарения и препятствующие резким колебаниям температуры плиты. Применяются лишь в Германии.

предупреждает появление и развитие трещин. Имеются противоположные указания о том, что плиты, покрытые битумом, вследствие более сильного нагревания дают больше трещин, чем плиты без битумного покрова. Поверх-

ностная обработка битумом держится от 1 до 4 лет в зависимости от интенсивности движения и требует после этого срока возобновления. В некоторых штатах Сев. Америки обработку поверхности бетонных дорог битумом производят в первый раз через 6—10 лет после постройки дороги, если поверхность бетонной одежды сильно изнасилась. Поверхностная обработка должна производиться нагретым материалом (битумом или дегтем) на совершенно чистом и сухом покрытии.



Рис. 181. Защита свежего бетона от рассыхания слоем воды, удерживаемой глиняными ровиками.

Освидетельствование и приемка законченной постройкой бетонной одежды производится по снятии с поверхности одежды рогов, матов, мешков, земляных валиков, по удалении воды, окончательной планировке об-

чин и заделке воронок и не ранее месяца со дня окончания укладки одежды на принимаемом участке дороги.

Приемка заключается в обмере исполненных работ и в проверке качества бетонных работ как по внешнему осмотру, так и по результатам испытаний контрольных образцов; приемка производится обычно специальной комиссией, в результате приемки составляется акт.

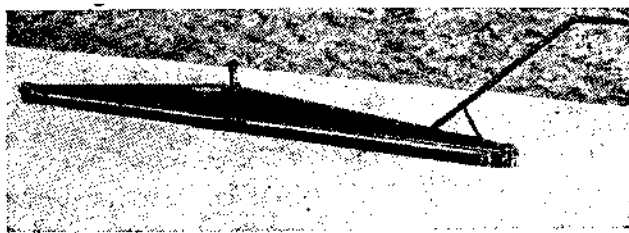


Рис. 182. Аппарат, регистрирующий неровности поверхности бетонной одежды.

Сверка профиля с проектными данными производится ватерпасовкой или нивелировкой.

Качество работы проверяется путем наружного осмотра, взломом бетонной одежды и определением гладкости полотна.

При наружном осмотре может быть зафиксировано: 1) характер поверхности бетонной одежды, 2) наличие на поверхности трещин и предположения о причине их образования, 3) наличие выкрашивания бетона как у швов, так и в средней части бетонных плит, 4) состояние швов.

Гладкость полотна может быть проверена помощью 3-метровой деревянной рейки, причем величина зазора между рейкой и поверхностью одежды нигде не должна превышать 6 мм. Существуют и специальные неслож-

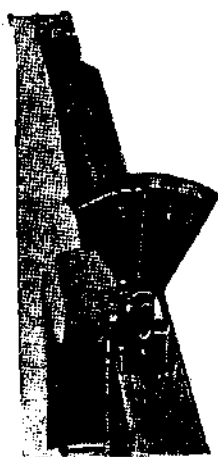


Рис. 183. Деталь указателя аппарата.

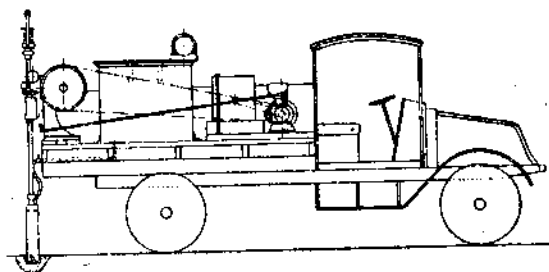


Рис. 184. Станок для высверливания цилиндров из бетонной одежды для осмотра и испытания их.

ные приборы «виалоги» для определения правильности уклона и гладкости бетонной одежды, подобные приведенному на рис. 182—183.

Для определения толщины бетонной плиты, количества и качества песка в основании, прочности бетона и состава бетона должны быть произведены пробные взломы плиты, причем площадь взлома должна быть не менее 1 м². Количество взломов при длине дороги от 500 до 1 000 м — 2 взлома, свыше

километра — по одному взлому на километр. По окончании приемки взломанный участок должен быть заделан.

В САСШ из готовой бетонной одежды высверливаются образцы бетона специальными сверлильными установками. Рис. 184 показывает одну из таких установок фирмы Ингерсоль Ранд, смонтированную на конце кузова грузового автомобиля ремонтной бригады.

Сверло может высверливать цилиндры диаметром от 5 до 25 см. Скорость высверливания может быть точно отрегулирована, равно как и величина давления на сверло. Энергия подается к сверлу от особого двигателя в 8 л. с. Для охлаждения сверла и промывки высверливаемой борозды подается вода из резервуара емкостью 500 л, наполняемого насосом. На один цилиндрический образец расходуется до 12 л воды. Сверло образовано коронкой из мягкого железа, вращающейся со скоростью 200 об./мин. Во время процесса сверления под вращающуюся колонку подается крошка из твердой стали, которая, вдавливаясь в коронку и бетон, производит высверливание бетона. Сравнение результатов лабораторных испытаний цилиндров высверленных из одежды с результатами испытания цилиндров, изготовленных одновременно с укладкой плиты позволяет определить влияние обработки бетона на его прочность. Обмером и осмотром цилиндров может быть определен помимо толщины плиты и характер распределения инертных по высоте плиты.

После открытия движения, примерно через 2—3 недели, заполнитель, выступивший на поверхность из швов, должен быть удален, а в случае, наоборот, понижения его уровня — добавлен.

15. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ПОСТРОЙКЕ БЕТОННЫХ ДОРОГ.

Основы организации работ. Как указывалось уже выше и будет подробнее освещено в гл. 20, бетонные дороги своим быстрым распространением и преобладающим положением среди других высших типов дорог обязаны, главным образом, тому, что почти все процессы постройки бетонных дорог могут быть механизированы. Успех же всякой механизированной работы будет обеспечен лишь в том случае, если все рабочие операции будут между собой строго согласованы по количеству времени, необходимому для выполнения каждой операции, и по последовательности расположения их. В большинстве случаев одна из операций требует несколько больше времени, чем каждая из остальных. Остальные операции ей подчинены.

На постройке бетонной одежды такой ведущей операцией является приготовление бетона передвижной бетономешалкой; на изготовление одного замеса уходит 75 сек., и производительность работы бетономешалки определяет скорость постройки всей дороги. Поэтому вся схема производства работ должна быть запроектирована так, чтобы бетономешалка работала бесперебойно, а для этого нужно, чтобы устройства, обслуживающие постройку бетонных дорог, удовлетворяли бы следующим требованиям:

Карьерные устройства должны давать дневную выработку материалов, равную расходу их на постройке при полной загрузке бетономешалки; во избежание перебоев в карьере должен быть запас готовых материалов.

Транспорт материала из карьера, независимо от того идет ли доставка по жел. дор. или грузовиками, должен обеспечивать переброску

всей дневной выработки карьера к месту работы или на склад в течение суток.

Склады материалов, являясь обязательным элементом при доставке материалов по железной дороге или по воде, должны иметь емкость, достаточную для образования резерва материалов в количестве 10—25% от всего количества материала, подлежащего израсходованию на сезон, — резерва, назначение которого обеспечивать регулярное поступление материала на стройку. Перегрузочные устройства складов с приспособлениями для отмеривания или взвешивания составных частей бетона должны обеспечивать разгрузку всех призывающих составов и погрузку всех вагонеток или автомобилей в течение рабочего дня.

Подвижной состав для переброски материалов к месту работ должен быть в количестве, достаточном для обслуживания в течение рабочего дня бетономешалки с учетом состава, находящегося в пути, под нагрузкой и в ремонте.

Узкоколейные или автомобильные *подъездные пути* от склада к месту работ должны иметь при кратчайшей и удобной трассе рациональные въезды на склады материалов, под силосы и бетономешалку, с устройством необходимых разъездов и тупиков.

Машины по устройству основания должны обеспечивать подготовку участка полотна, несколько превышающего по объему расходуемого на этот участок бетона полную производительность бетономешалки.

Формы для передвижки финишера должны быть в количестве трехдневной производительности работы бетономешалки.

Бетоноотделочные машины должны иметь производительность, равную или превышающую производительность бетономешалки.

Перечисленные устройства полностью не всегда должны быть налицо. В частности склады материалов при автомобильной подвозке могут и отсутствовать. Исключение промежуточных складов значительно удешевляет стоимость материала на месте работ, так как исключается, помимо складских операций, и транспорт материала от карьера в склад за счет незначительного увеличения транспортных операций в карьере и улучшения карьерных складов готовой продукции.

При работе стационарных бетономешалок некоторые операции и необходимость ряда устройств отпадают, за счет замены другими, что будет иллюстрировано на примерах организации работ, приведенных ниже.

Отмеривание и отвешивание строительных материалов для бетона являются одной из операций, требующих значительного времени.

Имевший до последних десяти лет исключительное распространение способ отмеривания материалов для бетонных работ «окаренками»,¹ мерными ящиками, кузовами подвижного состава и др. замеренными объемами сохраняется и теперь, но при постоянном контроле над влажностью песка, и притом лишь в случаях несомненной выгоды применения этого способа, так, например, при доставке материалов автомобилями или вагонетками с замеренным объемом кузовов непосредственно к загрузочному ковшу бетономешалки.

Имеют также распространение в больших карьерах металлические стационарные, легко разбираемые и собираемые, измерительные установки-закрома (силосы), значительно ускоряющие операцию отмеривания (до 15 сек.),

¹ Половина боченка из под цемента.

подобные приведенной на рис. 186, где отмеренный объем материала высыпается в кузов автомобиля или вагонетку. Верхняя часть этого закрома служит для загрузки его; нижними двумя ящиками с открывающимся дном отмеряют нужный объем материала. Объем ящика регулируется особым устройством.

Расположение установки должно быть таково, чтоб либо загрузка производилась специальными элеваторами или кранами, либо материал спускался в закроем по наклонным плоскостям, для чего верх закрома должен быть помещен ниже уровня штабелей материала. Подъездной путь для автомобилей или вагонеток должен быть расположен еще ниже и притом быть путем сквозным, а не тупиковым.

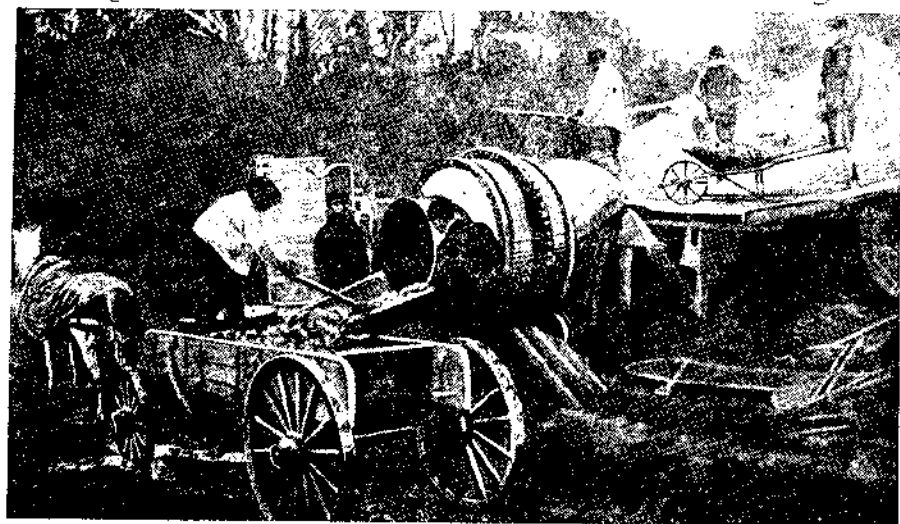


Рис. 185. Механизированное перемешивание бетона, остальные все операции производятся немеханизированными способами. Подобной организацией работ пользовались при постройке первых бетонных дорог в САСШ.

Отмеривание песка по объему, как бы тщательно оно ни производилось, связано со значительными погрешностями. Поэтому стремятся производить отмеривание песка взвешиванием, для чего в состав механизмов, отмеривающих песок, вводится особое приспособление, связанное с весами и прекращающее дальнейший доступ песка, как только вес мерного ящика достигнет определенной величины. Отмеривание взвешиванием значительно точнее объемного, но значительно дольше (45 сек. вместо 15). Неточность этого способа, заключающаяся в том, что вес воды, заключенной в песке, присчитывается к весу песка и таким образом несколько уменьшает количество его в 1 м^3 — гораздо меньше ошибки при отмеривании по объему без учета влажности песка (в то время, как при первом способе в количестве песка в 1 м^3 можно допустить ошибку в 30%, при взвешивании ошибка составляет при 10% влажности $10 \cdot \frac{1,0}{1,5} = 6-7\%$).

Третий способ отмеривания песка (наименее распространенный) — оводнительный — использует свойство песка при полном насыщении его водой возвращаться к объему, который он имел в сухом состоянии. В то же время количе-

во воды, полностью насыщающее объем данного сорта песка, есть величина постоянная. Следовательно, в насыщенной смеси воды с песком постоянно и количество песка и количество воды.

Схема инундаторной установки (рис. 187) такова. Закром 1 с отделениями для песка 2 и щебня 3 имеет внизу две воронки 4. Под правой воронкой находится инундатор 5 — цилиндрический сосуд, объем которого может изменяться соответствующей регулировкой. Под левой воронкой помещается мерный ящик 6 для отмеривания щебня. Перед засыпкой песка в инундатор вливается вода в требуемом для полного насыщения песка количестве. Затем ящик 6 и инундатор 5 заполняются

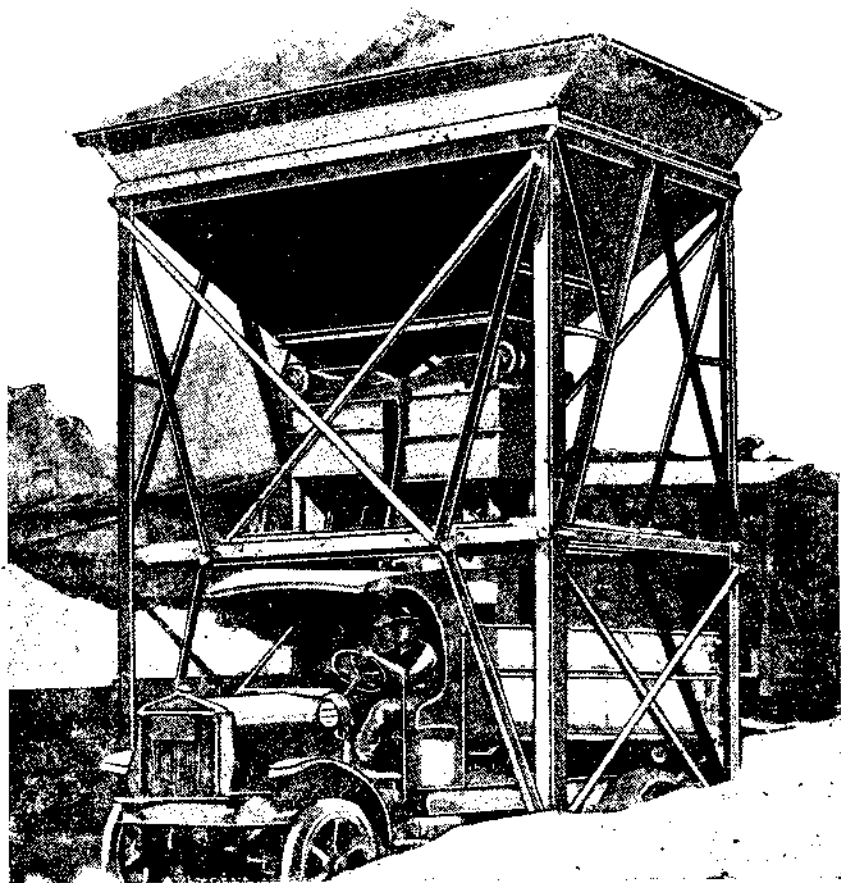


Рис. 186. Закром для инертных фирмы Блау-пекс.

соответственно щебнем и песком. Автоматические затворы закрывают воронки, как только щебня и песка отсыпалось нужное количество. Излишек инертных, успевший просыпаться из закрорма, особыми желобами отводится в сторону. Особый встряхиватель инундатора обеспечивает быстрое насыщение песка водой. Затем открывают дно ящика 6 и опрокидывают инундатор 5, благодаря чему щебень и песок высыплются в грузочный ковш 7 бетономешалки; вода подается из мерного цилиндра 8 в инундатор по трубке 9, а остальное нужное для смеси бетона количество по другой трубке 10 подается в бетономешалку. Сигнальная трубка 11 показывает окончание наполнения цилиндра 8. Цемент загружается в бетономешалку с платформы, расположенной в одном уровне с цилиндром 11. Вместо грузочного ковша бетономешалки 7 под инундатор может подводиться кузов автомобиля или вагонетки.

Существуют и ручные инундаторы, упрощенной конструкции (известны инун-

даторы типа Юниор САСШ: объем цилиндра от 0,05 до 0,09 м. Здесь вода набирается мерным ведром из водопровода, выливается в инундатор, туда же насыпается песок, излишек воды выливается через верх инундатора, излишек песка срезается; инундатор подвозится к бетономешалке, где и опрокидывается.

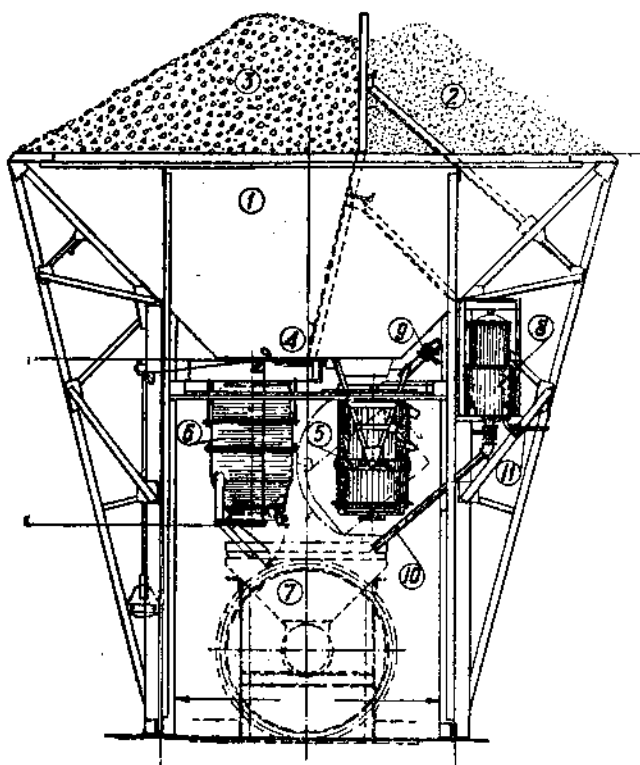


Рис. 187. Инундаторная установка.

Приводим сравнительные данные о различных способах отмеривания песку.¹

Таблица 33

	При отмеривании		
	по объему	по весу	инундатором
Расход цемента кг/м^3	340	340	315
Среднее сопротивление сжатию в возрасте 28 дней кг/см^2	115	130	124
То же, приведенное к одинаковому расходу цемента (340 кг/м^3) кг/см^2	115	130	134
Наименьшее сопротивление сжатию в том же возрасте кг/см^2	91	109	109

Несмотря на лучшие результаты, достигаемые при оводнительном (инундаторном) способе отмеривания песка, наиболее распространенным остается способ отмеривания по объему, как самый удобный и быстрый, хотя и свя-

¹ „Американская Техника“, № 10, т. IV.

занный с усложнениями в виде частых определений влажности песка и соответствующих изменений пропорций составных частей бетона.

Устройство склада материалов на ж.-д. станции при отвозке материалов автомобилями к месту работ. На постройках бетонных дорог в Германии и САСШ находит применение следующая организация работ по доставке материалов от жел.-дор. станции (франко-вагон) до бетономешалки (рис. 188). Склад материалов устроен на тупике 1, отходящем от главного пути 2 железной дороги. Вдоль тупика два штабеля для крупных 3 и мелких 4 инертных, между штабелями кран, служащий для разгрузки подвижного состава, причем материал из вагонов подается краном непосредственно в со-

ответствующий закром-силос 5 и 6, а при наполнении их укладывается в штабели. При отсутствии нагруженных вагонов, наполнение краном силоса производится из штабелей, играющих таким образом роль резерва, обеспечивающего постоянное наполнение силоса. Отвозка материала — на автомобилях. Подъездной путь 7 для автомобилей проходит под обоими силосами, где происходит последовательная загрузка автомобилей щебнем и песком. Далее автомобиль направляется за цемент; при наличии на тупиковом пути вагона 9 с цементом автомобиль подъезжает непосредственно к вагону, где и нагружается, — при отсутствии вагона с цементом, автомо-

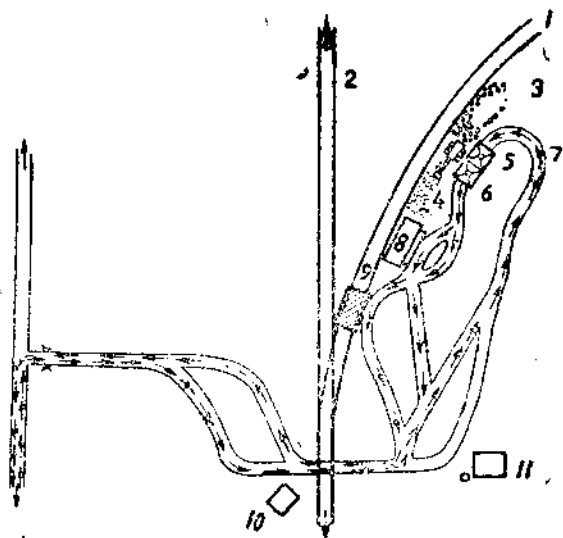


Рис. 188. Схема устройства склада материалов на ж.-д. станции при отвозке их к месту работ автомобилями.

биль нагружается цементом у сарая-склада цемента 8. При этом цемент чаще всего укладывается на грузовик в мешках, а из мешков высыпается лишь в загрузочный ковш бетономешалки, т. е. мешок цемента два раза проходит через руки рабочих. Применяют и освобождение мешков от цемента на складе, что упрощает операцию загрузки бетономешалки, но часть цемента при перевозке теряется. Здесь же на складе имеется обычно небольшая механическая мастерская 10 и бензино-раздаточный пункт 11. Количество грузовиков, необходимое для обслуживания перевозки, может быть определено следующим подсчетом. Средняя скорость автомобиля $v = 20 \text{ км/час.} = 0,33 \text{ км/мин.}$; время, уходящее на загрузку в двух силосах, у цементного сарая и выгрузку у бетономешалки $t = 4 \text{ мин.}$; расстояние от склада до места постройки $l = 4 \text{ км.}$; рабочий цикл бетономешалки $T = 75 \text{ сек.}$ Число грузовиков — n .

$$T = \left(t + \frac{l}{v} \right) : n$$

$$n = \frac{t + \frac{l}{v}}{T} = \frac{4 + \frac{4}{0,33}}{1,25} = 12,5 \text{ шт.}$$

Если принять 10% на автомобили, стоящие в ремонте, то число автомобилей оказывается равным 14. Емкость кузова автомобиля при этом должна равняться емкости барабана бетономешалки.



Рис. 189. Погрузка щебня в карьере на автомобиль. Применена поворотная стрела и мерный ящик с откидным дном. Симферополь.

Устройство склада материалов на ж.-д. станции при отвозке материалов узкоколейкой к месту работ (рис. 190). Этот склад предназначен для обслуживания большого протяжения строящейся дороги. В этой схеме: 1 — путь для выгрузки материалов; 2 — главный ж.-д. путь; 3 — штабель гравия; 4 — штабель песка; 5 и 6 — отпускные силосы; 7 — за-

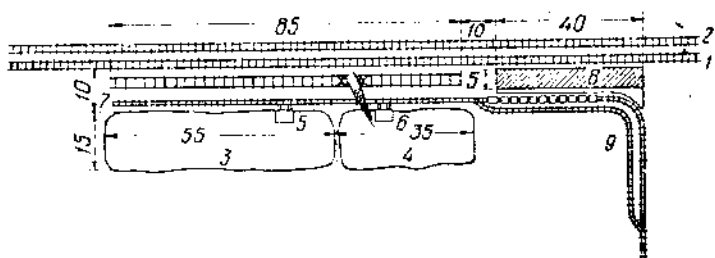


Рис. 190. 1-я схема устройства склада материалов на жел.-дор. станции при отвозке их к месту работ по узкоколейке.

грузочный путь узкоколейки; 8 — цементный склад. Непосредственной нагрузки цемента из вагонов в вагонетки здесь не производится. В остальном все операции те же, что и в предыдущем складе. Устройство узкоколейного разъезда 9 в этой схеме является обязательным. Подобная схема расположения

складочных и транспортных устройств была применена в Сев. Каролине для постройки 32-км участка бетонной дороги. Подвижной состав состоял из 6 поездов по 12 вагонеток при расстоянии склада от середины участка в 2,5 км.

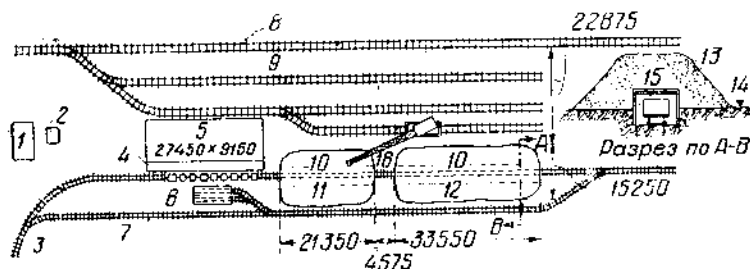


Рис. 191. 2-я схема устройства склада материалов на жел.-дор. станции] при отвозке их к месту работ по узкоколейке.

На рис. 191 показана вторая схема склада, с применением тоннелей для загрузки вагонеток, во всем прочем эта вторая схема сходна с предыдущей.

Комбинированная организация карьерных, транспортных и складских операций. Удачная комбинация различных способов хранения и тран-

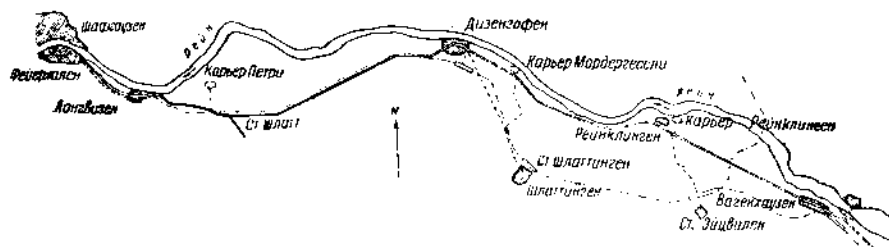


Рис. 192. Общий план участка дороги Шафгаузен-Констанц.

спортировки материалов была применена при постройке дороги Шафгаузен—Констанц, общей длиной 41 км в кантоне Тургау (Швейцария) (рис. 192).

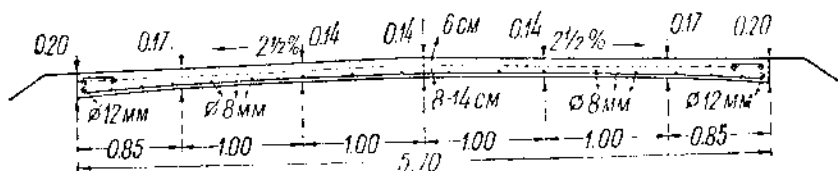


Рис. 193. Поперечный профиль бетонной одежды на участке Лангвизен-Вагенхаузен.

Бетонной одеждой на этой магистрали были покрыты три участка:

Лангвизен — Диссенхофен	— дл. 8,1 км (на площади 29 000 кв. м),
Диссенхофен — Рейнклинген	— „ 3,8 „ „ 21 500 „ „
Рейнклинген — Вагенхаузен	— „ 2,5 „ „ 14 500 „ „

а всего 11,4 км с поверхностью бетонной одежды в 65 000 кв.м.

Участки, расположенные в пределах названных поселков, перестройке не подвергались частично оттого, что они уже имели современную дорожную одежду, а отчасти ввиду намечавшейся возле поселков постройки дороги другого типа. Бетонная одежда была запроектирована двуслойной, с арматурой (рис. 193).

Верхний истирающийся слой в 6 см, из гравия крупностью до 2,5 см; нижний несущий слой толщиной от 8 до 14 см, с гравием крупностью до 4 см. Количество арматуры около 3 кг круглого железа на 1 м² одежды. Поперечные швы располагались через 11,4 м.

Ширина проезжей части — 5,70 м. Грунт полотна на всем протяжении — гравийный. Слабые места и небольшие насыпи (в местах улучшения старого профиля) подсыпались щебенчистым грунтом. В этих местах толщина

нижнего слоя увеличивалась до 14 см. Грунтовые и болотные воды дренажем и открытыми канавами отводились в Рейн.

Для участка Лангви-зен — Диссенхофен материалы (гравий и песок) добывались в карьере Петри, подготавливались в промывательной установке в том же карьере (рис. 194) и отсортированные по фракциям складывались в силосах и частично в штабелях на открытых площадках.

Твердые высевки из кремнистого известняка доставлялись по же-

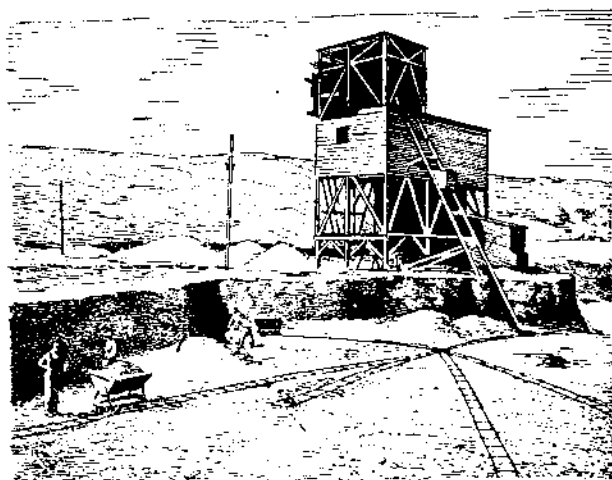


Рис. 194. Общий вид добычи гравия и песка в карьере Петри.

лезной дороге на станцию Шлатт, где полуавтоматически перегружались в силосы, имевшие внизу мерные открывающиеся ящики для дальнейшей перегрузки на вагонетки (рис. 195).

Цемент (обыкновенный, портландский) доставлялся с завода также по железной дороге.

Транспортировка материалов из этих складов производилась следующим образом.

Песок и гравий для нижнего слоя насыпались из силосов подготовительной установки в карьере Петри, проходя предварительно мерные ящики, в вагонетки с опрокидывающимися кузовами, емкостью 500 л, и поездами по 10—12 вагонеток помощью локомотивов подвозились к месту работ по переносной 60 см узкоколейке, устроенной с несколькими разездами. При проезде через ст. Шлатт (см. рис. 192) каждая вагонетка догружалась двумя мешками цемента.

Для бетона верхнего слоя в карьере в вагонетки насыпался лишь песок в количестве, необходимом для 600 л смеси. Затем вагонетки перевозились на ст. Шлатт, пускались под силосы, изображенные на рис. 203, нагружа-

лись необходимым количеством твердых высевок, а также цементом (в количестве 3 мешков на вагонетку) и отсюда поезд направлялся к месту укладки бетона.

Для участка Диссенхофен — Рейн-Клинген гравий и песок добывались в карьере Мердергессли (см. рис. 192), оборудованном гравиемойкой и цилиндрическим грохотом для сортировки материалов, камнедробилкой, на которую шел крупный гравий (булыжник) и вальцовый мельницей. Заготовленный гравий и песок укладывались вдоль узкоколейки кучами.

Твердые известковые высевки и цемент доставлялись, как и в первом случае, по железной дороге до ст. Диссенхофен или Шлаттинген (рис. 192), а оттуда на подводах к складочным местам около выезда из Мердергесслеского карьера на строящуюся дорогу.

Песок и гравий для нижнего слоя отмеривались из куч и нагружались в вагонетки. Для верхнего слоя вагонетки нагружались лишь

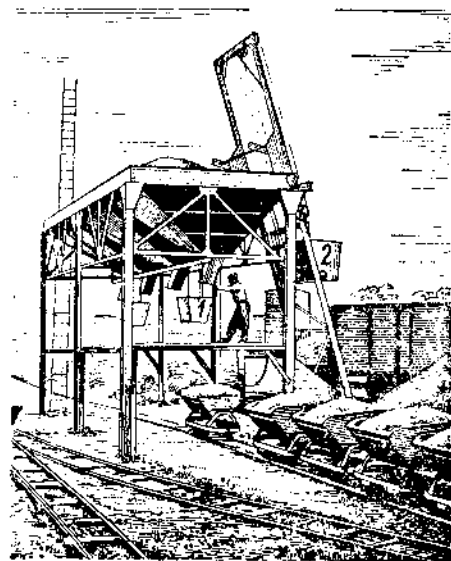


Рис. 195. Силосы для высевок на ст. Шлатт: 1 — мерный ящик; 2 — подъем высевок в силос.

в вагонетки вручную. Для верхнего песком, а твердые высевки и цемент в мешках грузились уже при выезде на строящуюся дорогу.

Участок Рейн-Клинген — Вагенхаузен снабжался из Рейн-Клингенского карьера, куда во время постройки второго участка были перевезены все устройства из карьера Петри и там собраны. Работа по доставке материала на этом участке производилась так же, как и на первом.

При постройке дороги Лангвизен — Вагенхаузен был составлен график колебаний выполненной работы по дням, суммы зарплаты на 1 м² бетонной одежды и дальности возки материалов для каждого из трех участков по дням (рис. 196). Из сопоставления графика с общим планом дороги и приведенным описанием видно, какая чувствительная зависимость обнаруживается между перечисленными измерителями и примененными комбинациями рабочих и транспортных организаций (рабочий день продолжался 10—12 часов).

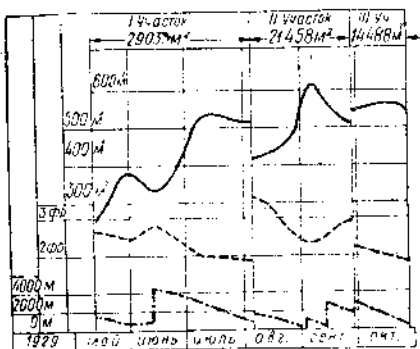


Рис. 196. График успешности укладки бетона и стоимости рабочей силы в зависимости от расстояния подвозки материала (и способа его добычи и транспортировки).

— Средняя ежедневная производительность — количество м² готовой дороги.
 — Расход на зарплату на 1 м² (включая и зарплату по добыче материалов в карьерах).
 — Расстояние возки материала от карьера до места работ.

Расположение материалов на складах при стационарных бетономешалках. На рис. 197 показана схема расположения всех складских

устройств на складе материалов при ж.-д. станции в том случае, когда при-
готовление бетона производится здесь же на складе в стационарной бетоно-
мешалке. Готовый бетон на автомобилях доставляется к месту

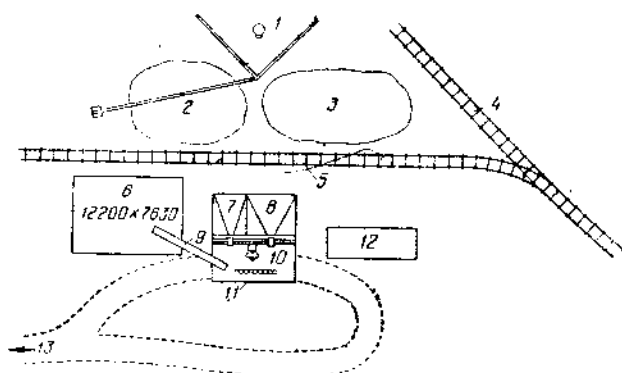


Рис. 197. Схема расположения материалов на ж.-д. станции при переработке их в бетон, здесь же в стационарной бетономешалке.

укладки, причем расстояние доставки при этом не может быть значительным во избежание дезинтеграции смеси и начала схватывания бетона. Для возможности увеличения этого расстояния применяют специальные типы автомобилей с вращающимися цистернами для бетона.

Для обслуживания всех операций на складах, перевозок и работ по устройству бетонной одежды необходим, ориентировочно, следующий штат — для постройки 135—150 п. м дороги за 10-часовой рабочий день.

Таблица 34

	По организации операции по схеме рисунков:		
	188	190	197
На складе			
Заведывающий складом	1	1	—
Крановый механик и помощник его	2	2	1
Старший рабочий	—	1	1
Рабочие у силосов	4	3	2
по выгрузке цемента из вагона и по выгрузке цемента на автомобиль	10	8	4
Ремонтный механик	1	1	1
Машинист стационарной бетономешалки, помощник его и рабочие	—	—	9
На постройке			
Десятник	1	1	1
Машинист бетономешалки	1	1	—
Рабочий при бетономешалке	1	1	—
финишере	5	5	5
Установ. форм	4	4	4
Подготовка основания	8	8	8
Уход за бетоном	10	10	10
Разгрузка вагонеток	—	2	—
Ремонт пути и водопровода	6	6	3

При расположении материалов штабелями и при тачечной возке:

Старший рабочий	1
Погрузка песка и щебня	5
Подвозка	11
Подвозка и засыпка цемента	2

Остальные — на постройке — как и в прочих случаях.

Расположение бетономешалки, подъездных путей и других устройств на месте работ. При пользовании подвижными дорожными бетономешалками и автомобилями для подвозки материалов для бетона к загрузочному

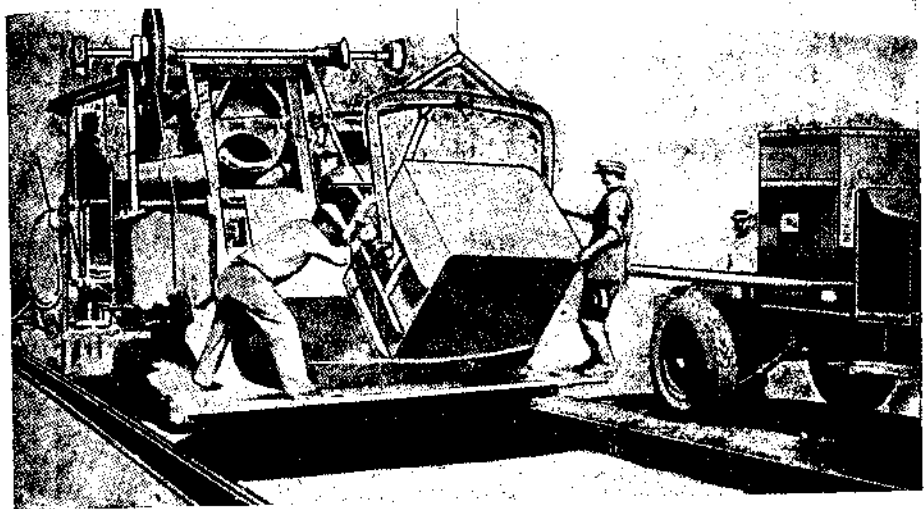


Рис. 193. Выгрузка материалов, подвозимых в специальных ящиках на автомобиле, в загрузочный ковш бетономешалки.

ковшу бетономешалки автомобилям должен быть обеспечен удобный подъезд к бетономешалке, обычно совершаемый при заднем ходе машины, — а при подаче цемента в загрузочный ковш отдельно от инертных — должна быть обеспечена столь же удобная подвозка и выгрузка цемента.

Новейшие типы бетономешалок снабжены специальными кранами, значительно облегчающими условия выгрузки материалов в ковш бетономешалки (рис. 198).

При выгрузке готового бетона на дорожное полотно (из стационарных бетономешалок) для более равномерного распределения бетона выгрузка должна производиться по всей ширине дороги; одновременно должна производиться заделка следов колес автомобиля и окончательное выравнивание поверхности полотна. Для удобного выезда автомобилей на полотно и их поворота применяются специальные поворотные круги (рис. 199).

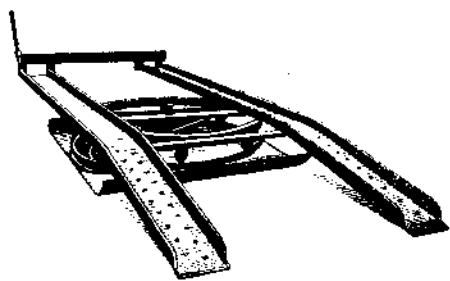


Рис. 199. Поворотный круг, обеспечивающий удобный подъезд и поворот автомобиля к загрузочному ковшу бетономешалки или к укладываемому бетону.

При подвозке материалов или готового бетона по узкоколейке возможны разнообразные комбинации расположения путей, местных складов материалов и других устройств, которые поясняются следующими примерами.

Постройка Лангвизен—Вагенхаузен (рис. 200, 201 и 204). Бетономе-

шалка Зонтоффен / с ковшем *a* емкостью 300 литров. Вагонетки емкостью 500 литров. Водопровод от насоса, забирающего воду из реки и городского водопровода. Бетон из смесительного барабана *b* лентой-транспортером *c* подается вдоль стрелы бетономешалки на дорогу. Далее расположен

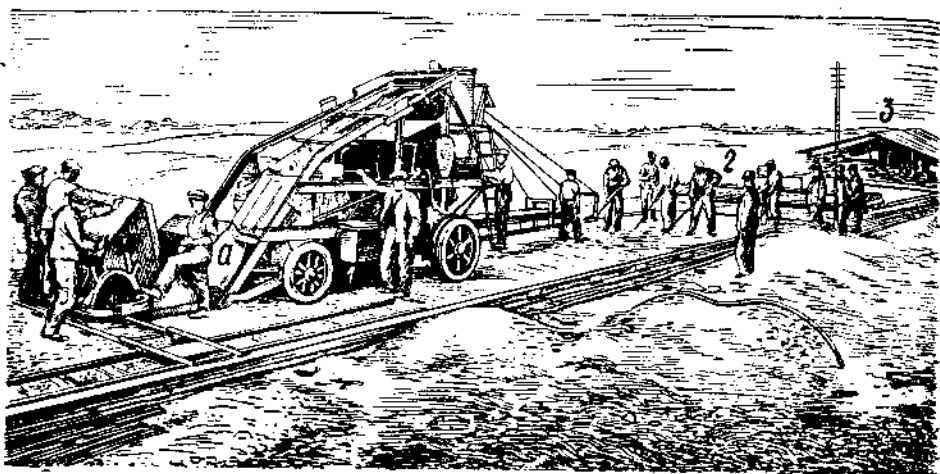


Рис. 200. Общий вид работ по устройству бетонной одежды на участке дороги Лангвизен-Вагенхаузен.

финишер 2. Готовый участок дороги прикрыт досчатым навесом 3, передвижаемым по мере хода работ.

Направление вагонеток с материалом и движение их пустыми от бетономешалки показано стрелками (на рис. 201).

Расположение путей на другой постройке в Германии показано на рис. 202. Здесь полустационарная бетономешалка 1 переносилась через

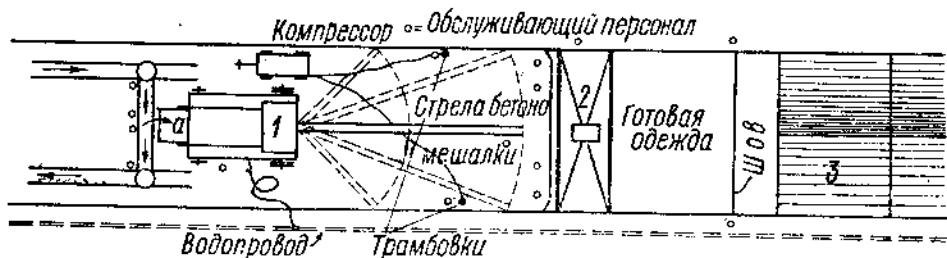


Рис. 201. Схематический план расположения всех устройств на постройке бетонной одежды дороги Лангвизен-Вагенхаузен.

расстояние $1\frac{1}{4}$ — $2\frac{1}{2}$ км к следующим складам материалов и там вновь собиралась. Одежда строилась в два слоя. Подача вагонеток для выгрузки бетона в верхний слой — через поворотный круг 2, подача бетона в нижний слой — по тупику 3. В остальном схема не отличается от предыдущей. Водопровод на схеме не показан.

На постройке Виа Казелина в Италии (Рим — Колонна) было применено заготовление материалов в карьерах в стороне от места постройки, доставка материалов на дорогу с укладкой в штабели на полотне (при небольшой ширине его), отмеривание материалов у штабелей при погрузке в вагонетки и подвозка к бетономешалке по узкоколейке. Схема расположения всех устройств показана на рис. 203.

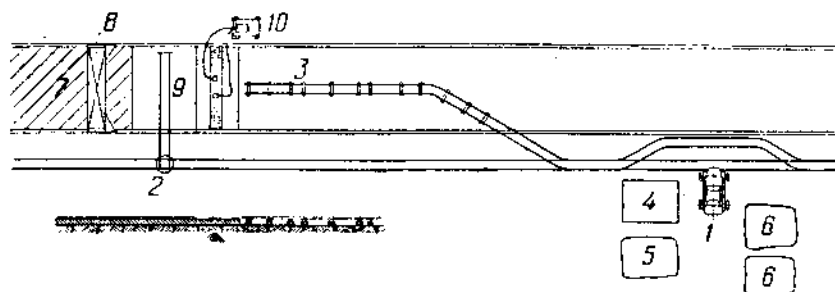


Рис. 202. Схема расположения путей и других устройств при применении полустационарной бетономешалки.

Расстояние между складом материалов (18 — 20) и местом укладки бетона 3 поддерживалось обычно в 180 м.

Преимущества и недостатки применения полустационарных бетономешалок. При выборе типа бетономешалки необходимо иметь в виду следующие обстоятельства, поясняемые на двух схемах: 1) схеме расположения устройств на уже упомянутой постройке Лангхаузен — Вагенхаузен (рис. 201)

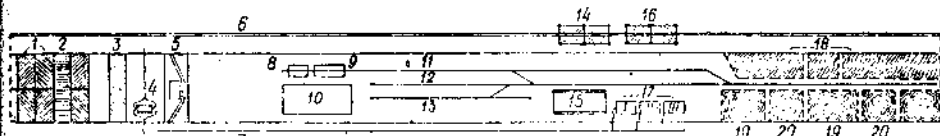


Рис. 203. Схема расположения и подвозки материалов при постройке бетонной одежды на дороге Рим — Колонна.

- 1 — 2 — передвижные крыши, предохраняющие бетон от действия солнца;
- 3 — передвижной рабочий мостик для исправления отдельных дефектов в бетонной одежде;
- 4 — ручной каток для выглаживания поверхности бетона;
- 5 — финишер Динглера;
- 6 — головная часть водопровода;
- 7 — трубопровод для сжатого воздуха;
- 8 — вагон с песком, рассыпаемым слоем 2-3 см поверх основания для уменьшения трения плиты об основание;
- 9 — цистерна с водой на случай временного прекращения действия водопровода;

- 10 — бетономешалка Рекс-Пэйвер;
- 11 — путь для порожних вагонеток;
- 12 — путь вагонеток с цементом;
- 13 — путь для груженых вагонеток;
- 14 — склад обычного цемента для нижнего слоя одежды;
- 15 — передвижная построчная контора;
- 16 — склад высокосортного цемента для верхнего слоя;
- 17 — компрессорные установки;
- 18 — склад инертных для верхнего слоя бетона;
- 19 — 20 — базальтовый щебень и песок для нижнего слоя.

и 2) аналогичной схеме для постройки Амрисвилль — Арбон (также в Швейцарии), где применялась стационарная бетономешалка (рис. 204).

В первом случае была достигнута максимальная производительность работы в 650 м^3 в день. Работы по постройке дороги Амрисвилль — Арбон дали соответственно 585 м^3 и 344 м^3 ; рабочий день продолжался 10 — 12 часов.

Достоинства и недостатки этих схем могут быть суммированы так:

По 1-й схеме (рис. 204).

- а) Лучшее качество бетона, изготавливаемого непосредственно перед укладкой.
- б) Удобное распределение бетона разгрузочным ковшом бетономешалки при выравнивании его лопатами.

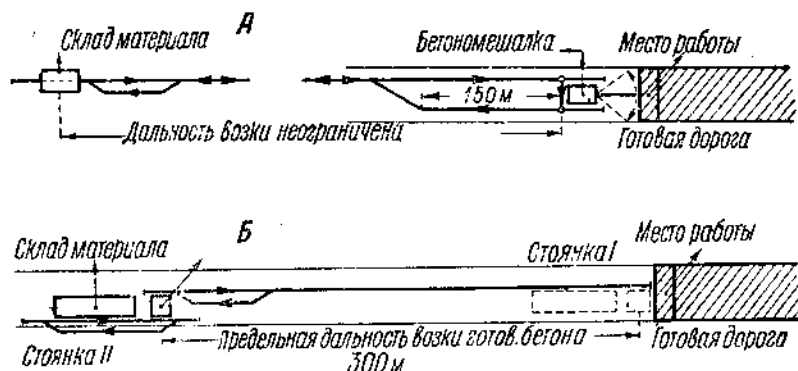


Рис. 204. Схема расположения материалов и подвозки их к месту укладки на дороге Амрисвиль-Арбон и Лангвизен-Вагенхаузен.

- в) Расстояние подвозки материала не ограничено, не требуется затрат времени на перемещение.
- г) Большое количество путей и подвижного состава.

По 2-й схеме (рис. 204).

- а) Возможность распада и схватывания бетона во время его перевозки на 300 м и необходимость проведения ряда мер к предотвращению этих явлений.

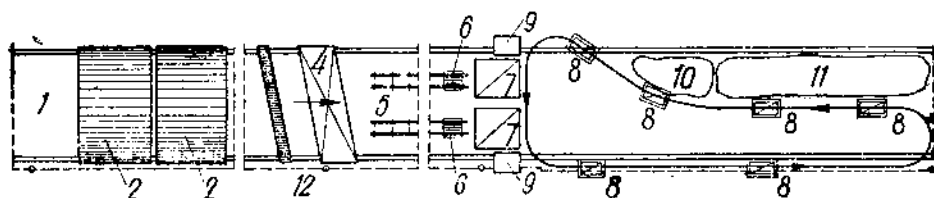


Рис. 205. Схема расположения всех устройств на месте работ при параллельной работе двух бетономешалок.

- 1 — готовая бетонная одежда.
- 2 — передвижные крыши.
- 4 — финишер.
- 5 — узкоколейка.
- 6 — две вагонетки под нагрузкой бетоном.
- 7 — две бетономешалки.

- 8 — вагонетки с материалами для бетона.
- 9 — склады цемента.
- 10 и 11 — штабелы инертных.
- 12 — рабочие мостики.
- Пунктир с кружками — водопровод с кранами.

- б) Необходимость усиленного разгребания бетона вручную.
- в) Частые перемещения мешалки, ввиду невозможности увеличения расстояния подвозки бетона.
- г) Малое количество путей и подвижного состава.

Наибольшее распространение имеют всё же подвижные бетономешалки. Их следует признать и у нас за основной тип, подлежащий к использованию на бетонно-дорожных работах. Что же касается способов хранения, транспортировки материалов, то, как видно из многочисленных разобранных схем и примеров постройки, — выбор их диктуется в каждом случае рядом местных условий.

16. ПОВРЕЖДЕНИЯ БЕТОННОЙ ОДЕЖДЫ, РЕМОНТ И СОДЕРЖАНИЕ ЕЕ.

Ремонт бетонных дорог сложен: вырубание отдельных мест представляет большие затруднения, достигнуть полного сцепления нового бетона со старым не всегда удается, на время ремонта требуется закрывать движение. Все перечисленные затруднения возрастают с увеличением размеров повреждений бетонной одежды. Поэтому особое внимание должно уделяться предупреждению развития повреждений и все мельчайшие дефекты в состоянии одежды должны исправляться по возможности сразу же по их образовании.

В САСШ для содержания и срочного текущего ремонта бетонных дорог содержатся специальные бригады, дважды в год проходящие все протяжение дороги с осмотром и ремонтом. Бригада имеет в своем распоряжении легкий грузовик с котлом для подогрева битума, полный набор инструментов (молоты, долота, лейки, проволочные метлы и др.) и небольшой запас материалов (гравий, шплитт, битум). Ремонтные работы с применением битума возможно производить такой бригадой без перерыва движения. Более крупные повреждения требуют применения бетона и производятся другими бригадами по особому плану.

Различные виды повреждений бетонных дорог и способы их исправления приводятся ниже.

Трещины волосные, поверхностные и сквозные. Причины появления волосных трещин — высокие растягивающие напряжения в бетоне, в свою очередь вызываемые усадкой, изменением температуры и влажности. Кроме этих причин появление волосных трещин вызывается недостаточностью несущей способности основания, сильным набуханием или пучением грунта, действием тяжелой нагрузки, низким качеством бетона, а иногда совокупностью нескольких из указанных причин.

Волосные трещины легко обнаружить после дождя, когда бетонная плита начинает просыхать, оставаясь дольше влажной по краям таких трещин. В дальнейшем своем развитии волосные трещины могут перейти в трещины с разрушившимися кромками: поверхностные (1 — 2 см глубиной), глубокие (до половины высоты плиты) и, наконец, сквозные.

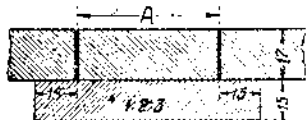
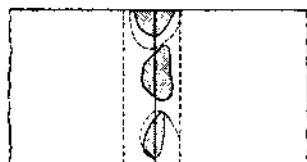
Чем больше разрушены кромки трещины, тем легче обнаружить ее на очищенной поверхности бетонной плиты.

При большом количестве волосных трещин лучше всего прибегать к нанесению защитного слоя битума с песком. Трещины с разрушившимися кромками тщательно очищаются при помощи железных крючков от сора, пыли и пр., кромки трещин подтесываются. Для полной очистки трещин применяется продувание их от воздуходувки. После такой подготовки трещина заполняется битумом или смесью битума № 2 с песком в пропорции 3:1 при помощи леек с острым носиком.

Заполнитель должен быть подогрет, для чего применяются котлы

емкостью 90—100 л, передвигаемые 1—2 рабочими или подвешиваемые к грузовику.

Ремонт трещин должен производиться возможно скорее после их образования. Попадание воды в трещины приводит к увеличению их ширины, как вследствие механического воздействия при замерзании, так и вследствие увеличения влажности бетона возле трещины. Разрушение увеличивается и вследствие попадания в трещину частиц грунта. Проникающая через трещины вода просачивается в основание дороги (под бетонную плиту), вызывая увеличение объема грунта и приподнимая плиту возле трещины, а это в свою очередь ведет к дальнейшему развитию разрушения плиты.



Повреждение плиты у швов является также одним из распространенных видов повреждения.

Причиной образования таких повреждений чаще всего является нахождение кромок швов (ребер соседних плит) не на одном уровне. Разрушение от этой причины можно наблюдать даже при вполне исправном заполнении швов.

Плохое заполнение или отсутствие заполнителя при ширине шва свыше 5—10 мм при наличии движения на металлических шинах ведет к разрушению кромок и при нахождении их на одном уровне.

Удары шипов подков также часто являются причиной таких повреждений.

Если разрушаются не только верхние, но и нижние кромок швов—причину нужно искать в слабом трамбовании бетона вдоль шва или в плохом распределении бетона при его укладке.

Аналогичные повреждения наблюдаются вдоль рабочих швов; такой шов чаще переходит в продолговатую выбоину вследствие откалывания кромок и отслаивания бетона.

Для ремонта разрушений вдоль швов в начальной их стадии достаточно бывает замена или увеличение объема заполнителя. В последующих стадиях разрушения для ремонта нужно выдолбить бетон с образованием ящика с отвесными

стенками (рис. 206-а). Ящик заполняется смесью битума и песка. При больших размерах—к этой смеси добавляется и щебень. Для ремонта участка, помеченный на рис. 206-а под лит. А, вырубается, бетон удаляется и заменяется новым, причем по обе стороны нового участка располагаются швы (рис. 206-б), устраиваемые обычными способами. Этот вставной участок А, благодаря своей малой длине передает на грунт давление экипажей более сосредоточенным, чем плита нормальной длины. Поэтому при слабых грунтах для усиления их втрамбовывают куски старого бетона или подводят под вставной участок искусственное бетонное основание типа, указанного на рис. 206-е. Для предупреждения излома самой вставной плиты А применяют усиление ее армированием (рис. 206-ж). Кроме повреждения кромок в швах наблюдаются: приподнимания одной плиты над другой (главным

Рис. 206. Виды повреждения плиты у швов.

образом, при наклоне швов, рис. 206-в) и скалывание плиты в соседстве с расположением штырей (рис. 206-д при слабом уплотнении бетона у штырей). Способы ремонта в этих двух случаях не отличаются существенно от предыдущих.¹

Изломы плиты происходят при выпирании ее от неравномерной подвижки под действием перемен температуры и влажности. При больших размерах



Рис. 207. Вид вспучившейся (поднявшейся при изломе) плиты.

повреждения бетон вскирковывается на всю толщину и ширину, плиты по обе стороны поврежденного места и заменяется новым, состава 1 : 1 : 2, вровень со всей поверхностью плиты, причем стороны оставшейся бетонной массы вокруг вынутаго бетона лучше вскирковывать сходящими книзу плиты. Если грунт в месте повреждения слабый, следует уплотнить или удалить его, заменив обломками плиты и щебенистым грунтом.

Если перерыв в движении на несколько дней нежелателен, то вместо бетонирования можно заполнить ремонт следующим образом: в нижней части очищенного от бетона участка рассыпается щебень или мелко раздробленный бетон, верхний слой (5—7 см) заливается битумом со смесью песка или же засыпается щебенкой, обработанной битумом в горячем состоянии. Заплата трамбуется или укатывается и затирается смесью битума с песком. По окончании уплотнения заплата не должна выступать на поверхности бетона более чем на 1,5 см.

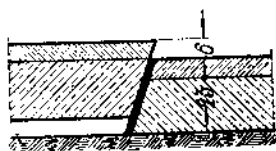


Рис. 208. Выпучивание конца плиты при наклонном положении шва сжатия плиты (Кеттен, Германия).

Явление вспучивания плит наблюдалось на дороге Кеттенского округа (Германия) после нескольких жарких дней летом 1928 г. Одна плита при этом вскоре вернулась к первоначальному положению. Для устранения вспучивания другой плиты, которое произошло около шва (рис. 208),— была выдолблена полоса бетона параллельно шву на протяжении 10 см на всю толщину плиты. При осмотре шва было обнаружено, что шов, образованный толевой прокладкой, толщ. 2 мм, имел наклонное положение и тем способствовал поднятию конца плиты. Новый шов был образован прокладкой толя в 8 мм и вырубленное место было вновь забетонировано.

¹ Нейманн рекомендует подводить искусственное основание, если размер А превышает 50 см, ограничиваясь при меньшей величине заполнением участка бетоном. При размере А, меньшем 5 см, заполнение следует производить одной битумной смесью.

В штате Айова исправление просевших мест одежды производится путем нагнетания под просевшую плиту смеси из местного грунта, цемента и воды. Первоначально пользовались для выполнения этой работы ручным грязевым насосом, впоследствии перешли на 20-сильный газолиновый мотор. Смесь в составе 1 часть цемента и 20 частей грунта при 45% воды подается под напором под бетонную плиту через отверстия в 6 см, пробуренные через 1,2—3,0 м одно от другого. Для того, чтобы приподнимаемая плита могла свободно занять горизонтальное положение, в одном из концов просевшего отрезка дороги плиту рассекают на всю высоту

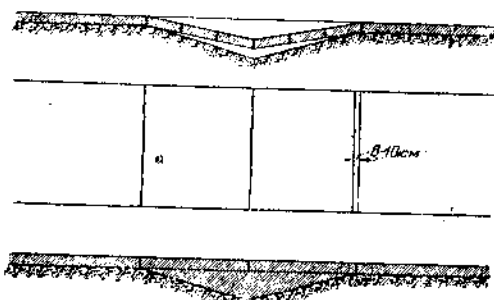


Рис. 209. Схема исправления просадки бетонной плиты нагнетанием смеси грунта, цемента и воды.

За 1930 г. в штате Айова было выправлено по этому способу 200 просевших мест, общей длиной 305 м, при высоте подъема от 7 до 38 см. Стоимость работы выразилась в 21 руб./м² отремонтированной площади или 25 руб./м² нагнетенной под плиту смеси, причем объем нагнетенного материала в среднем в два раза больше объема просадки.

Некоторые из отремонтированных участков вновь просели после окончания работ и были подняты до требуемой высоты вторичным нагнетанием смеси, для чего пробуренные в плите отверстия держались после первого ремонта незаделанными. Нагнетенный насосом материал лежит во всех случаях плотно, не выдавливается, прочно подстилает приподнятую часть плиты.

Сквозные проломы и местные вспучивания бетона происходят при наличии резких нарушений однородности бетона, при большой пористости его, при случайных попаданиях в состав плиты схватившихся кусков бетона, при наличии бугров или провалов в основании. При наличии перечисленных дефектов, — избежать которые вполне возможно при тщательном надзоре за производством работ, — проход тяжелой нагрузки может вызвать образование сквозных проломов замкнутого контура, а действие усадки бетона или намокания — образование местного вспучивания.

Ремонт сквозных проломов и местных вспучиваний при больших размерах их не отличается от ремонта, производимого при изломах плиты: весь бетон вырубается и заменяется новым. При малых размерах пролома в плане удаление бетона затруднительно, поэтому нижнюю часть бетона оставляют в проломе, верх выдалбливается, края старого бетона зарубают отвесно и образовавшееся пространство заполняется битумной смесью (рис. 210).

Такого же вида ремонт производится и при вспучиваниях — удаляется

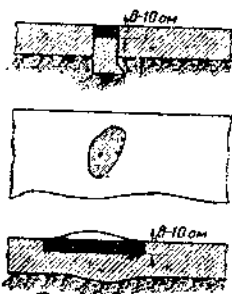


Рис. 210. Сквозные проломы и набухание плиты.

только возвышающаяся над поверхностью плиты часть бетона, но верхний слой его на глубину 8—10 см.

Такой ремонт только отодвигает на некоторый срок дальнейшее разрушение плиты, так как места с битумным заполнением остаются менее прочным местом плиты.

Выбойны и отскакивания пластинок бетона. Подлежащий ремонту участок тщательно очищается от грязи и пыли и вскирковывается на глубину 2—3 см. Вскиркованная масса удаляется. Затем очищенная поверхность простукивается легким молотком, и при обнаружении в отдельных местах глухого звука производится дополнительное удаление бетона в этих местах.

Затем поверхность ремонтируемого участка смачивается водой, покрывается слоем цементного раствора и выглаживается. Чаще применяется заделка выбоин смесью мелкого щебня, песка и битуминозных материалов, в этом случае перед укладкой смеси ремонтируемый участок должен быть высушен.

Пористость поверхности бетона (образуется уже во время процесса твердения) исправлению не поддается. Лучше всего такие участки гудронировать или силикатировать.

Текущее содержание бетонной дороги фактически сводится к регулярному осмотру и фиксации всех повреждений для последующего ремонта их одним из приемов перечисленных выше.

Опытной станцией ЛАДИ по заданию ЦДОРНИИ разработаны следующие указания по содержанию и текущему ремонту бетонных дорог:¹

1. Для содержания в исправности бетонной дороги требуется производить:
 - а) Систематический осмотр бетонной одежды не реже одного раза в декаду для обнаружения повреждений с целью принятия мер к их устранению.
 - б) Очистку поверхности бетонной одежды от пыли и грязи с помощью травяных щеток или промыванием водой из шлангов.
 - в) Возобновление поврежденного, изношенного и выбитого движением заполнения швов и трещин.
 - г) Засыпку с утрамбовкой колеи, образующихся на обочине у краев плит, от случайно съехавших с них колес экипажей.
2. Ремонт всякого рода повреждений на цементно-бетонных дорогах должен производиться по возможности в самый короткий срок после их обнаружения. Всякое повреждение, даже само незначительное, под воздействием движения и неблагоприятных геофизических факторов быстро увеличивается и в дальнейшем может привести покрытие к таким разрушениям, что придется на значительном протяжении заменить покрытие новым.
3. Методы ремонта должны быть выбираемы в зависимости от характера и величины повреждений.
4. Битуминозные материалы следует применять для ремонта следующих повреждений:
 - а) Трещин продольных и поперечных: 1) волосных, 2) с разноразными кромками.
 - б) Раковин: 1) от выбитых отдельных щебенки, 2) от следов, вдавленных в поверхность плиты во время постройки.
 - в) Износа и отслоений поверхностной цементной корки, когда поверхность плиты стала шероховатой.
 - г) Повреждений и износа кромок бетонных плит около швов.
 - д) Отслоений бетона у рабочих швов.
 - е) Проломов отдельных участков глубиной не менее 10 см и выбоин глубиной не менее 10 см.
5. Цементный бетон должен быть применяем для заполнения:
 - а) Выбоин глубиной более 10 см.
 - б) Проломов отдельных кусков на плитах глубиной более 10 см.

¹ Приводится с небольшими редакционными изменениями.

6. Перед ремонтом место повреждений должно быть очищено от пыли, грязи и продуктов разрушения бетона (отдельных щебенки и кусков цементного раствора). При очистке должны быть также удалены зубилом куски бетона, отломанные уже, но еще не отделившиеся заметно от плиты вследствие зацементирования.

7. При ремонте повреждения с применением битуминозных материалов надлежащим образом очищенная поверхность поврежденного места и та часть поверхности плиты, которая будет соприкасаться с битуминозным материалом, должна быть тщательно высушена, а в случае холодной погоды искусственно подогрета.

8. Перед заполнением проломов и выбоин (глубиной более 10 см) цементным бетоном, поверхность соприкосновения между старым и вновь укладываемым бетоном должна быть обрублена строго вертикально, и дно ящика, в который укладывается бетон, должно быть спланировано.

9. Ремонт битуминозными материалами всех повреждений, указанных в п. 4, осуществляется посредством заполнения надлежащим образом подготовленного места повреждения в бетонной плите битуминозным материалом с инертными добавками в виде песка или мелких высевок.

Для повреждений глубиной до 4—5 см следует применять способ поверхностной обработки. Повреждения глубиной до 4—10 см, носящие характер выбоин, лучше

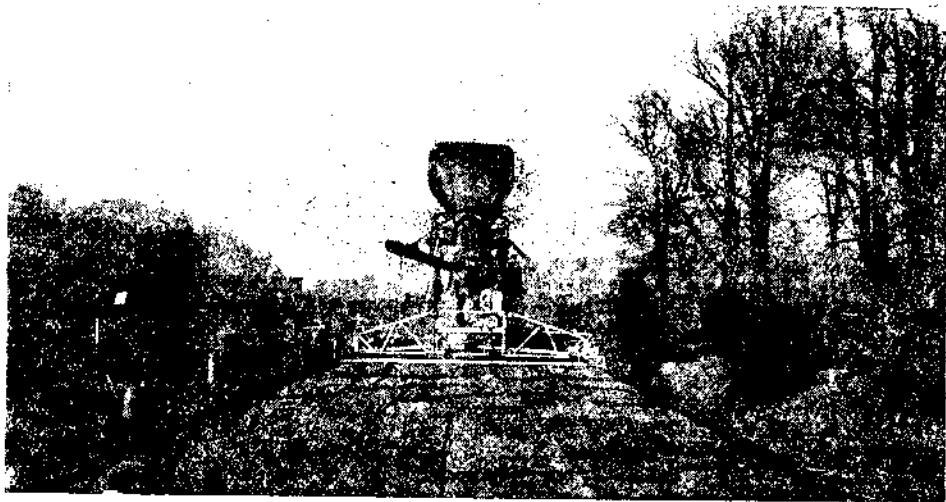


Рис. 210а.

заполнять холодным асфальтом или тонким асфальто-бетоном. Волосные трещины следует заливать сверху одним битумом без высевок. Способы производства работ—соответственно инструкциям по устройке черных дорог.

10. При ремонте с применением цементного бетона надлежащим образом подготовленный ящик (см. п. 8) заполняется бетоном, который должен быть качеством не ниже качества бетона ремонтируемой плиты.

Способы производства работ, уход за свежим бетоном и время открытия движения—в соответствии с инструкцией (К-18, раздел VII).

11. При ремонте с применением цементного бетона поверхность вновь уложенного для заполнения поврежденных мест материала должна лежать в одной плоскости с поверхностью ремонтируемой плиты, что должно быть проверено посредством уровня.

При ремонте битуминозными материалами допускается некоторое возвышение порядка (1—2 см) вновь уложенных заплат над поверхностью ремонтируемой плиты.

Официальные „Единые нормы выработки и расценки по строительному производству на 1933 г.“ в отделе „Дорожные работы“ проводят следующие нормы на разломку бетонного основания под высшие типы покрытий.

Разломка бетонного основания пневматической бетонодробилкой Донар.
 Состав работы: Разломка основания при помощи пневматической бетонодробилки. Нормы и расценки на 2 см³ основания.

Таблица 35—36

Род бетона	Наименование норм	Толщина основания				
		до 12 см	14 см	16 см	18 см	20 см
Бетон с кирпичным щебнем	н. врем.	0,40	0,044	0,49	0,53	0,57
	н. выруб.	20,0	18,2	16,3	15,1	14,0
	расценка	—19	—22	—24	—26	—28
Бетон с булыжным щебнем	н. врем.	0,59	0,63	0,67	0,70	0,74
	н. выруб.	13,6	12,7	11,9	11,4	10,8
	расценка	—29	—31	—33	—34	—37

Нормами и расценками не предусмотрена работа обслуживающего компрессор механика.

Эти нормы с соответствующим повышением на мелкость работы могут быть перенесены и на ремонт бетонных покрытий. Все остальные работы по ремонту и содержанию бетонных дорог в СССР еще не нормированы.

Последние американские журналы дают указания, что в качестве эксплуатационной меры, предупреждающей образование трещин, практикуется регулярная поливка дорог раствором хлористого кальция, применение которого при уходе за свежеложенной плитой было уже освещено в гл. 14.

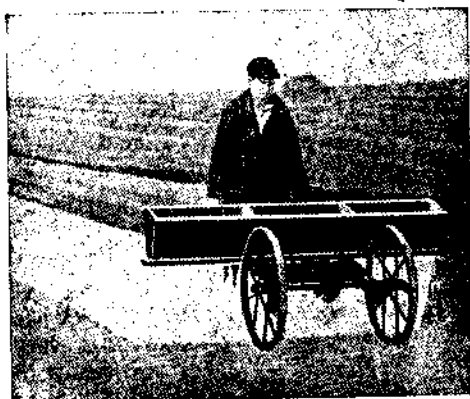


Рис. 211. Рассыпка порошка хлористого кальция.

17. АРМИРОВАНИЕ БЕТОННЫХ ДОРОГ.

Назначение арматуры. Включенная в состав сечения плиты металлическая арматура принимает на себя растягивающие напряжения, к которым бетон особенно чувствителен. Благодаря наличию арматуры величина растягивающих усилий, приходящаяся на все сечение плиты, может быть допущена большей, чем в неармированной плите, а отсюда может быть увеличено расстояние между швами и уменьшено число швов. Возможность появления трещин от нагрузки экипажами при наличии арматуры снижается. Само развитие трещин идет замедленнее, чем при отсутствии арматуры.

При короблении бетонной плиты, вследствие разности температур верхней и нижней поверхности ее, наличие в верхней и нижней части сечения арматуры также предохраняет плиту от образования трещин.

В главе 4 было указано, что наиболее слабой частью плиты являются ее углы. Если грунт оказывает слабое сопротивление прогибу угла, вполне возможно отламывание его. Поэтому при слабых грунтах армирование плиты в углах следует считать обязательным. Вообще при основаниях неустойчивых надлежащим армированием можно сильно повысить сопротивление плиты изгибу, а отсюда и распространить давление от нагрузки на большую площадь основания и, наоборот, при устойчивом основании, дорожная одежда может нуждаться лишь в самом слабом армировании. Плита, укладываемая на плотном, или хорошо уплотненном основании, вовсе не нуждается в армировании.

При образовании сквозных трещин развитие вредных деформаций в бетонной плите усиленно прогрессирует вследствие постепенно усиливающихся ударов колес экипажей при проходе над трещиной. Наличие арматуры помогает разделенным трещиной участкам плиты работать совместно,

так как арматура передает поперечные силы с одной части плиты на другую. Армированная плита значительно лучше переносит многократное и частое повторение нагрузок (густое интенсивное движение). Отмечены практические случаи значительно большего срока службы армированных участков по сравнению с находящимися в одинаковых условиях участками неармированными.

В итоге всего указанного назначением арматуры в бетонной плите можно считать:

а) придание большей прочности плите для лучшего восприятия изгибающих усилий;

б) предотвращение образования трещин в бетоне от усадки и температурных изменений или, по крайней мере, ограничение возможности образования трещин;

в) противодействие скалывающим усилиям и обеспечение передачи давления в швах и трещинах с одной части плиты на другую.

Способы армирования. Подобно тому, как не существует точных, строго обоснованных теорий, указаний относительно назначения толщины плиты и очертания ее поперечного профиля, — точно так же отсутствуют в практике строительства бетонных дорог вполне стандартные указания о количестве и расположении арматуры.

Простейшим армированием является укладка по краям плиты (вдоль дороги), в 15 см от наружной грани, по одному пруту, диаметром 10—12 мм с пропуском арматуры сквозь швы (рис. 212-а). Этим усиливаются самые слабые части плиты — ее края. В САСШ (Калифорния) считается за правило укладывать арматуру не только по краям плиты, но и вдоль продольных и поперечных швов, а также и по всей ширине плиты в тех местах, где есть данные считать основание плиты более слабым: на подъездах к мостам, над водопропускными трубами, в местах недавней раскопки земляного полотна. Здесь же бывает уместно применить более сильное армирование, которым является укладка сеток из железной проволоки весом от 1,5 до 8,5 кг на м² (чаще 2—3½ кг/м²). Сетка укладывается в расстоянии 5 см от поверхности бетона для предотвращения появления трещин у поверхности дороги, где они наиболее опасны. В дорогах, пролегающих в неблагоприятных климатических условиях, сетка укладывается как у верх-

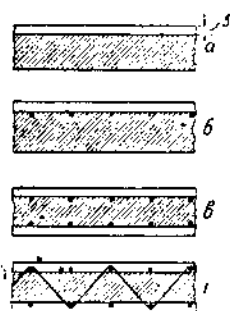


Рис. 212. Различные способы армирования бетонной плиты. (Штриховка на рисунках не доведена, как то следует, до верха и низа плиты.)

ей поверхности, так и у нижней (рис. 212-в). Применение сильного армирования имеет место также при тяжелом грузовом движении. В качестве

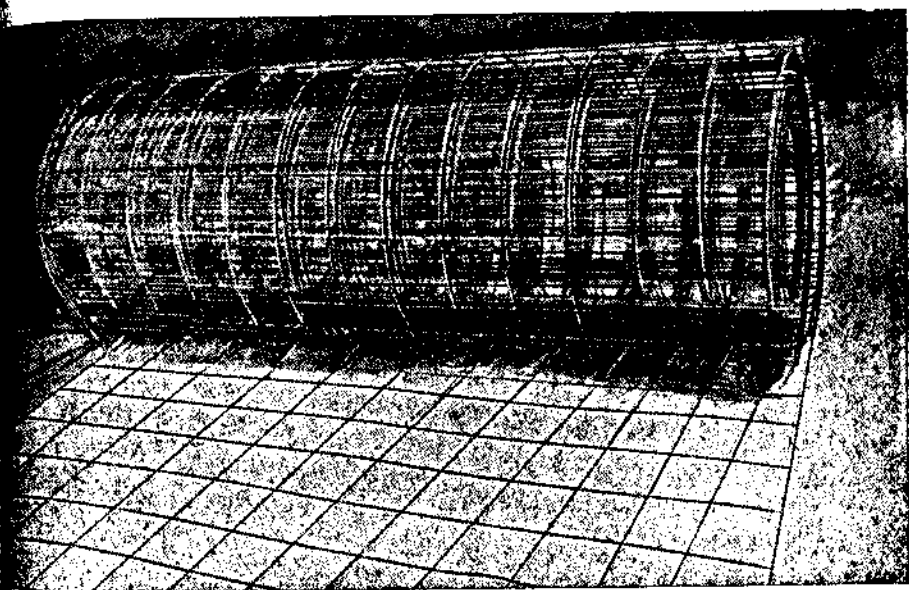


Рис. 213. Сетка из сваренных между собой стержней, доставляемая к месту работ в рулонах.

усиленного армирования, при особо неблагоприятных климатических и почвенных условиях и для тяжелого движения с большими скоростями, две плоскости сеток соединяют между собой еще диагональной арматурой того же веса (рис. 212-г).

Расстояния между стержнями продольной и поперечной арматуры назначаются в зависимости от диаметра стержней, ширины и длины плиты. При одиночной арматуре поперечные стержни диаметром 10 мм располагаются через 50 см при ширине плиты в 3 м и через 25 см при ширине ее в 6 м, продольные стержни через 46 см при расстоянии между швами от 6 до 12 м, через 30 см при расстоянии

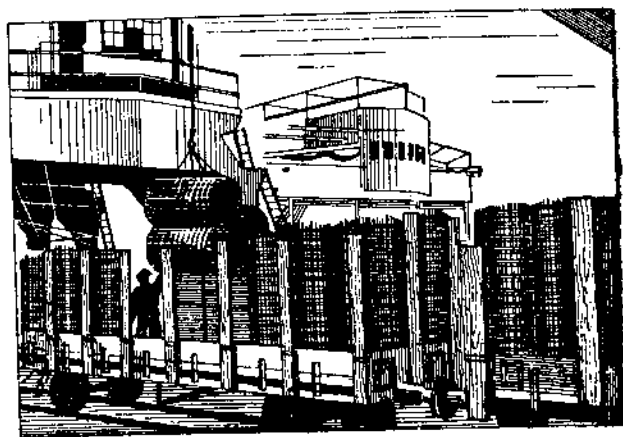


Рис. 214. Транспорт сеточной арматуры.

через 40 см при расстоянии 15 — 17 м, через 30 см при расстоянии

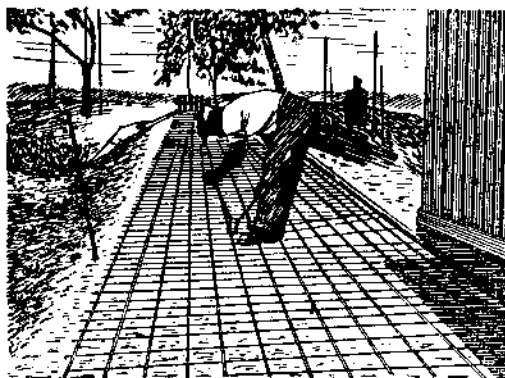


Рис. 215. Соединение отдельных участков сетки („матов“) между собою.

стых прутьев в количестве свыше 5 кг/м^2 оказывает вредное влияние на прочность бетона. Изменение объема бетона под действием перемен влажности и температуры настолько задерживается этой арматурой, что появляются трещины; аналогичные указания дает Гогентоглер (САСШ).

Армирование плиты сварными сетками было применено на участке дл. 270 м в Кеттен-Доссау (Германия) частью на ширине 1,40 м, частью на всей ширине. Стальная сетка весила всего $1,4 \text{ кг/м}^2$ дороги. Механические характеристики стали этой сетки: временное сопротивление растяжению 6 700—7 000 кг/кв. см, предел текучести — 6 000—6 100 кг/кв. см,



Рис. 216. Укладка бетона верхнего слоя.

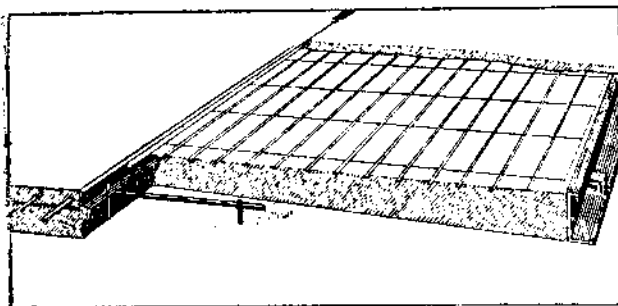


Рис. 217. Расположение арматуры и шпунта в железобетонной дорожной плите.

21 — 23 м и через 20 см при расстоянии 30 м. Эти указания являются ориентировочными и далеко не всегда в САСШ соблюдаются.

Употребление толстого железа дает по некоторым опытным данным меньший эффект, чем более густо расположенная сетка арматуры малого диаметра, поэтому получили большее распространение проволочные плетения из стали и сварные проволочные сетки.

Германский исследователь Пробст указывает, что по его опытам арматура из тол-

относительное удлинение при разрыве — 6—8%. Участок был построен осенью 1929 г. и до 1931 г. не имел трещин.

Сетка доставлялась рулонами шириной 2 м и дл. 50 м (рис. 213), вследствие чего ее приходилось перед укладкой разрезать ножницами на отрезки нужной длины, укладываемые

ые поперек дороги отдельными „матами“. Маты укладывались с 5 см захлесткой и соединялись между собой скрутками 5 мм проволоки дл. 20 см (рис. 215). Укладка сеток производилась по нижнему слою бетона, затвердевшему, но с неровной поверхностью. Затем немедленно укладывался верхний слой бетона (рис. 216).

На другом участке (у Остерниенбург) полотно дороги имело просадки, для выравнивания которых приходилось производить подсыпку до 70—80 см гравием. Арматуры было уложено по 5 кг/м².

Состояние обоих участков через 3 года после постройки было очень хорошее.

Влияние армирования бетонной плиты на уменьшение образования трещин в бетоне было исследовано Гольдбеком (САСШ).¹

В своем исследовании Гольдбек полагает, что сила трения между плитой и грунтом основания вызывает появление напряжений, равномерно распределенных по высоте сечения плиты,² и напряжений в железе арматуры, определяемых из следующего уравнения:

$$K \cdot \frac{L}{2} \cdot g = 100 \cdot H \cdot \sigma_6 + F_{ж} (E_{ж} : E_6) \cdot \sigma_6,$$

где

g — вес 1 м² плиты,

σ_6 — напряжение в бетоне ($\sigma_6 = 2—3$ кг/см² — временное сопротивление бетона в начале твердения),

$F_{ж}$ — площадь поперечного сечения продольной арматуры на 1 п. м ширины плиты,

$E_{ж}$ — модуль нормальной упругости железа,

E_6 — модуль нормальной упругости бетона,

K, L, H — имеют то же значение, что и на стр. 34.

Если допустить возможность появления в бетоне волосных трещин, то сопротивление бетона разрыву в расчет не вводится, и зависимость сил трения от напряжений в железе $\sigma_{ж} = 1750$ кг/см² перепишется так:

$$K \cdot \frac{L}{2} \cdot g = F_{ж} \cdot \sigma_{ж}.$$

При помощи этих формул Гольдбеком определены следующие значения расстояний между швами:

¹ См. также R. D. Bradbury. Журнал „Roads and Streets“. 1932, № 7.

² Выше, в гл. 5, уже упоминалось о неточности этого предположения Гольдбека.

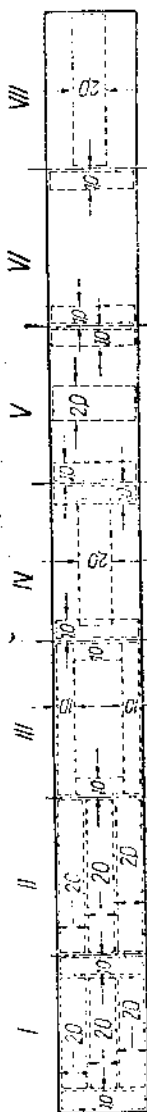


Рис. 218. Различные схемы расположения матов, примененные на постройке Нейдорф-Грудепюг.

Таблица 37

Количество арматуры на п. м ширины плиты	Расстояние между швами если желательно избежать появления волосных трещин	Расстояние между швами при условии допущения образования волосных трещин в бетоне.
Без арматуры	8,7 м	8,7 м
2,1 см ² = 0,14%	8,8 м	10,0 м
4,2 см ² = 0,28%	9,0 м	20,0 м
6,3 см ² = 0,42%	9,1 м	30,0 м

Таким образом, введением арматуры можно в очень незначительной мере увеличить расстояние между швами. Если же допустить образование волос-

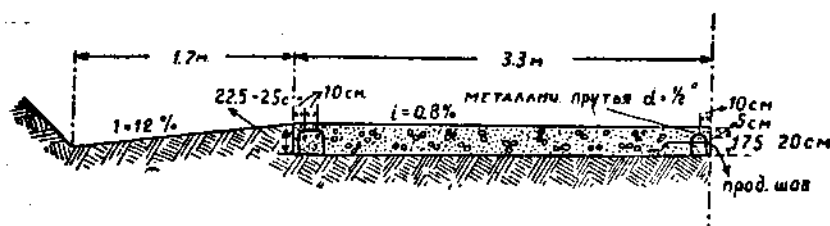


Рис. 219. Пример усиленного продольного армирования краев плиты (САСШ).

ных трещин, то расстояние между швами можно значительно увеличить. Эти же соображения подчеркивают необходимость применения для арматуры стали с высоким пределом пропорциональности. При такой стали вместо указанных в таблице расстояний 8,8—9,1 м получим большие величины. Характер распределения усилий трения при неармированной и армированной плите иллюстрируется рис. 220.

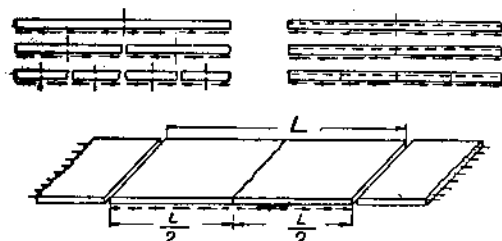


Рис. 220. Распределение усилий трения по основанию бетонной плиты при отсутствии (слева) и при наличии (справа) арматуры.

ремонта арматуры, затем по середине площади вскрытия арматура перерезается и отгибается, после укладки бетона в нижней части плиты (до уровня расположения арматуры) отогнутые концы возвращают на старое место, где устраивают обычного типа стык или производят сварку арматуры.

Выводы из всего изложенного об армировании могут быть сформулированы так: 1. Слабое армирование в виде пары продольных прутьев вдоль краев плиты и пары прутьев поперек плиты у шва следует признать желательным для всех плит, кроме уложенных на жестком основании. 2. Более сильное армирование, т. е. переход к железобетонной плите может быть вполне оправдан только особо сильными нагрузками при неблагоприятных грунтовых и климатических условиях.

18. БЕТОННЫЕ ДОРОГИ НИЗКОЙ СТОИМОСТИ.¹

В главе 3 было уже указано, что удешевление строительной стоимости бетонных дорог может идти по трем основным направлениям:

1. За счет уменьшения ширины одежды („однопутные бетонные дороги“).
2. За счет уменьшения расхода цемента (бетонные плиты уменьшенной машины, „связанная цементом шоссейная дорога“).
3. За счет уменьшения объема работ по изготовлению материалов (введение в состав бетонной одежды крупных кусков камня).

Из этих трех направлений удешевления стоимости первые два имеют большое применение, а потому заслуживают особо внимательного изу-

чения. Третье направление уменьшения стоимости бетонной одежды, наоборот, носит характер местных выводов и о нем вкратце упоминается в конце настоящей главы. Классификация дорог местного значения, где прежде всего может найти место применение бетонных дорог низкой стоимости, — по данным штатов Висконсин, Миннесота и Миссури, — может быть установлена, исходя из оценки следующих положений.

При напряженности движения свыше 500 повозок в день экономически целесообразно переходить на двупутное покрытие и обычные типы бетонных дорог; при меньшей напряженности применение бетонных дорог низкой стоимости, наоборот, вполне целесообразно.

Если в условиях современного движения, с учетом ближайших перспектив его развития, предполагается движение по дороге хотя бы и ограниченного количества грузовиков на массивных шинах, а тем более тяжелых повозок на металлических ободах, — применение бетонных дорог низкой стоимости будет нецелесообразно.

Ряд примеров из эпохи войны 1914—1918 г.г. подтверждает вероятность быстрого разрушения облегченных покрытий и покрытий небольшой ширины.

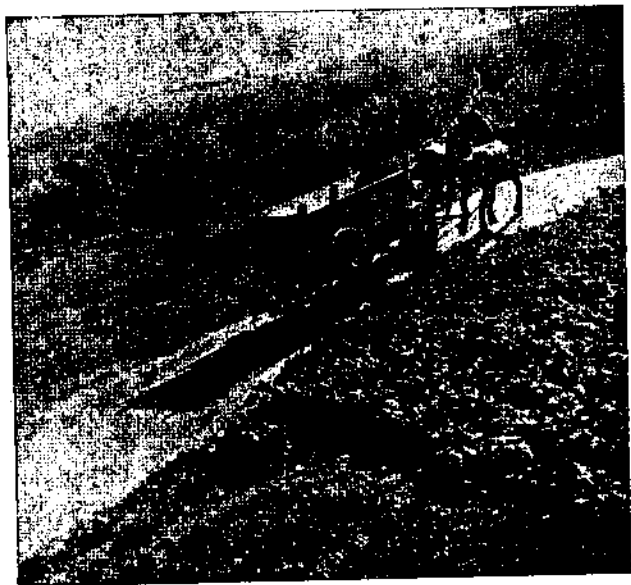


Рис. 221. Бетонная однопутная сельская дорога в Германии (построена без обочин, при холмистом рельефе с крутыми подъемами).

¹ Гл. 8 составлена автором совместно с инж. Л. А. Братцевым, причем данные об американских бетонных дорогах низкой стоимости заимствованы из книги: Brown and C. Conner — „Low Cost Roads and Bridges“, Chicago, 1933 г.

В соответствии с этими положениями и приводимыми ниже другими данными все местные дороги можно подразделить на три категории.

1-я категория. Главнейшие пути, соединяющие крупные местные центры и подлежащие улучшению в первую очередь.

2-я категория. Дороги, которые по своему значению и напряженности движения могут быть улучшены во вторую очередь.

3-я категория. Дороги с исключительно слабым движением.

Для дорог первой категории, при составлении проекта их улучшения должно быть безусловно произведено тщательно обоснованное сравнение двух вариантов улучшения их: а) путем устройства гравийной дороги или гравийного шоссе; б) путем постройки бетонной дороги низкой стоимости.

Первые (гравийные) дороги потребуют, при меньшей строительной стоимости, больших расходов по эксплуатационному содержанию их, вторые (бетонные низкой стоимости), наоборот, при несколько большей единовременной затрате при постройке, — требуют минимальных расходов на их ремонт и содержание. Само собой разумеется, что подобные варианты решаются в каждом случае в зависимости от местных условий.

Обсуждение подобных вариантов для дорог второй категории может иметь место лишь при особо благоприятных для постройки бетонных дорог местных условиях.

Для дорог третьей категории применение бетона, как материала для улучшения дороги, следует исключить.

Классификация дорог местного значения с точки зрения необходимой ширины („числа путей“) может быть предложена следующая:

I группа. Дороги, движение по которым в настоящее время невелико, но развитие движения по ним в ближайшем будущем несомненно, и необходимость уширения их неизбежна.

II группа. Дороги с небольшим движением, при отсутствии перспектив ближайшего развития движения, — вполне обеспечиваемые постройкой „одного пути“ из бетона.

Однопутные бетонные дороги (single track concrete road), т. е. дороги, рассчитанные на один поток движения, могут применяться как на местных дорогах I группы, так и II группы. Они должны в первую очередь обеспечивать в течение круглого года вполне удовлетворительные условия проезда грузовика с полным грузом или другой повозки, как грузовой, так и легковой, между теми пунктами, которые соединены этой однопутной линией дороги. Такие вопросы, как скорость и удобство езды на этих дорогах, являются вопросами второстепенными, однако, возможность достаточно удобного разъезда встречных экипажей при устройстве однопутных дорог также предусматривается.

Технические условия для однопутных бетонных дорог I группы (однопутные; уширение неизбежно в ближайшем будущем) должны почти во всем отвечать тем Т. У., которые могут быть предъявлены к ним после улучшения. В этой группе, как и во всех группах и категориях местных дорог должно быть уделено особое внимание применению местных материалов для изготовления бетона, отнюдь, однако, не за счет снижения норм оценки пригодности их для бетона. Отступление может быть сделано лишь в части подбора гранулометрического состава, причем надлежащая прочность бетона должна обеспечиваться тщательной дозировкой материалов, в соответствии с установленной величиной водоцементного отношения. Ширина бетонной плиты принимается 2,7—3,0 м. Покрытия шириной 2,4 м допускаются лишь

исключительных случаях, когда возможность такого уменьшения ширины вполне оправдывается типом обращающихся экипажей и малыми скоростями их движения. Толщина плиты 15—17 см на оси, 22—23 см у краев (см. рис. 222).

Покрытие на дорогах I группы располагается так, что один из краев его приходится на ось земляного полотна. Бетонная плита устраивается односкатной, с уклоном от оси полотна к краю. Возвышение одного края плиты над другим принимается в 2,5 см. При последующей укладке второй полосы покрытия получается обычный двускатный профиль.

В отношении установления типа искусственных сооружений, проектирования уширения и возвышения в кривых, продольных уклонов, условий видимости, — проект такой дороги не должен ничем отличаться от нормальных проектов бетонной дороги. В отношении земляных работ рекомендуется соблюдать обычную экономию, стараясь придерживаться трасы существующих дорог и идя преимущественно нулевыми работами.

Целый ряд отдельных деталей в Т. У. для второй группы дорог (уширение не предвидится) позволяет значительно снизить строительную стоимость их по сравнению с дорогами первой группы.

В САСШ выставляются для этих дорог условия, которые сво-

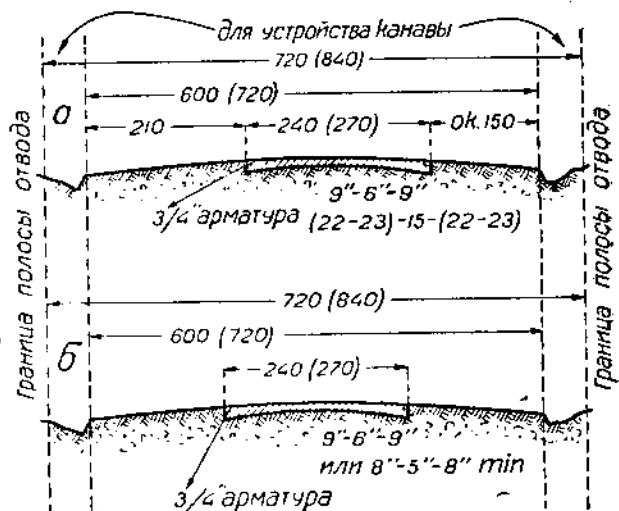


Рис. 222. Поперечные профили американских однопутных бетонных дорог.

дятся к тому, что предельная скорость движения в 50 км/час на кривых является достаточной. Допускается, как исключение, уменьшение радиуса кривых на этих дорогах до 17 м (при снижении скорости до 30 км/час), хотя последнее время требования Т. У. для этой группы дорог несколько повышены, а именно: минимальный радиус кривых установлен в 60 м для углов поворота 90° и больше, при видимости меньшей 75 м. Минимальный радиус для гористой местности — 45 м при совпадении с предельным уклоном. На прямых участках предел видимости от 45 до 100 м. Кривые применяются исключительно круговые, сложных составных и обратных кривых следует избегать для упрощения постройки дороги. Поперечный профиль этого типа дорог приведен на рис. 222.

При трассировании „однопутных дорог“ второй группы по существующим дорогам полосу отвода стараются по возможности оставить старой, чтобы не удорожать стоимости постройки из-за лишних отчуждений. Однако, необходимые спрямления трасы старой дороги все же производят, так же, как и необходимые выправления линии в профиле. Наоборот, исправление незначительных отклонений от прямой трасы (исключение небольших углов

поворота в существующих дорогах) не рекомендуется производить, если это приводит к переносу оси трасы на большом протяжении.

Рекомендуемые углы поворота от 8 до 20°.

Пересечение водотоков рекомендуется делать по старым сооружениям, после изучения в каждом отдельном случае удачно-ли они расположены.

Предельный подъем на бетонных дорогах низкой стоимости допускается в исключительных случаях в 10‰, рекомендуется однако не превышать 7‰. Участки с крутыми подъемами не должны быть длиннее 150 м. При выборе между вариантом с большим подъемом (в пределах, допускаемых Т. У.) и вариантом с большим количеством крутых кривых, при равной стоимости, предпочтение следует отдавать первому варианту.

Рекомендуемая ширина полотна — 7,2 м, не считая придорожных канав; на коротких участках, как предельную наименьшую ширину полотна, можно принимать 6 м.

В виду снижения ряда требований Т. У. по отношению к бетонным дорогам низкой стоимости, особое значение приобретает надлежащая обстановка их предупредительными сигналами.

Бетонная плита однопутных дорог II группы должна быть расположена симметрично посредине полотна, если только объем движения ко времени постройки не настолько велик, чтобы требовать постоянных забот о содержании обочин.

Симметричное расположение применимо всегда в тех случаях, когда изобилие местных каменных материалов позволяет без значительного удорожания стоимости покрыть обе обочины одеждой.

В некоторых случаях, а именно, при резком преобладании одностороннего грузового движения, применяется несимметричное расположение бетонной плиты, такое же, как и на однопутных бетонных дорогах I группы; бетонная плита при этом должна укладываться справа от оси полотна, считая по направлению преобладающего грузового движения.

Преимущества такого несимметричного расположения бетонной плиты заключаются в следующем:

1. Одна из обочин (более узкая) покрывается дерном и не нуждается в систематическом содержании.

2. Работы по ремонту и содержанию более широкой обочины, являясь сосредоточенными на одной стороне дороги, обходятся дешевле и производятся быстрее.

3. Съезжать на обочину порожнему экипажу удобнее, нежели груженому.

При трасировании бетонной дороги низкой стоимости может оказаться целесообразным проводить ее и в затопляемых временами местах; в таком случае следует защитить наброской камня или посадкой кустарника низовые откосы полотна (считая по направлению течения воды); рекомендуется также защищать и низовую обочину.

В особых условиях (выход ключей, водоносные слои в выемках) следует применять обычные инженерные приемы разрешения задачи отвода воды. В выемках часто оказывается целесообразным доводить ширину одежды до полной ширины полотна, сопрягая одновременно бетонную плиту проезжей части с бетонными лотками при юрочных канав; лотки с бетонной облицовкой могут быть значительно меньше необлицованных, чем достигается экономия во всем объеме земляных работ выемки.

Толщина бетонной плиты бетонной дороги облегченного типа II группы колеблется в САСШ от 12,5 до 15 см оси и от 15 до 23 см у краев. Меньшие из указанных размеров допустимы при легких нагрузках на плиту при хороших качествах грунта основания.

Ширина плиты — 2,4—2,7 м. Для усиления плиты, так же как и в обычных типах бетонной одежды, применяются располагаемые вдоль краев одежды железные прутья диаметром 19 мм.

Устройство поперечных швов такое же, как и в нормальных бетонных плитах. Продольные швы, вследствие малой ширины одежды, не устраиваются.

На подходах к сооружениям, по 15 м с каждой стороны, покрытие делается двойной ширины, для безопасности движения при въезде на мост съезде с моста.

Проектирование состава бетона и производства работ производится обычными методами без каких бы то ни было упрощений.

Дороги местного значения с частым движением легких повозок (грузовики до 5 тонн, легковые автомобили) не могут устраиваться однопутными, и удешевление стоимости одежды может идти лишь за счет уменьшения толщины или ширины одежды, или за счет перехода к типу цементно-щебеночных одежд.

Основываясь на данных опыта, которые упоминались выше в гл. 3, следует повторить, что применение плит толщиной менее 15 см в большинстве случаев ведет к образованию трещин, — поэтому даже при наличии частых поперечных и продольных швов, уменьшающих вредное воздействие перемен температуры и влажности, назначение плиты, толщиной менее 15 см, может быть допущено лишь при хороших качествах грунта и благоприятных климатических условиях. Последние исследования Бюро общ. дорог САСШ показывают, что при наличии таких условий при нагрузке на колесо даже до 6 т плиты толщ. 12,5 см по оси и 20 см у краев могут выдерживать значительное движение. Правда, практика предыдущего многолетнего опыта строительства бетонных дорог такого благоприятного вывода не подтверждает, и дороги с уменьшенной толщиной бетонных плит заметного распространения не получают.

Достичь значительной экономии в стоимости бетонной одежды уменьшением ширины также нельзя, и лишь при условии ограничения скоростей движущихся экипажей может быть назначена ширина в 4,8 м чаще в 5,4 м. Бетонные покрытия такой ширины, применявшиеся в самом начале строительства бетонных дорог в САСШ, сейчас начинают часто применяться на дорогах местного значения.

Наиболее удачным способом разрешения вопросов постройки бетонных дорог такой стоимости с «двупутным» движением явился способ устройства «цементного макадама» или «цементно-щебеночных одежд» или «цементированных шоссе».

Первые цементно-щебеночные шоссе были построены в Ленне (Массачусетс) и во Франции в 1905 г. Этот тип покрытия широко применялся в Ленне вплоть до 1920 г., когда был вытеснен обычным бетонным покрытием.

После ряда опытов постройки цементированного шоссе выделились три основных метода введения в щебеночную одежду гидравлического связующего вещества (причем кроме порландского цемента в цементно-щебеночных покрытиях применяются также и шлаковый цемент, трасс и гидравлическая известь).

Первый метод — метод жидкого раствора или метод пропитки применяется наиболее часто и дает наилучшие результаты (в Массачусетсе, где применяется именно этот метод, он носит название «hassam»).

Уплотненный в сухом виде щебень укатывается в первый раз, причем уплотнение должно быть несколько ограниченным для того, чтобы между отдельными щебенками оставались пустоты, обеспечивающие хорошее проникание цементного раствора, консистенции густых сливок.

После первой укатки цементный раствор наносится быстро на поверхность шоссе, по возможности равномернее, затем производится повторная укатка, причем излишек раствора выходит на поверхность. Затем поверх-

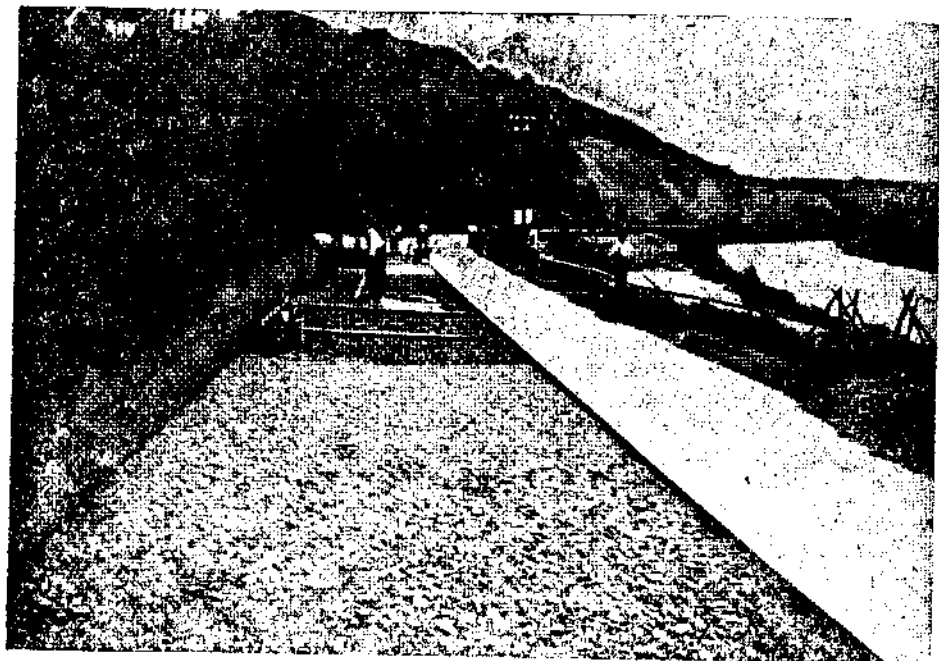


Рис. 223. Устройство цементированного шоссе. Работы производятся „по половинкам“ дороги.

ность покрывается тонким слоем песка (во избежание слишком быстрого высыхания раствора во время схватывания и для защиты дороги в первые дни движения) и выравнивается с помощью брезентовых или резиновых ремней.

Гранулометрический состав каменных материалов для такого покрытия нормируется следующими показателями.

Песок должен проходить через сито № 4 (см. гл. 6). Не менее 5% и не более 30% песка должно проходить через сито № 50. Не свыше 5% песка должно проходить через сито № 100.

Если в песке содержится более 6% (по объему) глины, суглинка или пыли, — или песок не дает положительных результатов при пробе на окраску, — материал бракуется.

Щебень должен содержать не более 20% округленных (недробленых) частиц. Не более 5% должно пройти через сито № 0 ($1\frac{1}{2}$ ") (см. гл. 6).

и не более 10%, должно удерживаться на сите № (2 $\frac{1}{3}$ "), т. е. до 85% щебня должно приходиться на фракции 3,8—6,2 см. Износ на барабане Девала — не более 4%. Допускается износ и выше 4%, но не более 6%, при условии еще большей однородности размеров щебня, чем требовалось выше.

Работы по устройству цементированного шоссе, начинаются с устройства корыта, по бокам которого устанавливаются деревянные доски, высотой равной проектной толщине покрытия. Скрытый продольный шов устраивается путем установки по оси корыта деревянной доски, толщиной 2,5 см, высотой 5 см. Покрытие делится на секции такими же скрытыми поперечными швами, на обычных для бетонных покрытий расстояниях.

Россыпь и укатка каменного материала опережает следующий за ним разлив раствора на 30—50 м. Россыпью щебня покрытию придается 2% поперечный уклон, который выверяется и, если нужно, то выправляется после укатки. Для укатки удобны катки весом 7 т.

После укатки производится разлив раствора консистенции густых сливок (состава: 1 м³ песка, 800 кг цемента и 400 л воды), — тщательно перемешанного.



Рис. 225. Производство работ по постройке цементно-щебеночного шоссе.

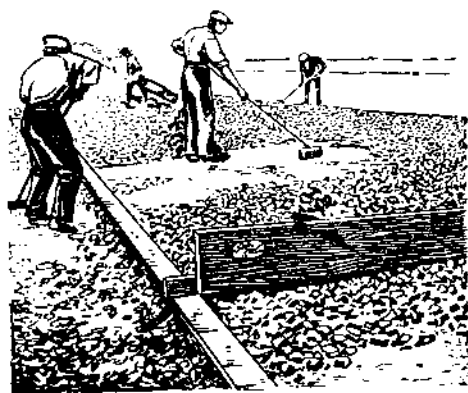


Рис. 224. Производство работ по постройке цементно-щебеночного шоссе.

Когда разлив произведен на такое расстояние от его начала, что первый вылитый раствор может начать схватываться, — приостанавливают дальнейший разлив на ближайшем поперечном шве, где устанавливается и укрепляется временная досчатая перегородка, такая же, как и по краям корыта.

Разлитый раствор разравнивается метлами для более равномерного распределения, затем производится укатка отгороженного участка катком-танDEM, весом 5—7 т. Цель

укатки — облегчить проникание раствора в слой каменного материала; для этой цели обычно достаточно 1—2 проходов катка.

После второй укатки производится новая проверка поверхности 6 м шаблоном, и все неровности, превышающие 1,5 см, устраняются с помощью железных вил, которыми передвигаются и вдавливаются в слой щебня добавляемые отдельные щебенки. Если впадины велики и указанным способом

исправлены быть не могут, добавляется щебень размером в 1—1,5 см в виде присыпки, вновь укатываемой. Эти исправления надо производить крайне осторожно, в самом начале схватывания цемента.

В некоторых случаях ограничиваются указанной выше незначительной повторной укаткой, выравнивают поверхность лентой и оставляют твердеть. Часто после выверки поверхности, производят окончательную укатку тем же катком-танDEM, продолжающуюся до тех пор, пока не образуется ровное и плотное покрытие с возможно меньшим количеством раствора, остающегося на поверхности. При надобности, во время этой окончательной укатки местами вновь добавляют порции раствора.

Необходимый избыток цементного раствора определяется опытом; этого избытка должно быть достаточно, чтобы возможно было произвести окончательную обработку поверхности лентой.

Часто обработку лентой производят через некоторый промежуток после окончания укатки, и перед этим наносят на поверхность покрытия очень тонкий слой раствора, который и выравнивается лентой. Иногда после выравнивания подправляют поверхность метлами в том случае, если отдельные крупные щебенки оказались не покрытыми раствором и расположенными заметно ниже общего уровня поверхности покрытия.

Уход — такой же, как и за обычными типами бетонных покрытий (см. гл. 14). Чаше всего в этом случае применяется обработка поверхности хл. истым кальцием, из расчета 2 кг хлористого кальция на 100 кг цемента.

Рис. 226. Способы образования цементированной шоссейной коры.

При благоприятной погоде дорога может быть открыта для движения через 5—14 дней после окончания работ по ее постройке.

Второй метод — метод пластического раствора с послойной укладкой или метод послойной укладки (sandwich) сводится к следующему.

На шоссейную кору половинной толщины, слегка укатанную, накладывают жидкий пластичный раствор из песка и цемента (450—600 кг цемента на 1 м³ песка в зависимости от состава: от 1:3 до 1:2); другая половина щебня рассыпается затем на этот раствор, укатывается до полного уплотнения так, чтобы раствор, проникнув в верхний и нижний слой россыпи, выступил на поверхность; иногда приходится добавлять некоторое количество воды для облегчения укатки и, кроме того, нанести еще один верхний слой жидкого раствора для заполнения пустот между щебенками.

В Германии, где построено до 200 км таких покрытий, различают 7 приемов введения цементного раствора в состав шоссейной коры при цементировании по способу «сэндвич». Операции по рассыпке щебня, укладке раствора и укатке шоссе для этих семи приемов (рис. 226) могут быть вкратце сформулированы так:

Рис. 226а — Россыпь щебня, поверх слой раствора, укатка. В окончанном обработкой покрытии щебень цементирован лишь в верхней части.

Рис. 226б — Слой раствора, россыпь щебня, укатка. Под влиянием укатки раствор заполняет более половины высоты одежды.

Рис. 226в — Нижний слой щебня слегка укатанный, поверх слой раствора, далее верхний слой щебня, укатка. Благодаря предварительному уплотнению нижнего слоя раствор проникает преимущественно в верх одежды.

Рис. 226г — Россыпь щебня, поверх слой раствора, вмазывание раствора метлами в россыпь, укатка. Раствор распространяется по всей высоте одежды.

Рис. 226д — Тонкий слой раствора, слой щебня, слой раствора, укатка. Интенсивное заполнение раствором верхней и нижней части одежды.

Рис. 2.6е — Тонкий слой раствора, нижний слой щебня, легкая укатка, слой раствора, верхний слой щебня, укатка. Раствор распределяется равномерно по высоте одежды.

Рис. 226ж — Нижний слой щебня, тонкий слой раствора, вмазывание раствора метлами в нижний слой щебня, легкая укатка, слой раствора, верхний слой щебня, укатка.

Новейшим приемом в области применения покрытий типа „сэндвич“ является употребление связующего материала, состоящего из обыкновенного портланд-цементного раствора с добавкой некоторого количества дорожного битума. Такой связующий материал является медленно схватывающимся и отличается еще тем, что в меньшей степени изменяется в объеме при колебаниях температуры и влажности. Движение по дороге, обработанной подобной смесью, открывается вслед за окончанием последних работ по выравниванию поверхности покрытия, которое в период твердения цемента никакого ухода за собой не требует.

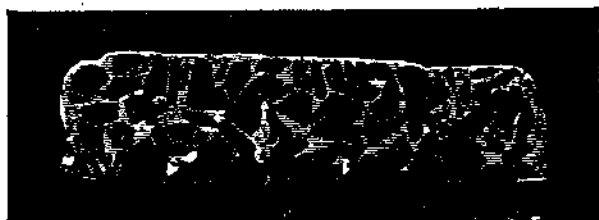


Рис. 227. Образец, вырезанный из цементно-щебеночного покрытия.

Описание способа производства работ при постройке покрытия типа „сэндвич“ не приводится, так как указанные выше схемы образования покрытия достаточно ясно определяют и способы производства работ.

Третий метод — метод смешения насухо — наименее распространен и наименее разработан. Сухая смесь из 100 м³ и 500 кг цемента распределяется по щебню после первой сухой и небольшой укатки, под влиянием которой проникает в щебеночную одежду. Затем шоссе поливают и укатывают, разметая щетками образовавшийся жидкий раствор до тех пор, пока он не заполнит пустоты между щебенками.

В следующей таблице сведены данные о стоимости, расходе цемента и об успехе работ по трем указанным способам:

Таблица 38

Способ	Производительность в рабочий день	Цемент на 1 м ³
а) Сухая смесь	240 м ³	80 кг
б) Пластичный раствор	200 м ³	120 кг
в) Жидкий раствор	320 м ³	150 кг

Имеются указания о выгоде обработки цементированных шоссе тонким слоем дегтя, горячим битумом или битумной эмульсией, причем последняя дает наилучшие экономические результаты; поверхностная обработка цементированных шоссе обходится несколько дешевле, чем обыкновенных, которые поглощают больше связующего вещества; кроме того, получается экономия и на эксплуатационных расходах.

Соппег приводит данные о том, что стоимость дорог (с покрытием по типу „сэндвич“), построенных в 1932 г. в восточных штатах САСШ, составила 2 р. 30 к. за 1 м² или 12700 р. за км, при ширине покрытия 5,4 м и толщине 15 см.

В СССР бетонные дороги в один путь не строились. Цементно-щебеночная одежда построена в виде опыта ЦДорнии в 1932—1933 гг. на небольшом протяжении в Белоруссии, Эрирани и Тифлисе. Между тем, при большом протяжении дорог местного значения, вопрос о строительстве бетонных дорог низкой стоимости, обеспечивающих бесперебойное круглогодичное

движение по ним, заслуживает конечно большего внимания и изучения; опытное применение таких дорог в большом производственном масштабе, очевидно, является одной из очередных задач дорожного строительства.

Камнебетонная мостовая, являющаяся в отличие от цементированного шоссе одеждой еще опытного порядка, вызвана к жизни теми же причинами, что и цементированное шоссе.

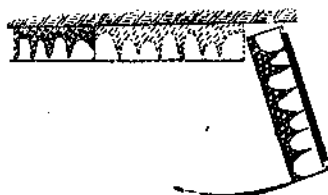
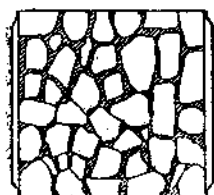


Рис. 228. Камнебетонная мостовая „Гензаль“.

Поверхность готового основания выравнивается по профилю слоем бетона состава 1:2½ 3:5 — 1:6, толщиной 3 см. Поперечный уклон может быть равен 2½—3‰. После достаточного затвердения бетона начинается устройство самого покрытия.

На деревянной квадратной раме, размерами 55 × 50 см, сколоченной из 5—6 см досок с железными бортами, устанавливаются на дно рамы, возможно плотнее один к другому, камни.

При устройстве опытного участка описываемого типа одежды в 1927 г. в округе Эйзенброн (Чехия) высота камней была принята от 6 до 10 см, а вся толщина одежды — 12 см.

После достаточно плотной установки камней, промежутки между ними и остающийся до верха формы промежуток толщиной от 2 до 6 см заполнялись бетоном состава 1:2:4, а затем производилось трамбование бетона железными трамбовками малого размера (рис. 228).

По уплотнении бетона излишек его выше бортов формы удалялся.

При указанных выше размерах и весе кубометра камне-бетона в 2,2 т, вес содержимого одной формы составит 66 кг.

Заполненная камнем и бетоном форма приподнимается двумя рабочими, быстро приставляется к готовому уже покрытию, переворачивается, и содержимое формы вытряхивается с таким расчетом, чтобы оно пришлось вплотную к ранее уложенной ленте или к бордюрному камню проезжей части.

После укладки ленты таких плит по всей ширине проезжей части поверх-

ность покрытия повернется по шаблону: выпячивающиеся камни осаживаются легкими ударами в бетон; просевшие камни можно приподнять, разобрав часть еще незатвердевшей кладки, добавив под камень бетона, тщательно установив и вновь забетонировав вынутые камни.

При ширине проезжей части, кратной полуметру, в одной ленте укладывается целое число плит; в следующей ленте по краям дороги укладываются половинки плит, и благодаря этому создается перевязка швов.

По изготовлении 10—12 рядов (лент) проезжей части все швы между плитами, а также и пустоты вокруг отдельных камней в самих плитах, заполняются цементным раствором 1:2. Нижнюю половину швов между плитами лучше заполнить песком. Каждый 10—12-й шов следует считать швом сжатия и заполнять его битумом. Так как плиты укладываются еще неотвердевшими, то не исключается вероятность схватывания бетона плит с бетоном основания. Поэтому температурные швы бетонного основания следует располагать вблизи швов покрытия.

После постройки покрытие нуждается в обычном для бетонных покрытий уходе, но значительно меньшего объема; можно ограничиться поливкой покрытия в течение 15 дней водой, а уже по истечении 8—10 дней может быть допущено открытие движения.

К достоинствам дорожного покрытия из каменно-бетонной кладки относится:

1. Монолитность одежды, отсутствие пустот, а отсюда — значительная ее прочность.
2. Ровность и достаточная шероховатость поверхности.

3. Экономичность, которая при сравнении с бетонной одеждой выражается в разнице между стоимостью бетона, заменяемого камнями, и стоимостью этих камней и составляет, по чешским данным, 25% стоимости.

4. Плотность и водонепроницаемость, малый износ и беспыльность, невозможность появления ям и просядок, сдвигов или волнообразных деформаций, хорошая защита кромок камней бетоном от откалывания, удобство взламывания при ремонте подземных сооружений.

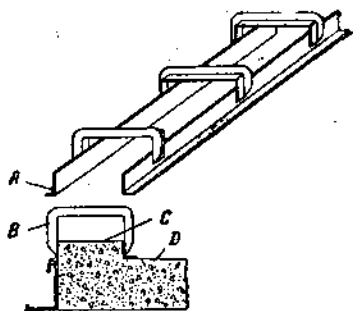


Рис. 229. Формы для устройства бетонных бордюров одновременно с бетонной одеждой.

19. ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА БЕТОННЫХ ДОРОГ В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ.

Основные элементы проектирования и сооружения бетонных дорог (гл. 2) остаются в общем в силе и при устройстве бетонных дорог в населенных пунктах. Величина радиусов закругления здесь целиком определяется условиями застройки. Это вынуждает в некоторых случаях, при прохождении бетонной дороги через города, делать разветвление ее: одна ветвь идет через деловой центр, ж.-д. вокзалы и пристани, другая в обход города по малозастроенным окраинам его.

В поперечном профиле отличие городских бетонных дорог от междугородних трактов значительно.

Края одежды отграничиваются бордюрами (поребриками), вровень с верхом которых располагаются тротуары.

Бордюры выполняются или из камня, с чистой теской верхней и части боковой поверхности, или из бетона же. В последнем случае специальными

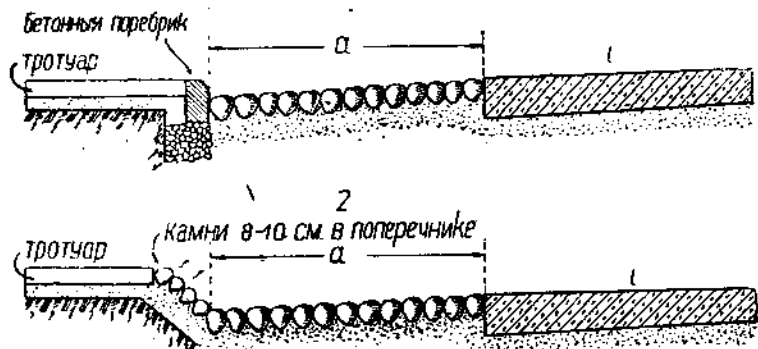


Рис. 230. Сооружение мощеной обочины с тротуаром с устройством поребрика или „подзора“.

формами (рис. 229) бордюру придается нужная форма. Существуют также специальные вибрационные аппараты для уплотнения бетона бордюра.

В пригородах вместо поребриков ограничиваются устройством „подзоров“, т. е. мощеного наклонного перехода от обочины к тротуару (рис. 230).

Очертание профиля городских бетонных дорог почти исключительно двускатное. Толщина плиты обычно одинаковая по всей ширине дороги (улицы); края плиты находятся при наличии бордюра в лучших условиях. Толщина в общем большая в связи с тяжелым городским движением. В городах более распространено устройство двуслойных бетонных дорог.

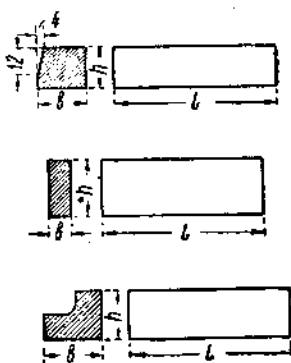


Рис. 231. Различные поперечные профили бетонных бордюров (Германские стандарты).

Так как городские улицы проходят по грунтам нарушенной структуры, обеспечение надежного основания бетонной плиты является особенно серьезной заботой. Поэтому, как правило, бетонные одежды в городах следует укладывать не ранее, чем через год после последнего разрытия основания и при условии отсутствия под бетонной одеждой сооружений, могущих потребовать разлома мостовой. Вопрос об увязке плана строительства дорожных покрытий и подземных городских сооружений является довольно сложным и подробно разбирается в специальных курсах городских дорог.

Постройка бетонных дорог в населенных пунктах допускает еще большую механизацию всех операций. Особенно целесообразным становится устройство стационарных бетонных заводов. В городах чаще применяются бетоноотделочные машины поперечного движения.

При покрытии бетоном больших площадей, бетонные плиты укладываются отдельными полями, подразделенными швами сжатия и расширения (рис. 232).

Городские бетонные дороги получили большое распространение в городах САСШ и в многих городах Южной Америки. В Европе большинство бетонных дорог в пригородах и на подъездах к городам.

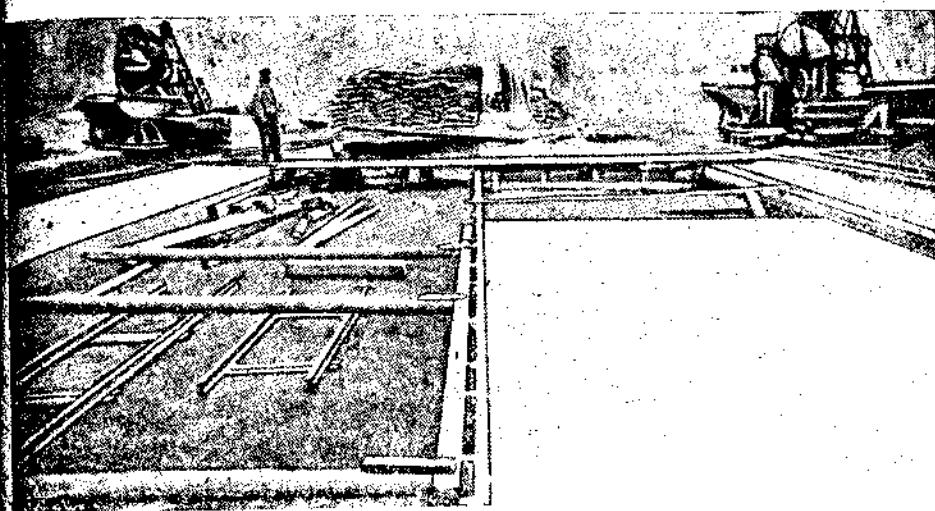


Рис. 232. Покрытие бетоном городской площади.

20. ДАННЫЕ О СТОИМОСТИ БЕТОННЫХ ДОРОГ. ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ.

Стоимость 1 км бетонной дороги при ширине в 5,5 — 6,0 м по данным САСШ за 1927 г. колебалась от 20 000 до 57 000 руб., т. е. от 3 р. 60 к. до 9 р. 50 к. за 1 м².

По данным годовых отчетов дорожных округов стоимость различных типов одежды выражалась в следующих цифрах (за вычетом стоимости полотна):

Таблица 39

Тип одежды	Ширина одежды в м							Примечание
	4,2	4,8	5,4	6,0	7,2	13,5	18,0	
Бетонная	27 660	31 600	34 000	41 700	47 500	89 000	113 500	Стоимость километра выражена в рублях; 1 доллар принят равным 1,9 р.
Бетонная битумированная	—	34 000	—	62 500	—	—	132 000	
Макадам из гравия и щебня, поверхностно обработанный	18 000	19 800	21 900	24 350	30 550	42 200	—	
Рок-асфальт (гравийный)	—	16 800	24 000	—	—	60 000	—	
Гравийное шоссе с поверхностной обработкой	9 600	10 850	12 000	13 340	16 800	44 400	—	
Гравийная дорога	7 680	8 500	9 450	10 500	—	13 600	—	

По отдельным штатам САСШ имеются более подробные данные о стоимости бетонных дорог, приведенные в таблице 40.

Таблица 40

Название штата	Ширина плиты <i>м</i>	Толщина в футах край-ось- край	Сред- няя тол- щина <i>см</i>	Площадь поперечн. сечения <i>м²</i>	Стои- мость 1 км Руб.	Стоимость на 1 м² бе- тона
Орегон, Джорджия . . .	6,1	9—6½—9	19—20	1,16—1,22	20 000	1 р. 65 к.
Алабама, Вашингтон . .	5,5—6,1	9—6—9	19	1,04	20 000	1 р. 95 к.
Юта	5,5	6	15	0,83	20 600	2 р. 48 к.
Индиана Висконсин . . .	5,5—6,1	9—7—9	20	1,10—1,22	31 000	2 р. 75 к.
Делавер	5,5	7—6—7	17	0,94	57 200	2 р. 90 к.
Нью-Хэймшайр	6,1	9—6½—9	19—20	1,16—1,22	40 000	3 р. 35 к.
Вермонт	5,5	7	18	0,99	45 500	4 р. 60 к.
Н. Мексика	6,1	9—6—9	19	1,16	57 800	5 р. 00 к.

Средняя стоимость 1 км профилировки и дренажа — 8—10 тыс. р.

Стоимость цемента в САСШ колеблется в пределах — 3 р. 40 — 4 р. 60 к. за 100 л.

Стоимость бетонных дорог в опытных условиях их постройки в СССР еще велика (8—12 р. за 1 м²).

Достоинства бетонной одежды. Выдерживая хорошо износ и имея значительную прочность, бетонная одежда несет одновременно и функции прочного основания и истирающего слоя.

Ряд других усовершенствованных покрытий: битумные, клинкерные или плиточные обладают малым сопротивлением изгибу, и их функции сводятся лишь к сопротивлению истиранию, обеспечению свободного хода экипажей, отводу воды от полотна, а иногда им отдается предпочтение из-за лучшего наружного вида.

Поэтому все эти усовершенствованные покрытия требуют в большинстве случаев устройства цементно-бетонного основания, или основания в виде паке-ляжной мостовой, а потому первоначальную стоимость цементно-бетонных дорог при одинаковой прочности покрытия следует считать ниже других типов усовер-шенствованных дорог. Этот вывод не применим, конечно, при наличии ста-рой коры (шоссе, мостовой), применяемой в качестве основания, или при наличии дешевого камня.

Основные достоинства цементно-бетонных дорог по сравнению с другими видами дорожных покрытий следующие.

1. Большая прочность, а отсюда возможность пропуска тяжелых грузов.

В 1921 г. в Иллинойсе (САСШ) было произведено испытание 63 участков раз-личных типов мостовых. После испытания 24 000-ми проходов 10-т военных грузови-ков остались неповрежденными всего 13 участков — четыре из неармированного бетона толщ. 17,5—26,5 см, шесть из армированного бетона толщ. 12,5—17,5 см и три из бетона лишь в нижнем слое, со слоем износа из других типов покрытий. Состав бетона был 1:2:3½. (См. Макаров „Бетонные дороги“).

2. Малый износ поверхности и наибольший срок службы (до 18 лет) без значительного ремонта, при небольшой стоимости содер-жания (300—350 р. в год км).

3. Полное отсутствие образования пыли.
4. Спокойствие хода и отсутствие шума при движении экипажей (при пневматических шинах — полное отсутствие шума).
5. Большая водонепроницаемость и полное стекание воды с поверхности проезжей части.

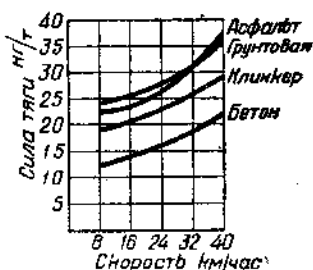
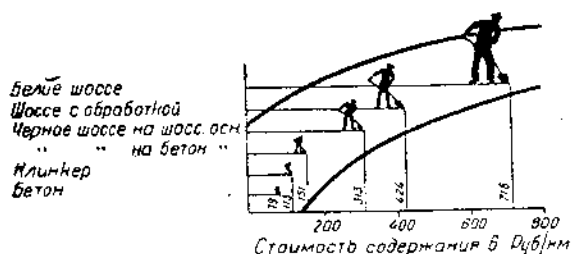


Рис. 233. Стоимость содержания различных типов дорог в зависимости от движения (пределы стоимости ограничены кривыми).

Рис. 234. Зависимость силы тяги в кг/м от скорости поворота для различных дорожных покрытий.

6. Ровность дороги и наименьшее сопротивление движению. Коэффициент сопротивления движению:

- Для бетонной дороги 0,01
- белого шоссе 0,03
- булыжной мостовой 0,05.

Малое сопротивление движению вызывает и малый расход горючего. По данным штатов Кливленд и Айва двухтонный грузовик при расходе 1 л gasoline может пройти следующий путь:

Таблица 41

Тип дороги	Путь, приходящий при расходе 1 л gasoline
Грунтовая	2,25 км
Гравийная	от 3,2 км до 4,1 км
Гудронированное шоссе	4,0 км
Клинкер	от 4,4 км до 5,7 км
Бетон	от 4,5 км до 5,9 км

„Die Betonstrasse“ (1933) приводит следующие данные о расходе горючего на 1000 т·км.

Таблица 42

Тип дороги	Расход горючего на 1000 т·км
Грунтовая лесная дорога	183 л
„ неулущенная дорога	152 „
„ улущенная	64 „
Гравийная дорога	55 „
Шоссе	45 „
Асфальто-бетон	34 „
Бетон	19 „

Тот же журнал при различных типах одежды дает следующую сравнительную таблицу стоимости перевозок.

Таблица 43

В копейках на т·км	Грузовик на сплошн. шинах	Грузовик на пневматиках	Легковой автомобиль	Автобус
Скорость	16 км/ч.	24 км/ч.	50 км/ч.	40 км/ч.
Грунтовые дороги	11	13	16	37
Гравийные дороги	11	12	15	34
Шосейные дороги	11	12	14	34
Асфальтовый бетон	11	11	14	29
Клинкер	10	10	13	29
Бетонные дороги	10	10	13	29

7. Слабый износ шин автомобилей.

Бюро общественных дорог САСШ, произведя определения износа шин на разных типах дорог, опубликовало следующие результаты опыта. Износ шин возрастает с увеличением скорости движения, увеличением температуры воздуха и покрытия. При нормальной нагрузке автомобиля и нормальном давлении в шинах срок службы шин задних колес колеблется от 38 000 км для покрытий с ровной поверхностью до 3 000 км для избитых неровных покрытий. Если принять износ шин на бетонных дорогах за единицу, то „коэффициент износа“ шин для других типов покрытий представится в следующем виде:

Таблица 44

Износ шин г/км	Тип дорожного покрытия	Коэффициент сте- пени повреждения шин („коэффициент износа“)	Средний пробег шин в км	Примечание
—	Асфальто-бетон	0,95	38 600	В зависимости от состояния шоссе В зависимости от округлен. гравия В зависимости от состояния шоссе
240	Бетон	1,00	36 600	
—	Клинкер	1,4	26 200	
1 400	Белое шоссе	1,9—11,0	19 300—3 300	
1 560	Гравийное шоссе	2,0—5,0	18 300—7 300	
—	Шоссе гудронированное	2,3—9,6	16 100—3 800	

8. Быстрота постройки и возможность широкой механизации производства работ (скорость укладки бетонной одежды достигает 120—230 м за 8 часов работы) при малом количестве рабочей силы.

Государственная северная дорога Флетр-Кассэль во Франции, дл. 9 км и шир. 9 м, была полностью построена в 5 месяцев.

Работы по постройке бетонных дорог и сейчас уже производятся с широким применением машин, причем машины и оборудование непрерывно совершенствуются.

9. Светлая окраска одежды (облегчает ночное освещение пути автомобильными фарами).

10. Пологость поперечного профиля (допускает использование для проезда всей ширины одежды).

11. Достаточная и постоянная шероховатость поверхности (не полируется при износе).

12. Стойкость против разрушения от бензина и масла автомобилей.

13. Материалы для постройки бетонных дорог — песок, гравий, щебень являются во многих случаях местными материалами и не требуют значительной транспортировки от места своей добычи.

Второстепенными достоинствами бетонной дороги является возможность окраски всей поверхности, нанесения разграничительных линий, сигнальных надписей и знаков и др.

Недостатки бетонных дорог следующие:

1. Малая упругость бетонной плиты (способствует быстрому развитию малейших повреждений поверхности, ухудшая при этом условия проезда, — главным образом, при сплошных резиновых шинах и стальных ободах колес).

2. Образование трещин при больших или резких колебаниях температуры и влажности, в некоторых случаях те же причины ведут к вылучиванию плиты.

3. Затруднительный и долгий ремонт бетонных плит.

4. Затруднения при проведении продольных подземных сооружений.

5. Сильный блеск под лучами солнца.

Ряд технических вопросов, возникающих при проектировании, постройке и ремонте бетонных дорог, часто требует разрешения их вне зависимости от шаблонных решений, а потому нужно, чтобы все работы по проектированию, сооружению и ремонту выполнялись под надзором компетентного технического персонала.

В число таких вопросов входят: проектирование трасы, исследование основания, назначение дренажей и искусственных сооружений, выбор рационального типа конструкции бетонной плиты, в соответствии с нагрузкой, подготовка подробных технических условий, которые должны соблюдаться при работе, строгий контроль используемых материалов и самого производства работ и ремонта, и, наконец, научное исследование и разрешение ряда возникающих сомнений.

Жесткое соблюдение принятых технических условий и тщательный непрерывный контроль при постройке за надлежащей толщиной бетонной одежды, качеством бетона и гладкостью поверхности одежды, является при бетонной одежде совершенно необходимым для обеспечения качества покрытия.

На текущую пятилетку строительство бетонных дорог в СССР сохранит еще свой опытный характер.

Дорожное строительство Союза будет опираться на дороги низкой стоимости и белое шоссе, а затем, несомненно, — бетонные дороги должны будут занять свое место в стране, и к моменту начала постройки дорог из бетона в крупном масштабе нужно будет иметь определенные решения о наилучшем составе бетона, конструкции одежды и способах постройки бетонных дорог.

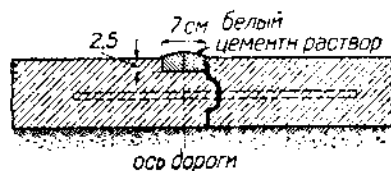


Рис. 235. Устройство разграничительной полосы вдоль продольного шва.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

Таблица дорожной сети всех стран с распределением по типам одежды

	Грунтовые дороги неулучшенные профилировкой	Грунтовые дороги улучшенные до- бавками, профи- лирован, устрой- ством водоотвода	Белое шоссе	Черные дороги	Цементно-бесто- вые дороги	Каменные, дере- вянные и асфаль- товые мостовые	Дороги без указа- ния типа одежды	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Европа:								
Австрия	—	—	—	—	30	—	29 170	29 200
Англия ¹	—	—	176 500	123 500	580	4 000	840	305 420
Бельгия	—	—	4 420	120	250	5 460	20 150	30 400
Болгария	—	—	16 150	—	—	20	—	16 170
Венгрия	28 10	8 260	—	590	90	300	4 600	41 940
Германия	—	208 500	120 000	15 000	200	3 000	2 000	348 700
Голландия	—	—	16 900	1 370	380	6 250	—	24 900
Дания	—	480	2 000	3 490	—	590	4 495	51 510
Ирландия	—	—	67 950	6 770	240	70	40	75 070
Испания	—	—	—	3 120	460	320	83 100	87 000
Италия	—	30 600	122 400	—	300	—	16 700	170 000
Латвия	13 300	15 500	—	960	—	250	—	30 010
Литва	30 280	12 940	1 230	—	—	—	—	44 450
Норвегия	—	37 500	—	60	—	10	—	37 570
Польша	—	174 000	—	—	—	—	52 600	226 600
Португалия	—	—	17 900	1 050	—	50	—	19 000
Румыния	38 350	9 500	58 650	—	—	—	—	106 500
Финляндия	—	29 000	30	20	—	20	23 500	52 570
Франция	—	—	—	—	100	—	653 000	653 100
Чехословакия	—	—	2 360	610	70	450	74 810	78 300
Швейцария	—	3 690	—	11 130	40	—	1 980	16 840
Швеция	—	130 200	—	140	40	40	—	130 420
Эстония	10 900	11 900	300	30	—	400	—	23 530
Югославия	—	11 830	27 750	70	—	—	—	39 650
Проч. страны ²	—	19 500	6 150	300	30	330	1 770	28 080
Итого	120 930	703 400	640 900	168 330	2 810	21 560	1 009 210	2 066 930
СССР. ³	1 350 000	130 000	40 000	400	—	130	—	1 521 130

¹ Включая Сев. Ирландию.

² В этой строке учтены дороги следующих стран: Греция и Архипелаг, Азорские о-ва, Албания, Гибралтар, Данциг, Исландия, Кипр, Люксембург, Мальта.

³ Цифры выправлены по данным ЦУДОТРАНСА с округлением; городские улицы не вошли; в цифру „40 000 км“ включено 20 000 км булыжных мостовых, 4 000 км гравийных шоссе и 16 000 км макадама.

	Грунтовые дороги неулучшенные префилировкой	Грунтовые дороги улучшенные до- бавками, профи- лирован. устрой- ством водоотвода	Белое шоссе	Черные дороги	Цементно-бетон- ные дороги	Каменные, дере- вянные и асфаль- товые мостовые	Дороги без указа- ния типа одежды	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Азия:								
Индия Брит. . .	258 360	—	103 000	1 660	—	—	—	362 660
Индия Голланд.	—	17 750	35 850	4 020	80	—	—	57 700
Инд-Китай . .	8 150	10 400	—	14 300	—	—	—	32 850
Китай	—	61 600	2 740	—	—	—	—	64 340
Турция	15 000	15 850	—	—	—	—	—	30 850
Филиппины . .	3 160	7 800	1 920	470	30	—	—	13 380
Цейлон	13 800	3 320	—	8 480	—	—	—	25 600
Япония	—	—	—	—	—	—	1 055 000	1 055 000
Проч. страны ¹ .	20 610	22 350	10 340	5 970	40	10	26 600	85 920
Итого . .	318 720	139 070	153 850	34 900	150	10	1 081 600	1 728 309
Африка:								
Алжир	—	12 760	12 760	3 440	40	70	—	29 070
Ангола	5 000	25 640	—	—	—	—	—	30 640
Африка Франц.	—	24 850	—	—	—	—	—	24 850
Конго	7 000	15 000	—	—	—	—	—	22 000
Нигерия	9 650	12 700	160	—	—	—	—	22 510
Родезия	800	13 200	—	—	—	—	—	14 000
Танганьика . .	—	20 200	—	300	—	—	—	20 500
Южн Афр. Союз	133 500	43 000	820	330	—	—	—	177 650
Проч. страны ² .	68 600	76 100	15 800	2 320	40	—	7 250	170 110
Итого . .	224 550	243 450	29 540	6 390	80	70	7 250	511 330
С. Америка:								
Аляска	—	2 820	—	—	—	—	—	2 820
Канада	254 500	364 000	—	10 330	4 340	—	30	633 200
САСШ	368 000	855 000	102 500	76 700	117 100	8 200	—	4 839 500
Мексика	—	1 530	—	600	—	—	97 870	100 000
Проч. страны ³ .	6 770	7 750	11 700	3 920	30	30	10 800	41 000
Итого . .	3 941 270	1 231 100	114 200	91 550	121 470	8 230	108 700	5 616 520

¹ В этой строке учтены дороги отдельных государств и колоний Азии, имеющих каждая менее 15 000 км улучшенных и мощеных дорог.

² В этой строке учтены остальные государства и колонии Африки, имеющие каждое менее 13 000 км дорог.

³ Средняя Америка, Антильские и Багамские острова.

1	Грунтовые дороги неулучшенные профилировкой	Грунтовые дороги улучшенные до- бавками, профи- лирован. устрой- ством водоотвода	Белое шоссе	Черные дороги	Цементно-бетон- ные дороги	Каменные, дере- вянные и асфаль- товые мостовые	Дороги без указа- ния типа одежды	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ю. Америка:								
Аргентина	145 000	71 820	—	—	—	—	4 180	221 000
Бразилия	92 000	20 400	800	80	100	—	—	113 380
Перу	4 200	13 120	1 850	—	100	—	—	19 270
Проч. страны ¹	104 110	17 880	970	290	350	10	4 220	127 830
Итого . .	345 310	123 220	3 620	370	550	10	8 400	481 480
Австралия:								
Австралия . . .	383 000	158 500	14 750	1 020	2 930	230	108 400	668 830
Нов. Зеландия .	23 510	52 000	—	2 780	580	—	130	79 000
Океания	990	1 970	590	1 180	230	—	2 190	7 150
Итого . .	407 500	212 470	15 340	4 980	3 740	230	110 720	754 980
Всего . .	6 708 280	2 782 710	997 240	307 520	128 800	30 240	2 325 880	13 290 670

¹ Боливия, Венесуэла, Гвинея, Колумбия, Парагвай, Уругвай, Чили и Эквадор—не более 3 200 км улучшенных и мощеных дорог в каждой.

С. С. С. Р. Совет труда и обороны Всесоюзный комитет по стандартизации	ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ	ОСТ 5036 ¹
	Портланд-цемент	Взамен ОСТ 1309 и 2639

А. Определение

Портланд-цемент есть гидравлическое вяжущее вещество — продукт тонкого пере-мола клинкера, получаемого равномерным обжигом до спекания тщательно дози-рованных искусственных смесей материалов, содержащих углекислую известь и глину, или естественных материалов (мергелей) надлежащего состава; при применении искус-ственных смесей глина может быть заменена полностью или частично другими мате-риалами надлежащего химического состава (доменный шлак, трепел, диатомит и т. п.).

Количество гниа, прибавляемого к клинкеру при его перемоле для замедления схватывания портланд-цемента, не должно превышать 3% по весу. Кроме того для улучшения качества цемента допускается добавка к клинкеру при его перемоле до 10% гидравлических добавок, применяемых при изготовлении шлаковых и пуццолановых портланд-цементов (без изменения наименования продукта).

Б. Классификация

В зависимости от механической прочности портланд-цемент делится на три марки: портланд-цемент „0“ (обыкновенный), „00“ (повышенный) и „000“ (высокосортный).

В. Технические условия

1. Химический состав. — Количество ангидрида серной кислоты (SO_3) в готовом продукте не должно превышать 2,5%, а количество окиси магния (MgO) — 4,5%. Потеря при прокаливании не должна быть более 4%.

2. Сроки схватывания. — Начало схватывания должно наступать не ранее 30 минут, а конец схватывания — не позднее 12 часов от начала затворения.

Примечание. По соглашению между поставщиком и потребителем допу-скаются и иные сроки схватывания.

3. Равномерность изменения объема (прежнее обозначение — „по-стоянство объема“). — Портланд-цемент должен обнаружить равномерность изменения объема при испытаниях в воде, а также при горячих пробах.

4. Тонкость помола. — Остаток по весу на сите в 900 отверстий на 1 см² не должен быть более 2% для марок „0“ и „00“ и 1% — для марки „000“. Через сито в 4900 отверстий на 1 см² должно проходить не менее 75% для марок „0“ и „00“ и 85% — для марки „000“.

5. Временное сопротивление растяжению. — Портланд-цемент дол-жен показать временное сопротивление растяжению не ниже следующих величин, выраженных в килограммах на 1 см²:

Наименование цемента (марка)	Чистый портланд-цемент 1 : 0				Раствор с нормальным песком 1 : 3			
	через 3 дня	через 4 дня	через 7 дней	через 28 дней	через 3 дня	через 4 дня	через 7 дней	через 28 дней
Портланд-цемент „000“ (высо- косортный)	30	—	40	55	18	—	23	28
Портланд-цемент „00“ (повы- шенный)	—	25	30	45	—	12	16	22
Портланд-цемент „0“ (обык- новенный)	—	20	25	35	—	10	12	16

¹ Утвержден Всесоюзным комитетом по стандартизации при Совете труда и обо-роны 14 июня 1932 г. как обязательный с 1 августа 1932 г.

6. Временное сопротивление сжатию. — Раствор с нормальным песком в пропорции 1:3 по весу должен показать временное сопротивление сжатию не ниже следующих величин, выраженных в килограммах на 1 см²:

Название цемента (марка)	через 3 дня	через 4 дня	через 7 дней	через 28 дней
Портланд-цемент „000“ (высокосортный)	200	—	300	420
Портланд-цемент „00“ (повышенный)	—	120	180	275
Портланд-цемент „0“ (обыкновенный)	—	70	100	160

Г. Отбор проб

1. Подлежащая приемке поставка цемента в таре делится на партии; партией считается поставка в 1 000 бочек.

При приемке цемента в мешках два мешка считаются за одну бочку.

При поставке нескольких партий количество, оставшееся от партии и не превышающее 500 бочек, причисляется к последней партии, а свыше 500 бочек считается за самостоятельную партию.

При поставке одной партии отбор проб производится в количестве трех бочек из каждой бочки или мешка отбирается по 10 кг.

При поставке цемента в таре меньше 500 бочек отбор проб производится как указано выше. При поставке цемента навалом партией считается 10 вагонов; отбор проб производится из трех вагонов, по указанию приемщика. Из каждого намеченного вагона берется в любом его месте около 10 кг цемента. Все пробы должны быть отобраны на заводе или складе в присутствии потребителя.

Отбираемые приемщиком бочки или мешки должны помечаться его условным знаком.

Отобранные для каждой партии пробы не должны смешиваться вместе, но каждая делится на три равные части, и эти части помещаются в отдельные стеклянные или жестяные, герметически закрываемые сосуды и опечатываются печатями приемщика и поставщика.

2. Одна из проб от каждой партии передается приемщику, другая — поставщику, а третья сохраняется в каком-либо месте по соглашению сторон для возможных повторных испытаний.

Примечание. В исключительных случаях допускается для проб деревянная укуповка.

3. Для каждой партии производится все испытания для определения свойств, установленных техническими условиями данного стандарта, кроме химического анализа, который обязателен один на всю поставку.

4. В случае, если какая-либо партия при испытании окажется неудовлетворительной, она разбивается на полупартии, от каждой полупартии берется проба, как от целой партии, и полученные таким образом две пробы подвергаются всем установленным испытаниям.

5. В случае повторной неудовлетворительности результатов испытаний бракуется полупартия, давшая неудовлетворительный результат.

Д. Упаковка

1. Бочки должны иметь одинаковый вес: 155 кг нетто (около 165 кг брутто) и 170 кг нетто (около 180 кг брутто).

Бумажные мешки или мешки из ткани должны иметь одинаковый вес — 50 кг нетто.

2. На бочках и мешках должны быть обозначены: название завода и обозначения, название цемента (марка), номер заводской партии и год изготовления цемента.

3. Убыль от распуска определяется для каждой отдельной поставки, но она не должна превышать 2%.

Примечание. Портланд-цемент может отпускаться заводом навалом в закрытых соответствующим образом оборудованных вагонах (без тары).

Методы механических испытаний — см. ОСТ 1310.

Методы химического анализа — см. ОСТ 79.

1. Четырехдневные испытания необязательны. Решающими считаются 7-дневное и 28-дневное испытания; в случае удовлетворительного результата 4-дневной пробы и соответствия портланд-цемента всем остальным условиям стандарта, портланд-цемент может быть принят до получения результатов решающих 7-дневных и 28-дневных испытаний.

С. С. С. Р. Совет труда и обороны Всесоюзный комитет по стандартизации	ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ	ОСТ 5157 ¹
	Портланд-цемент Методы механических испытаний.	Взамен ОСТ 1310

1. Общие указания

а) Поступающие в лабораторию пробы цемента следует хранить до их испытания в сухом помещении в той таре, в которой они были доставлены. В тех случаях, когда пробы доставляются в подмоченной или поврежденной таре, цемент необходимо пересыпать в металлическую или стеклянную, плотно закрывающуюся тару. В рабочем журнале следует отмечать вид и состояние тары, в которой была доставлена проба.

б) Перед производством испытания каждая проба пропускается через сито в 64 отверстия на 1 см^2 ; после просеивания необходимо цемент перемешать.

в) Перед испытанием цемент, песок и воду следует выдерживать в лаборатории до принятия ими постоянной температуры. В рабочем журнале рекомендуется ежедневно отмечать температуру помещений, в которых производятся испытания; наиболее подходящей является температура от $+15^\circ$ до $+2^\circ \text{C}$.

г) Вода для испытаний может применяться как дистиллированная, так и из водопровода (питьевая). Отмеривание воды должно производиться по весу или объему. Сосу, в который наливают воду, должен тарироваться в смоченном внутри состоянии.

д) Особое внимание должно быть обращено на однообразие и правильность приемов при изготовлении образцов и производстве испытаний и на возможно полную механизацию всех операций (в целях достижения сравнимости результатов).

II. Определение удельного веса

(факультативное)

а) Определение удельного веса производится в приборе Ле-Шателье-Кандло (рис. 1), который должен быть предварительно выверен.

б) Прибор помещают в стеклянный сосуд с водой так, чтобы вся градуированная часть прибора была погружена в воду. Во избежание всплывания прибор закрепляют в специальном штативе. Необходимо наблюдать, чтобы как при первом, так и при втором отсчетах температура воды в сосуде была одна и та же.

в) Прибор наполняется безводным тяжелым бензином (за неимением последнего можно брать керосин или бензол) до нижней нулевой черты, что устанавливается по нижнему мениску, после чего свободная от бензина часть прибора (выше нулевой черты) тщательно протирается тампоном из фильтрованной бумаги.

г) Отвешивают с точностью до $0,01 \pm 90$ — 100 цемента, предварительно высушенного в течение 1 часа при 120°C и затем охлажденного в эксикаторе. Через воронку прибора совок или ложечкой цемент всыпают небольшими равномерными порциями до тех пор, пока уровень жидкости в приборе не поднимется до черты с делением 20 см^3 или с любым другим делением в пределах градуированной части прибора.

д) В случае образования пробки в приборе их проталкивают тонкой проволокой. Перед вторым отсчетом рекомен-

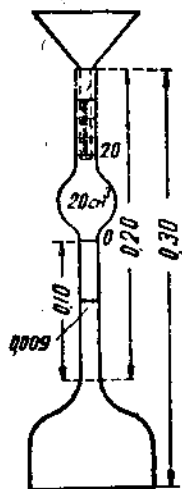


Рис. 1. Прибор Ле-Шателье-Кандло.

¹ Утвержден Всесоюзным комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 20 сентября 1932 г. как обязательный с 1 ноября 1932 г.

дуются для удаления пузырьков воздуха повернуть несколько раз прибор вокруг его вертикальной оси.

е) Остаток цемента после испытания взвешивают. Разность между обоими взвешиваниями, определяющая количество всыпанного в прибор цемента, деленная на величину вытесненного объема жидкости, выражает удельный вес цемента.

ж) Удельный вес определяется как среднее из двух опытов; точность определения — до 0,02.

Примечание. Обычно удельный вес портланд-цемента находится в пределах от 3,00 до 3,20.

III. Определение нормальной густоты цементного теста

а) Цементным тестом называется смесь цемента с водой без примеси песка.

б) Определение нормальной густоты теста производится с помощью прибора Вика (рис. 2), который состоит из цилиндрического металлического стержня, свободно перемещающегося в вертикальном направлении в обойме станины. Для закрепления стержня на желаемой высоте служит зажимный винт. Стержень снабжен указателем для отсчета его перемещения по шкале, разделенной на миллиметры и прикрепленной к станине. В нижнюю часть стержня вставляется металлический цилиндр (измеритель густоты Тетмайера); диаметр его должен быть проверен и иметь размер 1 см ($\pm 0,01$ см), а поверхность его должна быть гладкой и чистой. Вес стержня вместе с цилиндром должен быть 300 г.

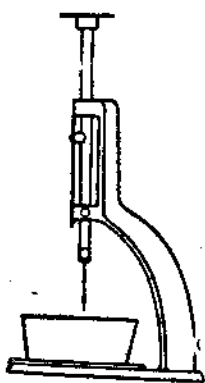


Рис. 2. Прибор Вика.

в) Тесто накладывают в коническое эбонитовое или медное кольцо с верхним диаметром 7,5 см ($\pm 0,5$ см) в свету, нижним диаметром 6,5 см ($\pm 0,5$ см) также в свету и высотой 4 см ($\pm 0,05$ см). Под кольцо подкладывают стеклянную пластинку.

г) Перед производством опыта следует убедиться, свободно ли опускается стержень прибора и хорошо ли работает закрепляющий стержень винт, а также проверить нулевое показание прибора, приводя измеритель густоты в соприкосновение со стеклянной пластинкой. Перед наполнением тестом кольцо и стеклянную пластинку протирают тряпкой, слегка пропитанной машинным маслом. Подкладывать под кольцо бумагу не следует.

д) Затворение теста может быть произведено или вручную или в смешивающем аппарате.

При затворении вручную отвешивают 400 г цемента и помещают в сферическую металлическую чашку (диаметр чашки 25—30 см, высота 8—10 см), делают в цементе углубление и в него вливают 80—120 см³ воды. Тотчас же после этого начинают сначала осторожно перемешивать, а затем энергично растирать тесто, пользуясь для этого лопаткой (рис. 3), округленной настолько, чтобы она хорошо подходила к стенкам чашки, причем растирание должно проводиться попеременно во взаимно перпендикулярных направлениях. Продолжительность перемешивания цемента с водой — 5 минут, считая от момента приливания воды.

В качестве смешивающего аппарата может служить мешалка типа Вернера и Флейдерера емкостью 0,5 л или иная, ей подобная. В прибор всыпают цемент и вливают отмеренное количество воды, после чего тесто перемешивают в течение 5 минут со скоростью 60 оборотов в минуту.

е) По окончании затворения и по наполнении кольца тестом производят несколько встряхиваний кольца, взяв в руки подложенную под кольцо стеклянную пластинку и слегка ударяя о край стола. После этого поверхность теста выравнивают, срезая избыток смоченным водой ножом вровень с краями кольца.

ж) Приводят измеритель густоты в соприкосновение с поверхностью теста и закрепляют стержень винтом, после чего быстро освобождают закрепляющий винт и предоставляют показателю густоты свободно погружаться в тесто. Как только стержень перестанет опускаться, о чем судят, наблюдая по шкале за указателем, стер-

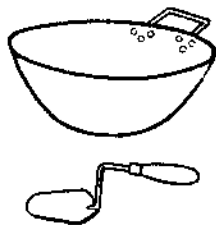


Рис. 3. Чашка и лопатка для перемешивания цемента.

кень вновь закрепляют винтом и производят отсчет, который и отмечают в рабочем журнале.

з) Густота считается нормальной, если измеритель густоты не доходит до дна на 5—7 мм.

Примечание. Определение нормальной густоты теста производится с точностью до 0,5 мм.

IV. Определение начала и конца схватывания портланд-цемента

а) По определении нормальной густоты цементного теста цилиндрок, служивший для ее измерения, заменяют иглой Вика, с площадью поперечного сечения 1 мм² ($\pm 0,01$ мм²) диаметр 1,13 мм ($\pm 0,005$ мм), а на верхнюю тарелку стержня добавляют груз до 300 г. Кроме того перед опытом проверяют нулевое показание на шкале, приводя иглу в соприкосновение со стеклянной пластинкой.

б) Перед опусканием в тесто иглу доводят до соприкосновения с поверхностью теста, закрепляют стержень винтом и, освободив затем винт, дают игле свободно погружаться в тесто. Только в начале опыта, пока тесто настолько жидко, что можно опасаться сильного удара иглы о стеклянную пластинку, допускается при погружении иглы слегка ее задерживать, чтобы она не погнулась. Как только тесто загустеет настолько, что опасность повреждения иглы будет исключена, игле дают свободно опускаться после освобождения винта, и во всяком случае момент начала схватывания должен быть определен при свободном опускании иглы.

в) Иглу погружают в тесто через каждые 5 минут до определения начала схватывания и через каждые 15 минут в последующее время, передвигая кольцо после каждого погружения для того, чтобы испытывать тесто, не произанное ранее иглой. После каждого погружения иглу следует вытирать чистой тряпкой или фильтровальной бумагой. Воду, которая может выделиться во время опыта на поверхности теста или из-под кольца, удалять не следует.

г) В рабочем журнале следует отмечать температуру помещения, в котором производится испытание.

Примечание. В спорных случаях определение сроков схватывания обязательно производится при температуре в пределах $+15^{\circ}$ — $+20^{\circ}$, пользуясь для этого в случае необходимости шкафом, в котором поддерживается указанная температура.

д) За начало схватывания принимается время, прошедшее от начала затворения (момента приливания воды) до того момента, когда игла не будет доходить до дна на 0,5 мм. За конец схватывания принимается время от начала затворения до того момента, когда игла будет опускаться в тесто не более, как на 1 мм. При определении сроков схватывания кольцо с цементом не должно подвергаться толчкам и переноске с места на место.

V. Проба на равномерность изменения объема

а) Из теста нормальной густоты, для которого берут 800 г цемента, приготовляют 6 шариков примерно диаметром в 4 см, которые скатывают на ладони; из них приготовляют цементные лепешки, для чего эти шарики помещают на стеклянные пластинки, покрытые влажной пропускной бумагой. От постукивания стеклянных пластинок о твердую поверхность шарики расплываются в лепешки диаметром примерно в 7 см и толщиной в середине примерно около 1 см; затем поверхность лепешек сглаживают мокрым ножом.

б) В таком виде 6 лепешек во влажном пространстве (в ящике с воздухом, насыщенным парами воды) сохраняются 24 часа.

в) Проба в воде. — Две лепешки кладут затем в воду комнатной температуры, где и хранят 27 суток.

г) Проба кипячением. — 4 лепешки кладут на 2 полки таганчика, который ставят в водяную баню так, чтобы 2 лепешки находились в воде, а 2 другие находились выше уровня воды в водяной бане. Затем воду в бане доводят до кипения и поддерживают таковое в течение 4 часов, после чего лепешки охлаждают в водяной бане до следующего дня.

Примечание. Необходимо следить за тем, чтобы нижние лепешки были постоянно в кипящей воде, а верхние лепешки — в парах кипящей воды.

д) Цемент признается доброкачественным, если на лепешках, вынутых из воды при пробе кипячением и через 27 дней при пробе в воде, не обнаружится трещин.

видимых невооруженным глазом и в лупу, а также каких-либо искривлений (см. рис. 5).

Примечание. Появляющиеся иногда у середины лепешек волосные трещины (трещины усыхания), не доходящие до края лепешек, не являются признаком недоброкачества цемента (рис. 6).

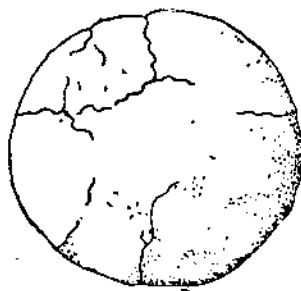


Рис. 5.

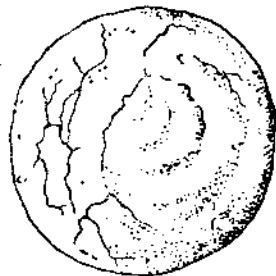


Рис. 6.

VI. Определение тонкости помола

а) Определение тонкости помола производится в приборе, который состоит из цилиндрической составной коробки, заключающей в себе 2 цилиндра с натянутыми ситами, донышко и крышку; все составные части плотно входят одна в другую. Проволочная ткань, плотно зажатая в круглых металлических обоймах, диаметром 10 см и высотой 4 см, отстоит от нижнего края на 1 см.

б) Крупность сит устанавливается: для верхнего — 900 отверстий на 1 см^2 , для нижнего — 4900 отверстий на 1 см^2 . Диаметр проволоки: для верхнего — 0,10 мм, для нижнего — 0,05 мм; сторона квадратного отверстия в свету: верхнего — 0,233 мм, нижнего — 0,093 мм. Проволочная ткань должна быть бронзовой, латунной или другого сплава, не изменяющегося в условиях лабораторной работы.

в) Навеску цемента в 100 г помещают на верхнее сито, вставленное в нижнее сито, которое в свою очередь должно быть вставлено в донышко. Закрыв верхнее сито крышкой, производят отсеивание, встряхивая прибор в наклонном положении и постепенно поворачивая его на полный оборот вокруг вертикальной оси. В конце опыта контрольное просеивание производится на бумагу.

Просеивание считается законченным, когда в течение 1 минуты через сито проходит не более 0,1 г цемента.

г) Тонкость помола выражается в процентах путем взвешивания остатков цемента на ситах в 900 и 4900 отверстий на 1 см^2 .

Примечание. Сита должны быть совершенно сухими и после опыта должны тщательно прочищаться.

VII. Определение нормальной густоты цементного раствора

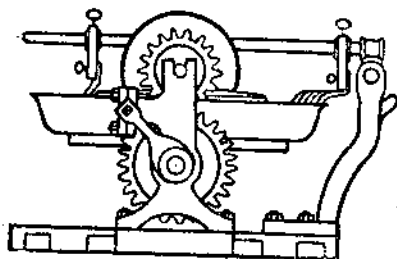


Рис. 7. Мешалка типа Штейнбрюк-Шмельцера.

Цементным раствором называется смесь цемента, песка и воды. Цемент и песок берутся в пропорции 1:3 по весу.

а) Нормальный песок — см. ОСТ 4928.

б) Нормальная густота раствора.

1. Насухо перемешивают вручную в сферической металлической чашке 800 г цемента и 600 г нормального песка в течение одной минуты, затем содержимое чашки вручную же затворяется водой в продолжение 1 минуты. После этого раствор переносят в мешалку типа Штейнбрюк-Шмельцера (рис. 7); перемешивание заканчивается после 20 оборотов мешалки. Вместо мешалки типа Штейнбрюк-Шмельцера может быть также применена мешалка Вернер-Пфлейдерера емкостью

0,5 л, или другие.

2. Полученный раствор при помощи совка или ложки переносится в кубическую форму (для нормального образца при испытании на раздавливание) и подвергается машинному трамбованию на копровом приборе Лахтина со свободной падающей бабой, Клебе и др.

3. За нормальную густоту цементного раствора принимается то количество воды (в процентах от веса сухой массы), при котором во время трамбования кубика вода появляется снизу формы лишь после того, как будет затрочено нормальное количество работы (1 кг/м на 10 г сухой смеси), с отклонением ± 5 ударов. При 800 г. сухой смеси, весе бабы в 3 кг и высоте ее падения в 0,5 м — вода должна появиться не ранее как после 48-го удара и не позже как после 58-го удара. В рабочем журнале следует отмечать, после скольких ударов появилась вода.

Примечания. 1. Количество воды для затворения берется 8—10% от веса сухой смеси. Точность определения 0,25%.

2. Временно, впредь до снабжения лабораторий механическими мешалками, допускается затворение вручную в металлической чашке; время перемешивания — 5 минут.

VIII. Испытание на разрыв

а) Формы для образцов

1. Размеры образца указаны на рис. 9. Формы для теста должны быть разъемные, а для раствора — неразъемные; они делаются из нержавеющей металла достаточно прочно, чтобы не изменяли своих размеров и не раздвигались при уплотнении. Все формы должны быть пронумерованы.

2. Формы должны время от времени выверяться. Размер формы в шейке $2,22 \times 2,25$ см. Отклонения от этих размеров допускаются только такие, при которых колебания в величине площади расчетного сечения образца не превышают $\pm 2\%$. Если отклонения размеров формы от нормальных больше только что указанного предела, необходимо при расчете временного сопротивления вводить поправку, для чего на образце, вынутом из такой формы, отмечается тушью номер формы.

3. Формы для теста перед их наполнением протирают изнутри тряпкой, слегка пропитанной машинным маслом. Формы для раствора изнутри не смазываются. Немедленно после освобождения образцов из форм последние должны быть вычищены.

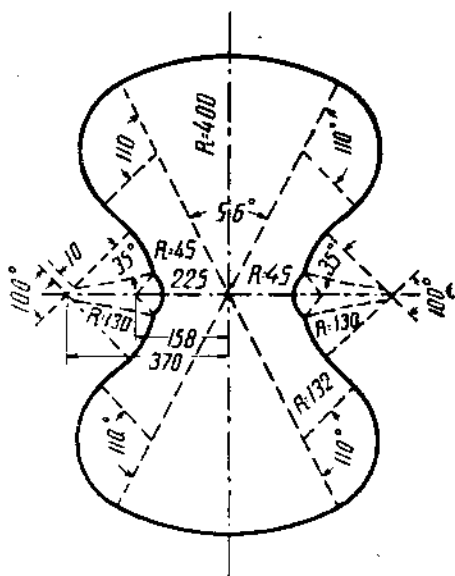


Рис. 9. Форма образца на растяжение.

б) Изготовление и хранение образцов из цементного теста

1. Тесто готовится либо вручную, либо механическим перемешиванием. Одновременно затворяется тесто на 6 образцов, для чего берут 1000 г цемента и количество воды, отвечающее нормальной густоте теста. Продолжительность перемешивания — 5 минут. При перемешивании в мешалке типа Вернер-Пфлейднера емкостью в 5 л отщепивается 2000 г цемента, из которых готовится одновременно 12 образцов.

2. Формы перед их наполнением помещают на мраморную, стеклянную или металлическую доску, покрытую смоченной тонкой бумагой.

3. Тесто распределяют равными частями в 6 или 12 форм и вминают в них металлической овальной ложкой или ножом. После этого, с целью удалить из образца воздух, формы встряхивают путем постукивания доски о край стола в течение

ние двух минут со скоростью 100—120 встряхиваний в минуту; через каждые полминуты доска поворачивается на 90°. Через 5 минут после окончания встряхивания избыток теста срезают смоченным водой ножом.

Примечание. В случае непрекращения выделения пузырьков встряхивание продолжается еще одну минуту.

4. Первые сутки после изготовления образцы хранятся в формах, не снимаясь с доски, в шкафу или под колпаком, в которых в блюдах находится в достаточном количестве вода. Ни в коем случае нельзя хранить образцы непосредственно на воздухе, не помещая их во влажное пространство.

5. Образцы освобождают от форм через 24 (± 2) часа после затворения. При вынимании образца из форм последние нельзя постукивать о стол или о какой-либо предмет. В тех случаях, когда при освобождении образцов будет замечено, что образцы дали усадку, это обстоятельство должно быть отмечено в рабочем журнале.

6. Вынутые из форм образцы нумеруют (тушью) и тотчас же укладывают в бассейны или ящики с водой для хранения в течение 3, 6 и 27 суток. Воду, в которой хранятся образцы, следует менять ежедневно, причем температура воды должна быть по возможности от $+15^\circ$ до $+16^\circ$ С. Температуру воды следует ежедневно отмечать в том же рабочем журнале, в котором отмечается температура помещений, в коих производятся испытания. Восьмерки хранятся установленными на ребро в один ряд, причем уровень воды должен перекрывать восьмерки приблизительно на 2 см.

в) Изготовление и хранение образцов из раствора 1:3

1. Раствор затворяется одновременно на каждые 6 (или 12) образцов, для чего берут 300 г (или 600 г) цемента, по 900 г (или 1800 г) нормального песка и воды в количестве, отвечающем нормальной густоте раствора. Самое затворение производится так же, как и при изготовлении раствора для определения нормальной густоты (см. п. 6*, разд. VII).

2. Готовый раствор распределяют равными частями путем отвешивания по 200 г смеси на каждый образец в формы, стоящие на подставке копра, и уминают ложкой. Трамбование производится с расчетом работы в 1 кг/м на 10 г сухой смеси. Вес бабы должен быть 2 кг, высота ее падения — 0,25 м; число ударов при этом равняется 40.

3. По окончании трамбования формы с образцами помещают на стеклянные пластины, протерые тряпкой, слегка пропитанной машинным маслом. Свободная поверхность образцов тщательно выравнивается ножом вровень с верхними гранями форм. Затем образцы вынимают из форм с помощью прибора, изображенного на рис. 10, или ему подобного.

4. Нумерация образцов и хранение их во влажном пространстве и в воде производится в том же порядке, как и для образцов из цементного теста (см. пп. 4—6, подразд. 6*, разд. VIII).

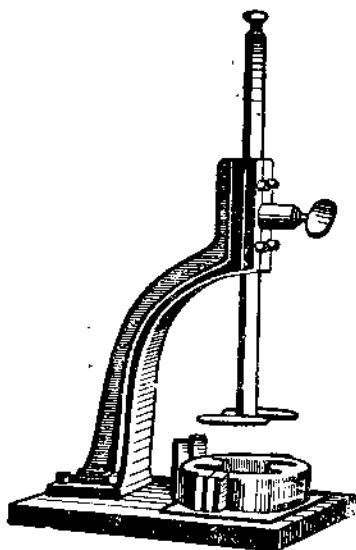


Рис. 10.

г) Методы испытаний

1. Испытание на разрыв производится на рычажном приборе Михаэлиса с автоматическим нагружением дробью для образования разрывающего груза (рис. 11). Для нагрузки дробь служат приборы Бертелеми, Михаэлиса, Рихтера и др. Размер дробин должен быть от 2 до 2,5 мм. Скорость истечения дробин должна быть отрегулированной и составлять 100 г (± 10 г) в секунду.

2. Перед помещением образца в захваты прибора должны быть проверены опорные призмы и прибор (без ведерка) должен быть установлен так, чтобы верхняя поверхность верхнего рычага совпадала с имеющейся на приборе чертой. Вес ведерки не должен превышать 25% от величины разрывающего груза, в противном случае прибор должен быть уравновешен вместе с ведром.

3. Образец, вынутый из воды и обернутый сухой тряпкой, должен быть вставлен в захваты так, чтобы плоские грани его совпадали с плоскими поверхностями верхнего и нижнего захватов. При вкладывании образца в прибор на верхний рычаг помещают в качестве противовеса рейтер и поднимают рычаг на такую высоту, чтобы в момент разрыва верхняя поверхность рычага находилась по возможности на высоте черты. Следует обращать внимание на то, чтобы между боковой поверхностью образца и захватами прибора не было зерен песка, а также заусениц на образце.

4. Выравнив образец и подвесив ведро, снимают с верхнего рычага рейтер и нагружают ведро дробью. Когда вес дробы вместе с ведром достигнет разрывающего груза, то образец разорвется, а ведро, упав на педаль прибора с дробью, тем самым прекратит выпуск дробы.

5. Для определения разрывного усилия (временного сопротивления растяжению) ведро с находящейся в нем дробью взвешивают с точностью до 10 г. Вес, полученный в килограммах, должен быть умножен на 10, чтобы получить разрывное усилие на 1 см^2 площади наименьшего поперечного сечения образца по следующему расчету: отношение плеч рычагов нижнего 1:5, верхнего 1:10, общее $1:(5 \times 10) = 1:50$.

Площадь наименьшего поперечного сечения образца (средней части его) равна 5 см^2 ($2,25 \text{ см} \times 2,22 \text{ см} = 4,995 \text{ см}^2$).

На площадь в 5 см^2 действует сила в 50 раз большая нагрузки P на длинное плечо верхнего рычага; на 1 см^2 разрывное усилие будет равно:

$$\frac{P \times 50}{5} = P \times 10.$$

Для получения среднего значения выбирают 4 наибольшие из 6 полученных результатов и вычисляют среднее арифметическое с точностью до $0,1 \text{ кг/см}^2$.

6. При испытании образцов из цементного теста в тех случаях, когда при вынимании образцов из форм была замечена усадка образцов, необходимо обмерять размеры шейки образцов, и в случае, если отклонение площади поперечного сечения от нормальной больше $\pm 2\%$, временное сопротивление растяжению рассчитывается на действительную площадь поперечного сечения шейки образца.

Если на образце стоит номер формы (см. п. 2. подразд. „а“, разд. VIII), то временное сопротивление рассчитывается на действительную площадь поперечного сечения шейки формы.

Примечание. Испытание на разрыв можно производить также и на машине Амслера-Лафона.

д) Испытание на раздавливание

1. Испытанию на раздавливание подвергаются кубики из нормального раствора 1:3. Формы для кубиков должны иметь размеры $7,07 \times 7,07 \times 7,07 \text{ см}$ с площадью грани 50 см^2 ($7,07 \times 7,07 = 49,985 \text{ см}^2$). Отклонения от этих размеров допускаются только такие, при которых величина площади расчетного сечения не выходит из пределов $49-51 \text{ см}^2$. В противном случае на кубике отмечается тушью номер формы.

2. Кубики готовят так же, как и для определения нормальной плотности раствора (см. п. 1, подразд. „б“, разд. VII). Одновременно затворяется раствор на 2 кубика, для чего берут 400 г цемента, 1200 г нормального песка и количество воды, отвечающее нормальной густоте раствора или 1200 г цемента и 3600 г нормального песка (при пользовании мешалкой типа Вернер-Пфлейдевера на 6 кубиков). Для определения временного сопротивления сжатию должны быть приготовлены

9 кубиков, из которых 3 испытываются через 4 суток, 3 — через 7 суток и 3 — через 28 суток после их изготовления.

3. Нумерация кубиков и хранение их во влажном пространстве и в воде те же, что и для образцов, предназначенных для испытания на разрыв (см. пп. 4—6, подразд. „б“, разд. VIII).

4. По истечении 4, 7 и 28 суток от срока затворения раствора образцы должны быть вынуты из воды, оберты сухой тряпкой и испытаны на рычажном или гидравлическом прессе, применяемом для нормальных испытаний каменных материалов и строительных растворов (напр. пресса Амслера-Лафона, Шенка, Мартенса и т. п.). Не реже одного раза в год пресс должен проверяться для учета действующих на кубик сжимающих сил.

5. Перед испытанием давящие поверхности пресса должны быть очищены от всякой грязи, песка и т. п. Кубик помещают на нижнюю давящую поверхность так, чтобы основанием служили грани, параллельные направлению трамбования.

6. Временное сопротивление сжатию определяется как частное от деления величины разрушающего груза на площадь грани в квадратных сантиметрах, т. е. на 50. Для получения среднего значения берут среднее арифметическое из двух наибольших результатов.

7. Если на кубике стоит номер формы, то временное сопротивление рассчитывается на действительное поперечное сечение формы.

Рис. 4 — Мешалка Вернера и Пфлейдерера и рис. 8 — Цементный копер проф. Лахтина по техническим причинам в этой перепечатке стандарта не воспроизведены.

С. С. С. Р. Совет труда и обороны — Всесоюзный комитет по стандартизации	ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ Методы испытаний цементно- го раствора на механическую прочность.	ОСТ 5158 ¹
--	---	-----------------------

А. Определение

Цементным раствором называется смесь цемента, песка и воды. Цемент и песок берутся в пропорции 1 : 3 по весу. Песок нормальный — по ОСТ 4928. Воды берется 6,5 % от веса сухой смеси.

Б. Испытание на разрыв

1. Форма для восьмерок

1. Размеры восьмерки указаны на рис. 1. Формы для раствора должны быть разъемные; они делаются из нержавеющей металла достаточно прочно, чтобы не изменяли своих размеров и не раздвигались при уплотнении; все формы должны быть пронумерованы.

2. Формы должны время от времени выверяться. Размер формы в шейке $2,22 \times 2,25$ см. Отклонения от этих размеров допускаются только такие, при которых колебания в величине площади расчетного сечения образца не превышают $\pm 2\%$. Если отклонения размеров формы от нормальных больше только что указанного предела, необходимо при расчете временного сопротивления вводить поправку, для чего на восьмерке, вынутой из такой формы, отмечается тушью номер формы.

II. Изготовление и хранение восьмерок из цементного раствора

1. Насухо перемешивают вручную в сферической металлической чашке 500 цемента и 1500 г нормального песка в течение 1 минуты, затем содержание чашки вручную же затворяется с 130 г воды также в продолжение 1 минуты. После этого раствор переносят в мешалку типа Штейнбрюк-Шмельцера (рис. 2); перемешивание в последней заканчивается после 20 оборотов мешалки, причем скорость вращения ее должна быть равна 8 оборотам в минуту. Не разрешается перемешивать в мешалке за один прием раствора больше или меньше указанного количества.

2. Вместо мешалки Штейнбрюк-Шмельцера может быть также применена мешалка Вернер-Пфлейдерера (рис. 3) емкостью в 5 л; в последнем случае перемешивание всухую производится в самой мешалке, в которую непосредственно и добавляется необходимое количество воды. Затворение с водой должно продолжаться 5 минут.

В мешалке Вернер-Пфлейдерера одновременно заготавливается раствор для 12 восьмерок, для чего берут 650 г цемента, 1950 г нормального песка и 169 г воды.

3. Временно, впредь до снабжения лабораторий механическими мешалками, допускается затворение вручную в металлической чашке. Время перемешивания должно быть 5 минут; за один прием перемешивают 300 г цемента, 900 г песка и 78 г воды.

4. Полученный раствор распределяют частями путем отвешивания по 213 г влажной массы (200 г сухой смеси) на каждую восьмерку в соответствующие формы, уминают ложкой и трамбуют в ковровом приборе со свободно падающей бабой. Нормальным копрым прибором считается копер Клебе, однако допускается изготовление образцов и в приборе Лахтина (рис. 4). Трамбование производится с расчетом 3 кг/м на 10 г сухой смеси.

Все бабы должны быть 2 кг, высота падения — 0,25 м, число ударов при этом равняется 120.

5. По окончании трамбования формы с образцами помещают на стеклянные пластинки, протертые тряпкой слегка пропитанной машинным маслом. Свободную

¹ Утвержден Всесоюзным комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 20 сентября 1932 г. как обязательный с 1 ноября 1932 г. на 1 год для заводских и научно-исследовательских лабораторий в целях накопления опыта при параллельных обязательных испытаниях цемента по методам, установленным ОСТ 5157.

поверхность образцов тщательно выравнивают вровень с верхними гранями форм. Затем образцы вынимают из форм.

6. Первые сутки после изготовления образцы хранят в формах, не снимая с доски, в шкафу или под колпаком, в которых в блюдах находится в достаточном количестве вода. Ни в коем случае нельзя хранить образцы непосредственно на воздухе, не помещая их во влажное пространство.

7. Образцы освобождают от форм через $24 (\pm 2)$ часа после затворения. При вынимании образца из форм последние нельзя постукивать о стол или какой-либо предмет. В тех случаях, когда при освобождении образцов будет замечено, что образцы дали усадку, это обстоятельство должно быть отмечено в рабочем журнале.

8. Вынутые из форм образцы нумеруют тушью и тотчас же укладывают в бассейны или ящики с водой для хранения в течение 3, 6 и 27 суток. Воду, в которой хранятся образцы, следует менять ежедневно, причем температура воды должна быть по возможности от $+15^{\circ}$ до $+16^{\circ}$. Температуру воды следует ежедневно отмечать в том же рабочем журнале, в котором отмечается температура помещений, в коих производятся испытания.

III. Методы испытаний — см. ОСТ 5157, разд. VIII, п. 7^а

В. Испытание на раздавливание

1. Испытанию на раздавливание подвергаются кубики из нормального раствора 1:3. Формы для кубиков должны быть обязательно равными и иметь размеры $7,07 \times 7,07 \times 7,07$ см с площадью 50 см^2 ($7,07 \times 7,07 = 49,985 \text{ см}^2$). Отклонения от этих размеров допускаются только такие, при которых величина площади расчетного сечения не выходит из пределов $49-51 \text{ см}^2$. В противном случае на кубике отмечается тушью номер формы.

2. Затворение раствора для приготовления кубиков производится, как и для восьмерок, в мешалке Штейнбрюк-Шмельцера. Одновременно перемешиваются 500 г цемента и 1500 г нормального песка. При пользовании мешалкой Вернер-Пфлейдера можно перемешивать 1300 г цемента и 3900 г нормального песка для одновременного изготовления 6 кубиков. При ручном перемешивании затворение раствора производится на 1 или 2 кубика; берется 200/400 г цемента, 600/1200 г нормального песка. Количество воды во всех случаях должно составлять $6,5\%$ от веса сухой смеси.

3. Полученный раствор распределяют равными частями путем отвешивания по 850 г влажной массы (800 г сухой смеси) на каждый кубик соответствующей формы, уминают ложкой и трамбуют в копре Клебе (или Лахтина). Трамбование производится с расчетом работы 3 кг/м на 10 г сухой смеси. Вес бабы должен быть 3 кг, высота падения — 0,5 м; число ударов при этом равняется 160.

4. По окончании трамбования свободная поверхность кубика выравнивается ножом вровень с верхними краями формы без вынимания последней из станины. Затем формы вместе с кубиками вынимают из станины и помещают на стеклянные или мраморные доски, протертые тряпкой, слегка пропитанной машинным маслом. В таком виде они хранятся $24 (\pm 2)$ часа во влажном пространстве, после чего кубики вынимают из формы.

5. Нумерация кубиков и хранение их в воде те же, что и для образцов, предназначенных для испытания на разрыв (см. пп. 6—8, разд. Б/II).

6. По истечении 3, 6 и 27 суток от срока затворения раствора образцы должны быть вынуты из воды, обтерты сухой тряпкой и испытаны на рычажном или гидравлическом прессе, применяемом для нормальных испытаний каменных материалов и строительных растворов (напр. пресса Амслер-Лафона, Шенка, Мартенса и т. п.).

Не реже одного раза в год пресс должен проверяться для учета действующих на кубик сжимающих сил.

7. Перед испытанием давящие поверхности должны быть очищены от всякой грязи, песка и т. п. Кубики помещают на нижнюю давящую поверхность так, чтобы основанием служили грани, параллельные направлению трамбования. Скорость нарастания давления в прессе должна быть по возможности равномерной и в среднем равняться 20 кг/см^2 в секунду.

8. Временное сопротивление сжатию определяется как частное от деления величины разрушающего груза на площадь грани в квадратных сантиметрах, т. е. на 50. Для получения среднего значения берут среднее арифметическое из двух наибольших результатов в целых числах.

9. Если на кубике стоит номер формы, то временное сопротивление рассчитывается на действительное поперечное сечение формы.

Рис. 1 и 2 помещены в предыдущем стандарте № 5137 под №№ 9 и 7. Рис. 3 и 4 не воспроизведены по техническим причинам.

ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ	
Гравий для бетонных и железобетонных работ	ОСТ 3327 ¹

А. Определение

Гравием для бетонных и железобетонных работ называется рыхлая горная порода изверженного или осадочного (вторичного) происхождения, не имеющая следов выветривания и состоящая из зерен крупностью от 5 до 80 мм².

Б. Классификация

а) По происхождению гравий разделяется на:

1. Карьерный.
2. Овражный.
3. Речной.
4. Морской.

б) По крупности зерен гравий разделяется на:

1. Рядовой от 5 до 80 мм.
2. Мелкий " 5 " 20 "
3. Средний " 20 " 40 "
4. Крупный " 40 " 80 "

В. Технические условия

а) Механическая прочность

Временное сопротивление на сжатие тех пород, из которых образовался гравий, должно быть не меньше 300 кг/см².

Примечание. Гравий из пород с временным сопротивлением на сжатие меньше 300 кг/см² допускается для бетонных и железобетонных сооружений, если приготовленный из него бетон покажет временное сопротивление сжатию не ниже требуемого для данного возраста бетона.

б) Гранулометрический состав

1. При просеивании через набор сит должно проходить гравия в процентах по весу:

Размер отверстия в свету	От	До
d_{max}	95	100
$\frac{1}{2} d_{max}$	40	70
5 мм	0	10

¹ Утвержден Всесоюзным комитетом по стандартизации при Госплане СССР 6 июля 1931 г. как обязательный с 15 августа 1931 г.

² Стандарт на гравий или камень крупнее 80 мм, называемый иногда „изюм“, будет дан дополнительно.

Примечание. Под d_{max} подразумевается размер отверстия в свету того наименьшего сита, через которое проходит не менее 95% гравия по весу от взятой навески.

2. Модуль крупности гравия должен быть не меньше 6,0.

в) Чистота

1. Содержание примесей с частицами от 0 до 0,05 мм допускается не более 1% по весу.

Примечание. Обычно примеси с частицами от 0 до 0,005 мм называются глиной, а с частицами от 0,005 до 0,05 мм — пылью. Зерна крупнее 0,05 мм, проходящие через сито с отверстиями в 0,15 мм, называются песком.

2. Содержание вредных органических примесей допускается в количестве, при котором гравий, будучи обработан по методу окрашивания, давал бы оттенок не темнее цвета эталона, или при механическом испытании бетона получились бы результаты не ниже требуемых.

г) Морозостойкость (сопротивление выветриванию)

Насыщенный водой гравий должен выдерживать 15-кратное замораживание до -10°C с последующим оттаиванием без разрушения.

Примечание. Морозостойкость устанавливается лишь для гравия, предназначенного для частей сооружений, могущих подвергаться действию мороза.

Г. Правила приемки

а) Приемка гравия

1. Приемка гравия, как правило, производится по объему. Допускается по соглашению сторон приемка по весу.

2. Обмер и освидетельствование гравия производится, как правило, в штабелях на месте доставки, но может производиться по соглашению сторон в вагонах, судах, автомобилях и других транспортных приспособлениях, с установленным объемом, в любом пункте.

3. При поставке гравия в штабелях, они выставляются на выровненных площадках и оправляются в усеченные пирамиды произвольного размера, на практике иногда называемые призмами, с высотой не меньше 0,7 м, или в конусы (при объеме от 1 до 2 м³).

4. При приемке гравия в вагонах или автомобилях измеряется высота слоя, а ширина и длина слоя определяются внутренними размерами вагона или автомобиля.

5. В случае доставки гравия водными путями он может приниматься в судне. Для этого судно должно иметь надлежащим образом оформленный паспорт с указанием кубатуры, соответствующей грузоподъемности судна и ясно отмеченной границей на внутренней обшивке, до которой должен быть насыпан гравий. В случае недогруза недостаток гравия определяется подсчетом кубатуры; при этом площадь гравия считается по верхнему очертанию судна, указанному в паспорте, а недостающая высота измеряется в натуре.

6. В случае приемки гравия в иных транспортных приспособлениях, объем его определяется по заранее установленному объему транспортных приспособлений, фиксированному надписью или клеймом.

7. При приемке гравия по весу переводный коэффициент с веса на объем устанавливается соглашением сторон.

б) Отбор проб

От каждой партии гравия в 100 м³ из нескольких мест (не менее 3—4), по указанию приемщика, отбирается проба в 20—30 кг. Отобранные пробы перемешиваются лопатой на брезенте или деревянном помосте и рассыпаются слоем толщиной 7—10 см. Рассыпанный таким образом гравий делится по двум перпендикулярным направлениям на четыре части, из которых две противоположные удаляются, а оставшиеся две вновь перемешиваются, делаясь на четыре части, из которых две противоположные удаляются, а другие две опять перемешиваются, и т. д.

Так поступают до тех пор, пока не останется материала в количестве 20—30 кг, которые и считаются средней пробой.

Д. Методы испытаний

а) Определение гранулометрического состава и модуля крупности.

1. Для определения гранулометрического состава гравия и его модуля крупности пользуются десятью ситами с квадратными и круглыми отверстиями, размеры которых следующие:

Форма отверстий	Квадратные				Круглые					
Номера сит	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Отверстия в миллиметрах	0,15	0,30	0,60	1,20	2,5	5,0	10,0	20,0	40,0	80,0

Для просеивания от средней пробы берут 10 кг гравия предварительно высушенного до постоянного веса при температуре до 110° С и просеянного через сито № 1 в 80 мм.

Затем просеивают 10 кг через 9 сит, начиная с самого крупного № 2 до самого мелкого № 10; тот гравий, который прошел через сито № 2, просеивается через сито № 3, тот, который прошел через № 3, просеивают через № 4 и т. д. Остаток не прошедший через сито № 2 в процентах по весу ко всей навеске в 10 кг, обозначается через a_2 ; остаток гравия не прошедший через сито № 3 в процентах по весу ко всей навеске, обозначается через a_3 и т. д.

2. Гранулометрический состав представляет собою характеристику крупности гравия, которая определяется как перечень полных остатков тех количеств гравия, которые не прошли через каждое из 10 сит. Таким образом полные остатки гравия в процентах по весу, не прошедшие через сито № 1, будет нуль, через сито № 2— a_2 , через сито № 3—($a_2 + a_3$), через сито № 4—($a_2 + a_3 + a_4$) и т. д.

3. Модуль крупности определяется по формуле:

$$M = \frac{9a_2 + 8a_3 + 7a_4 + 6a_5 + 5a_6 + 4a_7 + 3a_8 + 2a_9 + 1a_{10}}{100}$$

где M — модуль крупности; $a_2, a_3, \dots, a_{10}$ — остатки в процентах по весу от всей навески на ситах № 2, № 3... № 10.

б) Определение содержания частиц меньше 0,05 мм (глина плюс пылевидные частицы).

Средняя проба сухого гравия в количестве 3 кг помещается в сосуд емкостью около 5 л. Затем в сосуд вливается вода и гравий тщательно перемешивается. Дав осесть крупным тяжелым частицам грязи, воду со взвешенной в ней мутой осторожно сливают через край сосуда. Затем сосуд вновь наполняют чистой водой, гравий перемешивается и, после того как он осел, снова сливают через край мутную воду. Эта операция повторяется до тех пор, пока после заливки гравия водой и перемешивания вода не окажется чистой и прозрачной. После этого вода осторожно выливается из сосуда; затем гравий просушивается до постоянного веса при температуре до 110° С и взвешивается.

Потера в весе в процентах при отмучивании определяется по формуле:

$$П = \frac{3000 - a}{30}$$

где $П$ — процент потери при отмучивании, „ a “ — вес в граммах чистого гравия после отмучивания.

в) Определение загрязнения органическими примесями. Степень загрязнения гравия органическими примесями определяется методом окрашивания, являющимся необходимым, но недостаточным для окончательного суждения о пригодности гравия.

Мензурку емкостью 250 см³ наполняют до уровня 130 см³ воздушносухим гравием и доливают затем до уровня в 200 см³ трехпроцентным раствором едкого натра. После энергичного встряхивания пробу оставляют в покое на 24 часа. По истечении указанного срока определяют цвет жидкости над гравием, сравнивая его

с цветом свежеприготовленного эталона, изготовленного указанным ниже способом и налитого в сосуд той же формы и величины, как и проба испытуемого гравия.

В сомнительных случаях испытуемую пробу рекомендуется подогреть в течение 2—3 часов в водяной бане и вновь сравнить ее с эталоном.

Гравий признается годным для бетонных работ, если цвет раствора не будет темнее цвета эталона.

Эталон изготавливается следующим образом: 2% раствор таннина готовится в 1% растворе алкоголя. Изготовленный таким образом раствор берется в количестве 2,5 см³ на 97,5 см³ трехпроцентного раствора едкого натра. Полученная смесь разбалтывается и оставляется в покое на 24 часа.

В случае неудовлетворительности результатов испытания чистоты гравия способом окрашивания, необходимо произвести механическое испытание цементного раствора с испытуемым гравием. Образцы с испытуемым гравием должны дать через 4, 7 и 28 дней сопротивление на сжатие не ниже образцов из того же цементного раствора с любым чистым гравием. Кубики должны иметь размеры 20 × 20 × 20 см.

г) Определение морозостойкости (сопротивление выветриванию).

Из средней пробы берут 1—2 кг гравия (в зависимости от крупности зерен), насыщенного в течение 4 суток водой. Гравий замораживают при температуре —10°С в течение 3 часов, после чего гравий оттаивают в воде при комнатной температуре в течение 3 часов. Повторное замораживание и оттаивание производится 15 раз. После каждого замораживания и оттаивания освидетельствуют гравий с целью установления явлений разрушения.

Примечание. Ускоренная проба. Ускоренная проба производится следующим образом: средняя проба гравия весом около 1 кг, состоящая примерно из 30 отдельных зерен, помещается на 20 часов в насыщенный раствор сернокислого натра (Na₂SO₄) при температуре 21°С. Потом гравий вынимают и помещают на 4 часа в сушильный шкаф при температуре 100°С. Затем гравий вынимается, охлаждается на воздухе примерно до температуры раствора и вновь погружается в него на 20 часов. Так поступают пять раз. Образцы, которые при этом испытании обнаруживают заметные разрушения, должны быть признаны сомнительными в отношении выветриваемости.

д) Испытание прочности зерен гравия.

Испытание производится следующим образом:

1. На цементном растворе с временным сопротивлением в 300 кг/см² делаются бетонные кубики размером 20 × 20 × 20 см из испытуемого гравия. После соответствующего хранения в течение времени, обеспечивающего прочность раствора в 300 кг/см², кубики раздавливаются, временное сопротивление их должно быть не меньше 300 кг/см².

2. (Факультативно). Среднюю пробу гравия весом около 1 кг просеиванием разделяют по крупности на три фракции:

1-я с размерами частиц от	5 до 10 мм (исключительно).
2-я	10 " 20 "
3-я	20 и больше.

Каждая частица из всех трех фракций подвергается статическому давлению следующей нагрузкой:

Зерна 1-й фракции	.....	16 кг
" 2-й	.....	27 "
" 3-й	.....	34 "

Раздавливание может быть произведено при помощи неравноплечего рычага. Образцы должны помещаться между двумя железными или стальными пластинками толщиной не меньше 5 мм.

Те частицы, которые будут раздавлены при этом опыте, считаются недостаточными прочными.

Процентное отношение их количества к взятой пробе (по весу) не должно превышать 5%.

Примечание. Явно выветрившиеся частицы не должны включаться в пробу.

ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ

Песок для бетонных и железобетонных работ

ОСТ
3328¹

А. Определение

Песком для бетонных и железобетонных работ называется природная смесь зерен кварцевых или других изверженных пород, или искусственная, получаемая измельчением этих же пород, проходящих через сито с круглыми отверстиями в 5 мм.

Б. Классификация

По происхождению естественные пески подразделяются на морские, речные, озерные и карьерные.

В. Технические условия

а) Модуль крупности

Модуль крупности песка должен быть не менее 2,0.

б) Чистота

1. Содержание примесей с величиной частиц от 0 до 0,05 мм должно быть не больше 5% по весу, при этом примесей с частицами от 0 до 0,005 мм должно быть не больше 2% по весу.

Примечание. Обычно примеси с частицами от 0 до 0,005 мм называются глиной, а с частицами от 0,005 до 0,05 мм — пылью. Зерна крупнее 0,05 мм, проходящие через сито с отверстиями 0,15 мм, называются песком.

2. Содержание вредных органических примесей допускается в количестве, при котором песок, будучи обработан по методу окрашивания, давал бы оттенок не темнее цвета эталона или при испытании с цементом (раствор) согласно ОСТ 1309 и 1310 давал бы механическую прочность (на сжатие и растяжение) не ниже прочности того же цемента с нормальным вольским песком.

в) Гранулометрический состав

При просеивании через набор сит с квадратными и круглыми отверстиями желательно, чтобы песок проходил через сита, указанные в таблице 1 в процентах по весу:

Таблица 1

Размер отверстий сита в свету мм	От	До
5	85	100
1,2	45	80
0,3	5	30
0,15	0	5

I. Правила приемки

а) Обмен и освидетельствование

1. Приемка песка, как правило, производится по объему сухого песка. Допускается, по соглашению сторон, приемка по весу с учетом влажности.

2. Обмер и освидетельствование песка производится, как правило, в штабелях на месте доставки, но может производиться по соглашению сторон в вагонах, судах

¹ Утвержден Всесоюзным комитетом по стандартизации при Госплане СССР 6 июля 1931 г. как обязательный с 15 августа 1931 г.

автомобилях и других транспортных приспособлениях, с установленным объемом, в любом пункте.

3. При поставке песка в штабелях обмер производится не ранее как по прошествии трех дней после их поставки, т. е. после осадки песка.

4. При поставке песка в штабелях они выставляются на выровненных площадках и оправляются в усеченные пирамиды произвольного размера, на практике иногда называемые призмами, с высотой не меньше 0,7 м, или в прямые или усеченные конуса (при объеме от 1 до 5 м³).

5. При приемке песка в вагонах или автомобилях измеряется высота насыпанного слоя, а ширина и длина слоя определяются внутренними размерами вагона или автомобиля.

6. В случае доставки песка водными путями, он может приниматься в судне. Для этого судно должно иметь надлежащим образом оформленный паспорт, с указанием кубатуры, соответствующей грузоподъемности судна и ясно отмеченной границей на внутренней обшивке судна, до которой должен быть насыпан песок. В случае недогруза недостаток песка определяется подсчетом кубатуры; при этом площадь песка принимается по верхнему очертанию судна, указанному в паспорте, а недостающая высота измеряется в натуре.

7. В случае приемки песка в иных транспортных приспособлениях объем его определяется по заранее установленному объему транспортных приспособлений, фиксированному надписью или клеймом.

8. Объем принимаемого сухого песка относится к нулевой влажности. При приемке песка в штабелях (см. разд. Г. п. а/2) и при влажности, большей нуля, дается скидка по таблице 2.

Таблица 2

Влажность песка по весу %	Скидка с замеренного объема %
1	8
2	18
3	25
5	27
10	24
15	8

Примечание. При промежуточной влажности скидка берется согласно таблице 2 по интерполяции.

9. Скидка на влажность при приемке в транспортных приспособлениях (вагонах, автомобилях, судах и пр.) производится в зависимости от уплотнения и осадки песка по соглашению сторон.

10. При приемке песка по весу переводный коэффициент с веса на объем устанавливается соглашением сторон с обязательным учетом влажности.

11. При зимних поставках песка вводится поправка на присутствие льда и снега, процентное содержание которых определяется опытом. Средняя скидка может быть принята в 15%.

б) Отбор проб

Для отбора проб поставленный песок делится на партии по 100 м³ или соответственно такому же объему при приемке по весу. Из нескольких (не менее 34) мест каждой партии отбираются пробы в количестве 25 кг каждая. Отобранные пробы перемешиваются лопатой на брезенте и рассыпаются слоем толщиной 7—10 см.

Рассыпанный таким образом материал делится по двум взаимно перпендикулярным направлениям на четыре части, из которых две противоположные удаляются, а две оставшиеся перемешиваются вновь, делятся на четыре части, из которых две противоположные удаляются, а другие две опять перемешиваются и т. д.

Так поступают до тех пор, пока песка останется в количестве около 3 кг, которые и являются средней пробой.

Д. Методы испытаний

а) Определение гранулометрического состава и модуля крупности

1. Для определения гранулометрического состава песка и его модуля крупности песок просеивают через 6 сит с отверстиями, размеры которых следующие:

Таблица 3

Форма отверстий	Квадратные				Круглые	
	10	9	8	7	6	5
Норма сит						
Отверстия в миллиметрах	0,15	0,30	0,60	1,20	2,5	5,0

Для просеивания берут из средней пробы 1 кг песка, предварительно высушенного до постоянного веса при температуре до 110° С. Затем просеивают его через все 6 сит, начиная с самого крупного № 5 до самого мелкого № 10. Тот песок, который прошел через сито № 5, просеивается через сито № 6; тот, который прошел через сито № 6, просеивается через сито № 7 и т. д. Песок, оставшийся на сите № 5 в процентах по весу ко всей навеске в 1 кг, обозначается через a_5 ; песок, оставшийся на сите № 6 в процентах по весу ко всей навеске, обозначается через a_6 и т. д.

2. Гранулометрический состав представляет собою характеристику крупности песка, которая определяется как перечень полных остатков тех количеств песка в процентах по весу, которые не прошли через каждое из 6 сит.

Таким образом полный остаток песка в процентах по весу, не прошедший через сито № 5, будет a_5 , полный остаток, не прошедший через сито № 6, будет $(a_5 + a_6)$; через сито № 7 — $(a_5 + a_6 + a_7)$ и т. д.

3. Модуль крупности определяется по формуле:

$$M = \frac{6a_5 + 5a_6 + 4a_7 + 3a_8 + 2a_9 + a_{10}}{100}$$

где M — модуль крупности, $a_5, a_6, a_7 \dots a_{10}$ — остатки в процентах по весу ко всей навеске в 1 кг на ситах № 5, № 6, № 7... № 10. Часть песка, прошедшая через сито № 10 с отверстием в 0,15 мм, в подсчет модуля не входит.

б) Определение содержания частиц меньше 0,05 мм (глина плюс пылевидные частицы)

Средняя проба сухого песка в количестве 1 кг помещается в сосуд емкостью около 5 л. Затем в сосуд вливается вода и песок тщательно перемешивается. Дав осесть крупным, тяжелым частицам песка, воду со взвешенной в ней мутью осторожно сливают через край сосуда. Затем сосуд вновь наполняют чистой водой, песок перемешивается, и после того, как песок осел, снова сливают через край мутную воду. Эта операция повторяется до тех пор, пока, после заливки песка водой и перемешивания, вода не окажется чистой и прозрачной. После этого вода осторожно выливается из сосуда. Затем из песка удаляется влага высушиванием до постоянного веса при температуре не выше 110° С, и песок взвешивается.

Потеря в весе (в процентах) при отмучивании определяется по формуле:

$$П = \frac{1000 - a}{10},$$

где $П$ — процент потери при отмучивании, a — вес в граммах чистого песка после отмучивания.

в) Определение содержания частиц меньше 0,005 мм (глины)

Определение производится следующим образом:

1. В мензурку емкостью в 25 см³ при постоянном ее постукивании всыпается 10 см³ сухого песка. Затем песок заливается водой до уровня 23 см³, после чего до

уровня в 25 см³ добавляется 5-процентный раствор хлористого кальция (для оседения мути). Смесь взбалтывается и оставляется в покое на 3 часа, после чего производится определение разбухания частиц меньше 0,005 мм (глины) в процентах. Количество содержащихся в песке частиц меньше 0,005 мм (глины) в процентах по весу определяется по формуле $K = 0,5v$, где v — приращение объема песка, выраженное в процентах от первоначального объема.

2. Отсутствие зерен песка, покрытых оболочками глины, распознается следующим образом:

Из средней пробы, количество механических примесей которой не превышает 5%, по весу, отбирается некоторое количество зерен. Зерна кладутся на лист белой бумаги и рассматриваются под лупой.

Полная прозрачность зерен свидетельствует об отсутствии у них глинистых оболочек.

г) Определение загрязнения органическими примесями

Степень загрязнения песка органическими примесями определяется методом окрашивания, являющимся необходимым, но недостаточным для окончательного суждения о пригодности песка.

Мензурку емкостью 250 см³ наполняют до уровня в 130 см³ воздушно-сухим песком и доливают затем до уровня в 200 см³ трехпроцентным раствором едкого натра. После энергичного встряхивания пробу оставляют в покое на 24 часа. По истечению указанного срока определяют цвет жидкости над песком, сравнивая его с цветом свежеприготовленного эталона, изготовленного указанным ниже способом и налитого в сосуд той же формы и величины, как и проба испытуемого песка.

В сомнительных случаях испытуемую пробу рекомендуется подогреть в течение 2—3 часов в водяной бане и вновь сравнить ее с эталоном.

Песок признается годным для бетонных работ, если цвет раствора не будет темнее цвета эталона.

Эталон готовится следующим образом: 2% раствор таннина готовится в 1% растворе алкоголя. Изготовленный таким образом раствор берется в количестве 2,5 см³ на 97,5 см³ трехпроцентного раствора едкого натра. Получаемая смесь взбалтывается и оставляется в покое на 24 часа.

В случае неудовлетворительности результатов испытания чистоты песка способом окрашивания, необходимо произвести механическое испытание цемента с испытуемым песком. Образцы с испытуемым песком должны дать через 4, 7 и 28 дней сопротивление на растяжение и на сжатие не ниже образцов из того же цемента с нормальным песком. Испытание производится согласно ОСТ 1309 и 1310.

В случае неудовлетворительности результатов рекомендуется произвести повторное исследование с испытуемым песком, подвергнутым промывке известковым молоком.

д) Вес песка и количество пустот

Вес песка и количество пустот в нем можно определить нижеуказанными методами (факультативно):

1. Объемный вес. Песок, высушенный до постоянного веса при температуре до 110° С, насыпается с высоты 5 см совком в мерный сосуд объемом в два литра; избыток песка срезается ровень с краями линейкой. Полученный вес одного литра песка и будет его объемным весом.

2. Удельный вес. Удельный вес песка определяется посредством прибора Лешатель-Кандло по методу, предложенному в ОСТ 1310.

3. Объем пустот сухого песка в рыхлом состоянии в процентах определяется по формуле

$$V = \left(1 - \frac{\text{объемный вес}}{\text{удельный вес}} \right) \times 100$$

4. Для сравнения между собою качества различных песков, можно пользоваться коэффициентом инж. Скрамтаева:

$$K = M(50 - V).$$

где M — модуль крупности, V — объем пустот в процентах сухого песка в рыхлом состоянии. Песок тем лучше, чем выше значения K , низший предел которого должен быть не меньше 15.

ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ

ОСТ¹
3329

Щебень для бетонных и железобетонных работ

А. Определение

Щебнем для бетонных и железобетонных работ называется измельченная горная порода или измельченный камень из обожженной глины с крупностью зерен от 5 мм до 80 мм².

Б. Классификация

а) По способу получения щебень разделяется на:

1. Естественный — из каменных осыпей (хрящ).
2. Искусственный — получаемый путем ручной или машинной бойки.

б) По крупности зерен щебень разделяется на:

1. Рядовой от 5 до 80 мм.
2. Мелкий , 5 , 20 .
3. Средний , 20 , 40 .
4. Крупный , 40 , 70 .

В. Технические условия

а) Механическая прочность

Временное сопротивление на сжатие тех естественных пород, из которых получился щебень, должно быть не меньше 300 кг/см².

Примечание. Щебень из пород прочностью меньше 300 кг/см², а также щебень из обожженной глины допускаются для бетонных и железобетонных сооружений, не требующих морозостойкости, лишь по установлении прочности бетонов с применением такого щебня.

б) Гранулометрический состав

1. При просеивании через набор сит должно проходить щебня в процентах по весу;

Размер отверстия в свету	От	До
d_{max}	95	100
$\frac{1}{2} d_{max}$	40	70
5 мм	0	10

Примечание. Под d_{max} разумеется размер отверстия в свету того наименьшего сита, через которое проходит не менее 95% щебня по весу от взятой навески.

1. Модуль крупности щебня не меньше 6,0.

¹ Утвержден Всесоюзным комитетом по стандартизации при Госплане СССР 6 июля 1931 г. как обязательный с 15 августа 1931 г.

² Стандарт на щебень крупнее 80 мм, называемый иногда „изюм“, будет дан дополнительно.

в) Содержание выветрившихся щебенки

Допускается не более 2% по весу для бетона ответственных частей сооружений и не более 5% по весу для бетона прочих частей сооружений.

г) Чистота

1. Содержание глинистых, илистых и т. п. примесей допускается не более 1% по весу.

2. Содержание вредных органических примесей допускается в количестве при котором щебень, будучи обработан по методу окрашивания, давал бы оттенок не темнее цвета эталона или, при механическом испытании, в бетоне получались бы результаты не меньше требуемых.

д) Морозостойкость (сопротивление выветриванию)

Насыщенный водой щебень должен выдержать 15-кратное замораживание до -10°C с последующим оттаиванием без разрушения.

Примечание. Морозостойкость устанавливается лишь для щебня, предназначенного для частей сооружения, могущих подвергнуться действию мороза.

Г. Правила приемки

Правила приемки щебня аналогичны таковым же правилам на гравий (см. ОСТ 3327).

Д. Методы испытаний

Методы испытаний щебня аналогичны таковым же методам на гравий (см. ОСТ 3327).

НКПС	ИНСТРУКЦИЯ	ВРЕМЕННАЯ
ЦУДОТРАНС Научно-Исследова- тельский-Автомобиль- но-Дорожный Институт	по ведению наблюдений за постройкой и состоянием опытных участков бетон- ных дорог.¹	К—13 1930

Отд. I. Общие положения

1. Целью наблюдений при постройке бетонных дорог является установление всех обстоятельств, сопровождавших постройку, а также приемов и способов постройки.

§ 2. Целью наблюдений над законченными участками бетонных дорог является установление всех обстоятельств, влияющих на износ и деформации одежды, моментов появления и развития признаков износа, деформации или разрушения и, вообще, изучение работы бетонной одежды под действием этих обстоятельств.

§ 3. В результате наблюдений над постройкой и работой бетонной одежды и обработки данных наблюдений устанавливается:

- а) пригодность материалов, употребляемых в дело;
- б) рациональность конструкции одежды;
- в) целесообразность примененных способов и приемов производства работ;
- г) экономические характеристики бетонной одежды в кругу других типов дорожных покрытий;
- д) техническую целесообразность постройки бетонных дорог.

Отд. II. Наблюдение при постройке

§ 4. При наблюдениях фиксируются следующие данные:

- а) о материалах, употребляемых для приготовления бетона;
- б) о проектировании состава бетона, выборе временного сопротивления;
- в) о расчете полевого состава бетона и контроле на месте работ.

Все эти данные заносятся в учетную карточку формы № 1.

Примечание. До издания особой инструкции по постройке бетонных дорог для контроля качества бетона пользуются Инструкцией по полевому контролю качества бетона*, изданной в приложении к циркуляру № 89 по ВСНХ СССР и № 964 по ВСНХ РСФСР (отдельная брошюра издательства Торгово-Промышленной Газеты 1929 г. 24 стр.).

§ 5. Наблюдениями устанавливается состояние земляного полотна, причем исследуются следующие вопросы:

- а) производится ли постройка на новом полотне, когда оно закончено отсыпкой, и закончилась ли осадка полотна. Когда окончены сооружения и когда они были засыпаны (прилагается продольный профиль трасы и поперечные профили через 20—50 м);
- б) каков состав грунта земляного полотна и дорожной полосы (на профиль накладываются разрезы грунтов и даются анализы состава грунтов). Кроме того, дается оценка строительных качеств грунта (размываемость, стойкость откосов);
- в) каковы условия просыхания полотна (проходит ли шоссе по сухой возвышенной местности или по низинной, какая система водоотвода и осушения полотна, действие водоотвода в дожди и пр.).

§ 6. Во время производства работ должны быть отмечены гидрометеорологические условия:

- а) производится ежедневно определение количества осадков (снег, дождь, иней);
- б) определяется три раза в день температура и влажность воздуха;

¹ Составлена в 1930 г. автором настоящей книги. По этой инструкции были организованы наблюдения в Минске и под Ленинградом (на опытной дорожке ЛАДИ).

в) определяется влажность полотна;

г) определяется уровень стояния грунтовых вод.

Эти определения производятся согласно Инструкции по организации и ведению наблюдений на опытных участках дорог (Г—6).

§ 7. При постройке основания под бетонную одежду отмечаются подробности устройства его:

а) при устройстве мостовой — какие были отступления от Технических Правил на постройку булыжной мостовой;

б) при песчаном основании — данные о составе и роде песка, порядке подготовки корыта, рассыпке и укатке песка;

в) при основании из тощего бетона — материалы, примененные для бетона, состав, консистенция, приемы постройки.

§ 8. При постройке бетонной одежды отмечаются:

а) способы постройки — применение машин, приготовление и подача бетона, порядок исполнения работы;

б) устройство швов — заполнение их, порядок перехода с одной плиты на другую;

в) уход за плитой после постройки — поливка, прикрывание плиты песком и пр.

§ 9. При постройке бетонной одежды или сразу же после ее окончания, в тело одежды должны быть включены приборы и приспособления для наблюдения над деформациями плиты. Приборы эти следующие:

а) гнезда для постановки термометров, определяющих температуру внутри плиты (примерная схема гнезда приведена в приложении к инструкции);

б) постоянные точки на поверхности плиты для определения нивелировкой просадок плиты, а при резких переменах температуры и колебании ее поверхности. Постоянные точки устраиваются путем опускания в тело одежды сразу по окончании бетонирования заклепок с заштрихованным стержнем. Головки заклепок должны несколько возвышаться над поверхностью плиты, чтобы можно было точно устанавливать на них рейку;

в) уголки, устанавливаемые в швах для измерения изменений длины плит под действием усадки бетона и колебания температуры и влажности (Описание дано в приложении);

а также постоянные репера на обочинах и на обрезках полотна.

§ 10. По окончании постройки опытного участка по наблюдениям за его постройкой и освидетельствованию его состояния должен быть собран следующий материал:

1) продольный профиль по оси бетонной одежды (по постоянным точкам);

2) поперечные профили (тоже);

3) подробное описание постройки дороги по форме учетной карточки № 1 с пояснениями;

4) наблюдательная карточка на каждую бетонную плиту формы № 2;

5) фотографические снимки отдельных стадий производства работ.

Отд. III. Наблюдения по окончании постройки

§ 11. На построенных участках бетонных дорог производятся наблюдения:

а) над изменением длины плит под влиянием перемен температуры и влажности;

б) над появлением просадок и сдвигов плит вследствие деформации основания или сплыва грунта;

в) над появлением и распространением трещин в бетоне;

г) над изнашиваемостью поверхности бетонных плит.

§ 12. Удлинения и укорочения бетонных плит определяются путем непосредственного измерения ширины швов между плитами и колебаний этой ширины (описание производства измерений дано в приложении).

§ 13. Число швов, на которых нужно вести наблюдения над изменением их ширины, устанавливается до начала работ. На опытных участках при постройке плит разной длины все швы возле плит большей длины должны подвергаться измерениям.

§ 14. Изучением составленных для каждой плиты графиков изменений ее длины устанавливаются: величина усадки плиты, достаточность ширины шва, влияние типа основания на подвижность плиты, при появлении трещин — предельная длина плиты, при расположении на уклоне — возможность продольного угона плиты и другие выводы.

§ 15. Наблюдения над просадками и сдвигами плиты производятся путем:

а) нивелировки постоянных точек на поверхности плиты;

б) сравнения положения плиты по отношению к прочим плитам.

§ 16. Количество постоянных точек, подлежащих закреплению (заклепками или другими какими-либо знаками) должно быть определено до начала работ по устройству плиты.

§ 17. Для возможности по этим точкам следить за изгибом поверхности плиты под действием температуры число точек при ширине плиты в 5 м не должно быть менее трех на поперечное сечение.

Примечание. При длине плит в 10 м постоянные точки достаточно устанавливать в 3 сечениях — по концам и по середине плиты.

§ 18. Данные нивелировки заносятся в журнал простейшей формы или наносятся на график.

В примечании даются объяснения причин особенно резких деформаций.

§ 19. Наблюдения над появлением и распространением трещин следует установить сразу же по окончании постройки дороги.

Появившиеся трещины зарисовываются; на зарисовках отмечается их длина, толщина и примерная глубина трещин.

Одновременно должна быть установлена, хотя бы предположительно, причина появления трещины.

Дальнейшее развитие трещин и зарисовка новых производится на той же карточке ф. № 2.

§ 20. Наблюдения над изнашиваемостью первые годы после постройки бетонной одежды сводятся лишь к регистрации повреждений ее подковами, отскакивания пластинок бетона и прочих изъянов. Все повреждения могут зарисовываться на карточке ф. № 2 или обозначаться на ней условными знаками.

§ 21. Для исследования вопроса об увеличении прочности бетонной одежды со временем, из одежды откалываются куски бетона для выпиливания кубиков для испытания.

§ 22. Все данные о наблюдениях заносятся в учетную карточку ф. 1 (за весь участок дороги или на группу плит) и на карточки ф. № 2 для каждой плиты отдельно.

Записи температур и колебаний ширины швов заносятся, как указано в приложении, в график ф. № 3.

УЧЕТНАЯ КАРТОЧКА

ФОРМА № 1.

наблюдений за постройкой участка бетонной дороги длиной

..... метр. на шоссе.....

1. Секция № на основании
длинной м. Бетонные плиты № №

2. Продольный профиль всего участка и поперечные профили секции с почвенно-грунтовым разрезом и основными размерами (прилагаются к карточке).

3. Состав отдельных секций участка показывается на продольном профиле, где обозначаются: основное деление на секции (по типу основания) и более мелкие деления каждой секции.

4. Основные размеры плит:

		Плита № 1	Плита № 2	Плита № 3	Плита № 4	и т. д.
Длина плиты: <i>м</i>						
Толщина плиты	По сре- дине: <i>см</i>					
	По краям: <i>см</i>					

Прилагается поперечный профиль бетонной дороги

5. Данные о материалах для бетона:

Песок
Щебень
Цемент

6. Ситовый анализ (полные остатки)

	Отверстия, в мм										М
	80	40	20	10	5	2,5	1,2	0,6	0,3	0,14	
Песок											
Щебень											

Данные о бетоне

			Плита № 1	Плита № 2	Плита № 3	и т. д.
Длина и средняя толщина плиты $\frac{м}{см}$						
Временное сопротивление $\frac{кг}{см^2}$						
Исходный расчетный состав						
Модуль крупности смеси						
Номинальный состав						
Водоцементное отношение						
Фактический состав						
Водоцементное отношение						
Осадка конуса: см.						
Количество материала на замес	Цемента кг (литр)					
	Песка л.					
	Щебня л.					
	Воды л.					
Данные испытания	Образцов, вырезанных из одежды	Возраст дней				
		Размер				
		Врем. сопр., $\frac{кг}{см^2}$				
	Образцов, изготовленных при бетонировании	Возраст дней				
		Размер				
		Врем. сопр., $\frac{кг}{см^2}$				

Примечание:

7. График производства работ (примерная схема графика)

М е с я ц Д н и									
Темпера- тура	+ 40	}							
	+ 30								
	+ 20								
	+ 10								
	0								
	- 10								
	- 20								
Влаж- ность воз- духа и полотна.	100	}							
	80								
	60								
	40								
	20								
	0								
Осадки мм.									
Уровень грунтовых вод см. .									
Производ- ство работ.	Подготовка полотна . . .								
	Устройство основания . .								
	Бетонные работы и т. д. .								

(Наносится кривая температуры)

(Кривые влаги)

плита № 1

8. Данные о производстве работ (краткое описание).
9. Данные об устройстве основания и подготовке полотна и водоотводов (схемы, описание).
10. Описание устройства швов.
11. Оборудование, примененное при работах, и его дефекты:
 - А. Машины.
 - Б. Инструменты.
 - В. Приспособления.
12. Организация работ (техперсонал, квалиф. рабсила).
13. Стоимость постройки с подробной разбивкой по составляющим:
 - а) стоимость камня, песка, цемента за куб. метр и вся сумма расхода;
 - б) стоимость приготовления щебня;
 - в) доставка камня, песка, щебня, цемента за куб. метр и полная стоимость доставки;
 - г) устройство полотна руб.;
 - д) устройство основания
 - е) работа бетономешалки
 - ж) работа финишера
 - и т. д.

14. Укрупненные измерители стоимости работ:

Стоимость материала на месте работ
(включая бойку щебня вручную) руб.
Стоимость рабочей силы
Стоимость работы машины (включая об-
служивающий персонал)
Приспособления

Итого руб.

На 1 км

В том числе:

Подготовка полотна и водоотвода
Устройство основания
Устройство одежды

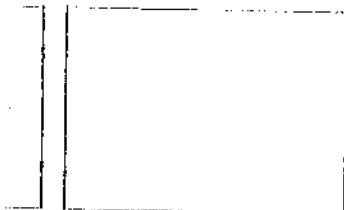
УЧЕТНАЯ КАРТОЧКА

ФОРМА № 2.

для наблюдения за состоянием бетонной плиты №

Длина =

Гор.



Гор.
— Уголки для измерения шва.
● — Гнезда для термометров.
■ — Заклепки для установки реек.

Описание устройства шва

Подробное описание состояния плиты и шва на 193 г. через
после ее окончания

Описание состояния плиты на 193 г. (появление трещин,
скалывание бетона, отломке кромки и т. д.)

Описание состояния плиты на 193 г. (развитие деформаций,
появление новых)

Ремонт плиты 193 г. (Описание ремонта)

Взята проба бетона 193 г., для чего выломан угол X
X X Вновь забетонирован бетоном состава 1 :
193 г. Результаты испытания бетона следующие

Примечание. К карточке прилагается журнал нивелировки и график
(см. § 15—18 Инструкции). На обороте карточки записи температуры плиты и
ширины швов.

Описание измерений ширины шва между плитами на бетонных дорогах.

1. Приборы и приспособления для измерений

Измерение ширины шва производится в двух местах по концам шва. Среднее из двух измерений принимается за ширину шва.

Для обозначения неподвижных плоскостей, между которыми будут производиться измерения, по краям шва прикрепляются на железных листах $70 \times 40 \times 5$ мм два латунных уголка сечением $20 \times 20 \times 2$ мм, заделываемых в тело одежды четырьмя анкерными железными полосами $150 \times 15 \times 5$ мм. Соединение уголков, железных листов и анкерных полос между собой осуществляется заклепками числом 12 шт., диаметром 5—7 мм.

Схема прикрепления уголков дана на рис. 1.

Заделка этого устройства производится в выдолбленное в каждой из плит гнездо. Для облегчения работ по устройству гнезда, можно перед укладкой бетона прикреплять к боковой раме или к доске шва деревянный кубик или ящик размерами примерно $20 \times 15 \times 15$ см, соответствующий размеру всего устройства.

Установку приборов в тело бетонной одежды нужно производить в первые же сутки после постройки плиты, чтобы иметь возможность измерить величину усадки плиты. Бетон для заделки должен быть несколько более жирным и без крупных фракций инертных.

Изображенная на рис. 1 конструкция предназначена специально для опытных участков, где нет движения (выступающие уголки могут быть повреждены при движении повозок и представляют опасность и для движения).

Для наблюдений же над швами открытой для движения дороги тот же комплект уголков, листов и полос надо ставить сбоку плиты и возможно ближе к низу плиты, устраивая с этой целью смотровой колодец, схема которого дана на рис. 2.

Дно и стенки этого колодца могут быть выложены как из строительного кирпича, так и из клинкера. Все кирпичи, за исключением № 1 и № 2, лучше сложить

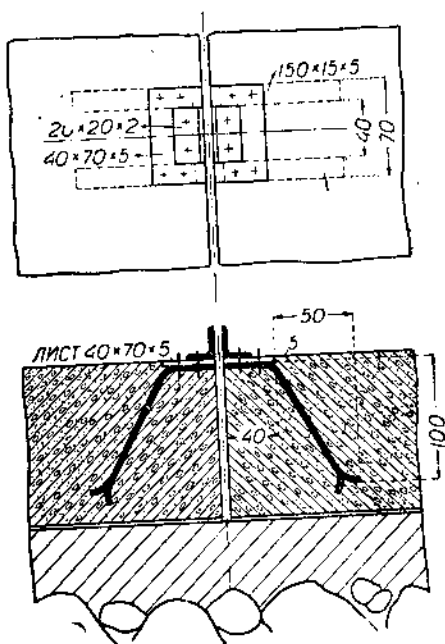


Рис. 1.

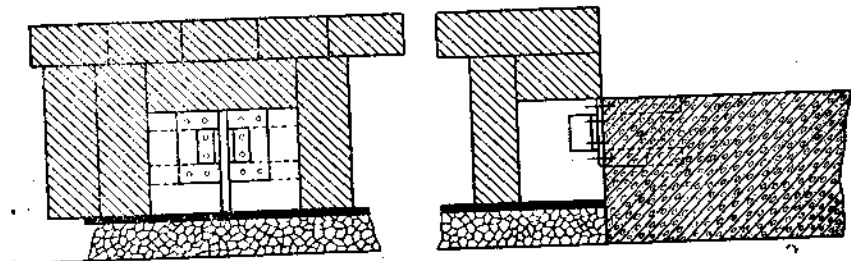


Рис. 2.

на растворе; киричи же № 1 и № 2 должны свободно выниматься при производстве измерения, чтобы в колодец могла поместиться рукоятка микрометра (см. черт. 3).

Чтобы наблюдать колебания ширины шва по его высоте нужно поставить два комплекта уголков — один у самого низа плиты, второй — у поверхности плиты. Конструкция смотрового колодца при этом соответственно изменится.

Измерения колебаний ширины шва производятся точным микрометром между внутренними сторонами полков уголков, служащих упором для конусов микрометра.

На рис. 3 показан общий вид микрометра для точных измерений, изготовляемого заводом Гоммель в Мангейме-Кеферталь.

Отсчеты производятся по шкале А и по нулю В.

Уголки, обращенные полками один к другому, приспособлены, как уже было указано,

для измерений микрометром. Если пользоваться „мезурами“, приспособив их для таких измерений, то уголки следует раздвинуть на такое расстояние, чтобы мезура поместилась между полками уголков.

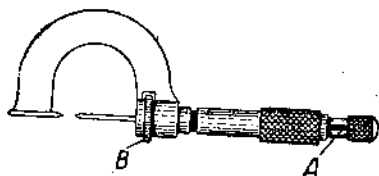


Рис. 3

II. Точность измерений

Точность измерений зависит:

- 1) от того, насколько будет постоянна сила прижатия упоров микрометра к уголкам при всех измерениях;
- 2) от того, насколько точно можно сохранять одно и то же направление оси микрометра и точки касания упоров;
- 3) от точности нарезки микрометра;
- 4) от величины ошибки, получающейся вследствие изменения длины дуги микрометра при колебаниях температуры;
- 5) от величины ошибки, получающейся вследствие различия коэффициентов расширения заложенного в бетон приспособления и бетона, а также вследствие разницы температур этого приспособления и бетона.

По п. 1 — Одинаковая интенсивность прижатия упоров микрометра достигается устройством в нем особого тормоза, прекращающего поступательное движение упора при касании обоих упоров о препятствие. Германские опыты, произведенные на модели уголков, показали, что при пятах измерениях одного и того же расстояния получается погрешность в $\pm 0,001$ мм.

По п. 2 — Одинаковое положение микрометра при всех измерениях может быть достигнуто нанесением на нижнюю полку уголков черты перпендикулярной плоскости другой полки и установкой микрометра по этой черте. При шероховатой поверхности уголков необходимо, кроме того, на вертикальных полках уголков отметить места упора микрометра, выдавив небольшие шаровые углубления.

По п. 3 — Микрометры имеют обычно точность 0,01 мм. Кроме того, можно вычислить десятые доли делений, следовательно, точность доходит до 0,001 мм. Желательно, чтобы упоры микрометра были выточены конусообразно, с закруглением вершины конусов шаровой поверхностью радиусом 2 мм.

Обычно заводы гарантируют сохранение точности нарезки на 10 000 измерений. Лучше выверять микрометр по другому контрольному через каждые 1 000 измерений.

По п. 4 — Градуирование шкалы микрометра при изготовлении производится обычно при 20° С. Так как при измерениях микрометр находится все время в руках лица, производящего измерения, большой разницы в температуре микрометра в разные дни измерений ожидать нельзя. При изменении температуры прибора на 10° С и при коэффициенте расширения для стали 0,000011 и длине дуги микрометра в 40 мм, приращение длины дуги будет равно $10 \cdot 40 \cdot 0,000011 = 0,0044 \sim 0,005$ мм.

По п. 5 — Коэффициенты расширения бетона и железа очень близки (0,00001 и 0,000011). Коэффициент расширения латуни больше и может доходить до 0,000018. При исходной температуре плит в $+20^{\circ}$ С, при колебаниях температуры от $+35^{\circ}$ С до -20° С и при расстояниях от края шва до первого ряда заклепок в 9 см, а между первым и вторым (от шва) рядом в 8 см величины погрешностей могут быть вычислены по следующим формулам:

$$\begin{aligned}
 +a &= 15 \cdot 9 (0,000011 - 0,00001) = 0,000135 \text{ мм.} \\
 +b &= 15 \cdot 8 (0,000018 - 0,00001) = 0,000960 \text{ мм.} \\
 +s &= a + b = 0,000135 + 0,000960 = 0,001095 = 0,001 \text{ мм.} \\
 -a &= 40 \cdot 9 (0,000011 - 0,00001) = 0,000360 \text{ мм.} \\
 -b &= 40 \cdot 8 (0,000018 - 0,00001) = 0,002560 \text{ мм.} \\
 -s &= a + b = 0,000360 + 0,002560 = 0,00292 = 0,003 \text{ мм.}
 \end{aligned}$$

Уменьшить погрешность от указанных в п. 5 причин можно, прикрывая места измерений от солнечных лучей.

Таким образом наибольшая возможная погрешность равна $0,001 + 0,001 + 0,005 + 0,003 = 0,01$, и если записанные при измерениях отсчеты округлять до $0,01$ мм (при обработке), то погрешность, получающаяся при этом, будет превосходить точность измерений.

Здесь описано определение точности измерений микрометром. При пользовании другими измерительными приборами (мезюрами, кронциркулями и штангенциркулями) следует по такому же методу определить точность производимых наблюдений.

Нужно следить за окислением поверхности уголков и принимать меры к тому, чтобы пленка окисления не понижала точности измерений.

III. Частота измерений и время измерений

При выборе времени для производства измерений следует руководиться колебаниями температуры и влажности; в виде общего указания можно сказать, что измерения следует производить тогда, когда ожидаются значительные изменения длины плиты.

Первое время после постройки можно производить три измерения в день — примерно так: рано утром, в 13—14 час. и вечером.

При двух измерениях в день, вечером измерения можно не делать. Недели через 3—4 после постройки можно измерения производить реже, 4—7 раз в неделю, выбирая особенно жаркие или холодные, особенно влажные или сухие дни и часы.

IV. Измерения температуры

Одновременно с измерениями колебаний длины плиты должны производиться измерения влажности и температуры воздуха (обычными способами).

Так как измеренные температуры воздуха далеко не всегда соответствуют тем-

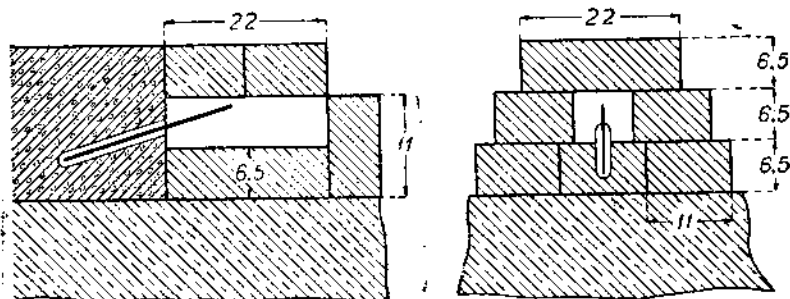


Рис. 4.

пературе бетона дорожной одежды, рекомендуется дополнять их наблюдениями температуры внутри бетонных плит.

Устройство, с помощью которого можно поместить термометр в теле плиты, показано на рис. 4.

В бетонных плитах, при устройстве их, сбоку закладывается деревянный брусок, лучше круглого сечения, диаметром 4—6 см, который по снятии форм высверливается

Получающееся гнездо рекомендуется заполнять медными опилками, для лучшей передачи теплоты от плиты термометру, помещаемому среди этих опилок.

Лучше всего употреблять для каждого гнезда отдельный термометр, с указанием делений в верхней его части, выступающей наружу.

При употреблении съемных термометров в гнезда следует закладывать полые металлические трубки несколько большего диаметра, чем термометр.

Сравнением температур воздуха и плиты, производимым через 20—40 мин. в самое жаркое время, можно установить, в какое время (в какой час) плита наиболее нагрета и затем этот час и принять за час наблюдений. То же самое можно проделать и утром или ночью, для определения времени наибольшего сокращения плиты.

V. Оформление данных наблюдений

В результате всего изложенного на каждый момент наблюдений имеются следующие данные:

- 1) температура воздуха,
- 2) влажность воздуха,
- 3) количество выпавших за сутки осадков,
- 4) температура внутри плиты,
- 5) ширина швов.

Эти данные наносятся на график формы № 3.

Шоссе..... Километр.....
Плиты №№..... Длинной..... м

Наносится кривая влажности воздуха
и земляного полотна.

Наносятся кривые: температуры воздуха и температуры каждой плиты.

Наносятся вычисленные удлинения и укорочения плит и соединяются ломаной линией, отдельно для каждой плиты.

БИБЛИОГРАФИЯ

[источники, послужившие для составления курса]

1. Макеров Н. С. „Бетонные дороги“. ЦУМТ, 1928.
2. Еремий А. П. „Механизация и оборудование бетонных работ“. Гостехиздат. Государственный Институт сооружений ВСНХ, Москва, 1930.
3. Джорджадзе А. З. „Дорожное дело САСШ“. Транспечать, Москва, 1930.
4. Анохин А. И. „Дорожные машины“. ОГИЗ Гострансиздат, Москва, 1931.
5. ЦИАТ „Сравнительная характеристика дорожных машин“, 1932.
6. Крынин Д. П. „Курс дорожного дела“. Госиздат, Москва, 1929.
7. Рейнер В. „Новые методы дорожного строительства“. Гострансиздат, Москва, 1931.
8. Александрин И. П. „Исследование бетона для дорожных работ“, ЛИИПС, Ленинград, 1931 г.
9. Беляев Н. М. „Метод подбора состава бетона“. Институт бетонов, Ленинград, 1930.
10. Александрин И. П. „Строительный контроль качеств бетона“, Гос. Институт сооружений Ленинград, 1931.
11. Клейнлогель А. „Швы расширения в бетонных и железобетонных конструкциях“, Научтехиздат, Москва, 1933.
12. Скрамтаев Б. Г. „Бетоны различных видов“ Госстройиздат, М.-Л., 1933.
13. „Опыт учета строительства дорог в Московской области“. ЦИАТ, 1931.
14. Neumann. Neuzeitliche Bauweisen, Берлин, 1932.
15. Riepert. Betonstrassenbau in Deutschland. Берлин, 1931.
16. Probst E. und Brandt H. Probleme des Betonstrassenbaues, Берлин, 1928.
17. Conner V. and Braun C., „Low cost Roads and Bridges“, Чикаго, 1933.
18. Agg Th. R. The construction of Roads and Pavements, Нью-Йорк, 1929.
19. Petry. Deutschland Betonstrassen, Берлин, 1926.

Журналы.

20. „Американская техника“. Нью-Йорк, 1926 — 1933.
21. „Местный Транспорт“. ЦУМТ, Москва, 1928.
22. „Дорожное хозяйство и автотранспорт“. Москва, 1929.
23. „Дорога и Автомобиль“. Гострансиздат, Москва, 1930 — 1933.
24. „Die Betonstrasse“. Берлин, 1930 — 1933.
25. „Roads and Streets“. Нью-Йорк, 1932 — 1933.
26. „Public Roads“. Нью-Йорк, 1925 — 1933.
27. „Genie Civil“. Париж, 1930 — 1933.
28. „Bulletin de l'Assoc. Intern. Permanente des Congrès de la Route“. Париж, 1933.

Инструкции.

29. „Как прораб должен назначать и проверять составы бетона на постройках“. Вып. 1, 1932 г.
30. Проект стандарта: „Технические правила постройки и ремонта цементно-бетонных дорог“. К-18, ЦИАТ, 1932.
31. Проект стандарта: „Нормальные поперечные профили цементно-бетонных дорог“, К-19, ЦИАТ, 1932 г.
32. „Технические условия и нормы проектирования и возведения бетонных и железобетонных сооружений“. ВСНХ. Москва, 1931. Институт норм и стандартов.

33. Инструкция по контролю над качеством бетона и производством работ* Институт бетонов, Ленинград, 1930.
34. Инструкция по изготовлению растворов и бетонов*, изд. 2-е, НИС. ЦПТУ НКПС 1930.

Иностранная техническая литература.

- (из серии переводных материалов). Издания ЦДОРНИИ, 1933.
35. Выпуск 3 — „Константы грунтов“ — ред. Л. А. Братцев.
36. Выпуск 5 — „Дорожный бетон“ — ред. И. П. Александрия.

Технический архив ЦДОРНИИ.

37. Отчет о постройке опытной бетонной дороги в БССР в 1930 г. ГИАТ БССР, № V—4—1—а.
38. Отчет по наблюдениям за состоянием опытного бетонного участка вблизи г. Минска, 1932 г. ГИАТ БССР, № V—4—ВР—78.
39. Постройка опытного участка цементированного шоссе, ГИАТ БССР. 1932 г., № V—4—ВР—62.
40. Отчет о наблюдениях над опытной бетонной дорогой ЛАДИ под г. Ленинградом. 1932. № V—4—ВР.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Обзор развития бетонных дорог	3
Северо-Американские Соединенные Штаты, Англия, Италия, Франция, Германия. Наличие бетонных дорог во всех странах. Бетонно-дорожное строительство в СССР.	
2. Основные данные о бетонной одежде	7
Бетонная одежда нормального типа. Однослойные одежды. Двуслойные одежды. Бетонная одежда усиленного типа. Бетонная одежда низкой стоимости. Однопутные бетонные дороги. Связанное цементом шоссе. Продольный уклон. Радиусы кривых.	
3. Поперечный профиль бетонной дороги	14
Поперечный профиль бетонной одежды. Очертание двускатного поперечного профиля. Поперечный уклон бетонной одежды. Односкатные профили. Вогнутые профили. Обочины бетонной дороги.	
4. Толщина бетонной одежды	17
Влияние толщины на стоимость одежды. Расчет толщины плиты по Ольдеру. Формула Пирля для определения толщины плиты. Расчет толщины плиты по Уэстергардту (I, II и III случай). Расчет по графикам Лейтца. Общепринятые формулы для определения толщины плиты. Динамичность действия нагрузки. Пример расчета.	
5. Длина непрерывного участка бетонной плиты	31
Изменение бетонной плиты в объеме. Бетонная одежда без швов. Коробление бетонных плит. Длина непрерывного участка плиты. Ложные швы. Продольные швы. Ширина швов расширения и сжатия. Применяемое на практике расположение швов.	
6. Материалы для бетонной одежды	40
Требования к бетону. Выявление качеств применяемых материалов. Цемент. Активность цемента. Начало схватывания, характер твердения. Вода. Инертные материалы. Песок. Колориметрическая проба. Определение процента глины и пыли. Каменная мелочь. Крупность песка. Определение модуля крупности. Пример. Крупные инертные. Прочность их. Неоднородность каменной породы. Чистота крупных инертных. Крупность щебня и гравия. Влияние влажности.	
7. Проектирование бетона для дорожной одежды	53
Определение водоцементного отношения. Относительная пластичность бетона. Определение номинального состава. Пример подбора состава бетона. Определение состава одного замеса бетономешалки. Практические применяемые составы бетона. Специальный подбор зернового состава. Специальные типы бетона для дорожной одежды.	
8. Основания бетонной одежды	64
Качества грунта основания. Классификация грунтов. Однородные грунты. Неоднородные грунты. Способы улучшения естественного основания. Устройство водоотвода (дренажи). Устройство изолирующих прослоек. Улучшение грунта основания добавками и обработкой. Устройство искусственные основания. Устройство песчаного основания. Уплотненные основания. Основания из старого шоссе. Укладка бетона по искусственному основанию. Перечень мероприятий, необходимых для улучшения грунтовых оснований.	

9. Подготовка основания к укладке бетона
Бортовые формы. Деревянные формы. Металлические формы. Формы Лэйквуд. Формы Блау-нокс. Формы Гельтцель. Формы Миллера. Работы по установке форм. Окончательная планировка основания. Субгрейдер Лэйквуд.

10. Приготовление бетона 85
Дорожные бетономешалки. Подача материалов к бетономешалкам. Загрузка бетономешалки материалами для бетона. Загрузочный ковш. Смесительный барабан. Приготовление бетона. Цикл работ смесительного барабана. Разгрузка бетономешалки и передача готового бетона на полотно. Стрела бетономешалки. Остальные данные о бетономешалках Рекс Пэйвер и Кэринг Пэйвер. Нормы выработки и расценки. Бетономешалки других фирм.

11. Укладка и обработка бетона 108
Выгрузка и разравнивание бетона. Ручная обработка бетонной одежды. Механизация бетоноотделочных работ. Финишер Лэйквуд. Профилирование бетона финишером. Трамбование бетона финишером. Выглаживание поверхности бетонной одежды. Особенности укладки бетонной одежды на кривых. Особенности обработки бетона финишером Орд. Новые модели финишера Лэйквуд. Исправление отдельных мест при работе финишером. Укладка бетона по половинкам. Молотковые трамбовочные машины. Пневматические переносные трамбовки. Бетоноотделочные машины поперечного движения и сравнение их с машинами продольного движения. Вибрационная обработка бетона.

12. Полевой контроль качества бетона 132
Полевой контроль состава. Германские нормы полевого контроля. Испытание бетона на удар. Контроль бетонирования при низкой температуре. Полевая лаборатория по бетону.

13. Конструкция и способы устройства швов 138
Соединение плит между собой. Швы минимальной ширины. Рабочие швы. Швы сжатия. Продольные швы. Укладка „плиты через плиту“. Швы расширения с листовым заполнителем. Швы расширения с литым заполнителем. Устройство швов вырезыванием или втапливанием в бетон шаблонов. Устройство швов в двуслойных покрытиях. Общие выводы.

14. Уход за свежей бетонной одеждой, освидетельствование и приемка работ 149
Поддержание влажности: тент, передвижная крыша, душ, слой песка, мешковый материал, опилки, солома, рогожа, полотнища брезента, валики из глины, специальные покрывала. Применение хлористого кальция. Покрытие поверхности бетонных дорог битумом. Освидетельствование и приемка работ.

15. Организация работ по постройке бетонных дорог 156
Основы организации работ: карьерные устройства, транспорт материала из карьера, склады материалов, подвижной состав, подъездные пути, машины по устройству основания, формы, бетоноотделочные машины. Отмеривание и отвешивание строительных материалов. Устройство складов материалов на ж.-д. станциях при отвозке материалов автомобилями к месту работ. Устройство склада материалов на ж. д. станции при отвозке материалов узкоколейкой к месту работ. Комбинированная организация карьерных, транспортных и складских операций. Расположение материалов на складах при стационарных бетономешалках. Расположение бетономешалки, подъездных путей и других устройств на месте работ. Примеры: подвижная бетономешалка, полустационарная бетономешалка. Преимущества и недостатки их.

16. Повреждения бетонной одежды, ремонт и содержание ее
Трещины поверхностные и сквозные. Повреждение плиты у швов. Изломы плиты. Сквозные проломы и местные вспучивания бетона. Выбоины и отскакивание пластинок бетона. Пористость поверхности бетона. Текущее содержание. Нормы выработки и расценки.

17. Армирование бетонных дорог 177
Назначение арматуры. Способы армирования. Армирование сварными сетками. Влияние армирования на уменьшение трещин. Ремонт армированных дорог.

18. Бетонные дороги низкой стоимости. 18
Классификация дорог местного значения. Однопутные бетонные дороги. Технические условия. Цементно-щебеночное шоссе. Метод пропитки. Метод "слоеного пирога". Метод смешения насухо. Камнебетонная мостовая.

19. Особенности устройства бетонных дорог в населенных пунктах. 193

20. Данные о стоимости бетонных дорог. Достоинства и недостатки их. Стоимость 1 км бетонной дороги. Достоинства бетонной одежды. Недостатки бетонных дорог.

Приложения

I. Таблица дорожной сети всех стран	200
II. ОСТ 5036. Портланд-цемент	205
III. ОСТ 5157. Портланд-цемент. Методы механических испытаний	
IV. ОСТ 5158. Методы испытания цементного раствора на механическую прочность	213
V. ОСТ 3327. Гравий для бетонных и железобетонных работ	215
VI. ОСТ 3328. Песок для бетонных и железобетонных работ	219
VII. ОСТ 3329. Щебень для бетонных и железобетонных работ	223
VIII. Инструкция К — 13 — 1930 г.	225
Библиография	236

К

Отв. редактор М. А. Антекман

Техн. редактор К. В. Волчок

Книга сделана в набор 1/XI 1933 г.

Подписана к печати 24/I 1934 г.

ОГИЗ № 2077. Индекс Т-13. Ленгорт № 28606.

Тираж 5250 экз.

Заказ № 1213.

Формат бумаги 62×94 см., 15 печ. л. (122 000 тип. знаков в 1 бум. л.).

Бум. л. 71/8.

2-я типография "Печатный Двор", трест "Полиграфкнига", Ленинград, Гатчинская, 26.