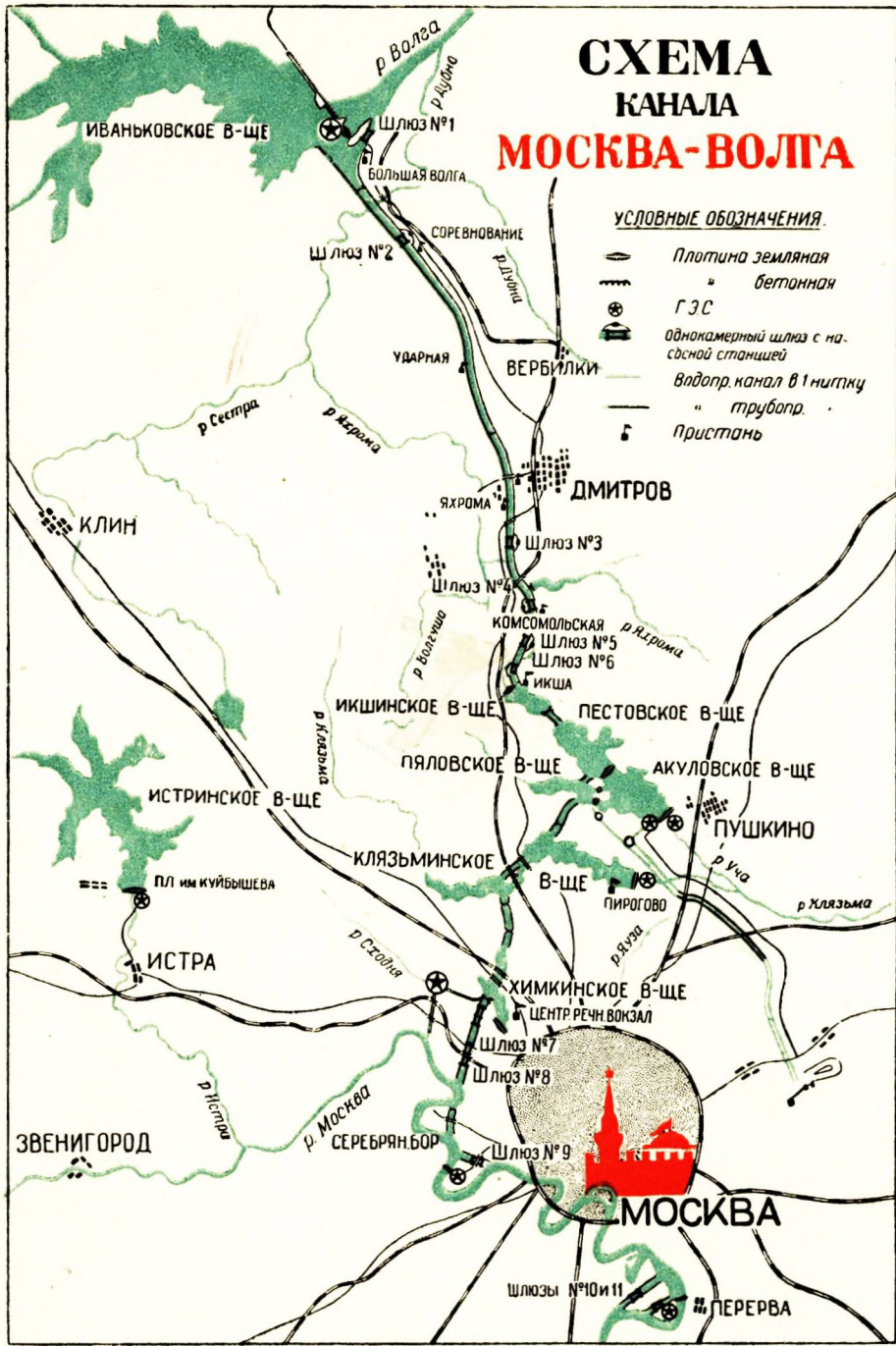


Минусинск
14.12.43

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!



СХЕМА КАНАЛА МОСКВА-ВОЛГА



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ.

- Плотина земляная
- " бетонная
- ГЭС
- Однокамерный шлюз с на-
сосной станцией
- Вводпр. канал в 1 нитку
- " трубопр. "
- Пристань

1701

НКВД СССР
 БЮРО ТЕХНИЧЕСКОГО ОТЧЕТА О СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАНАЛА
 МОСКВА —ВОЛГА

КАНАЛ МОСКВА—ВОЛГА

ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
6	24 сверху	колендарных	календарных
44	6 снизу	30-кратного	30-дневного (суточного)
44	8 "	15-кратного	15-дневного (суточного)
63	Фиг. 34	Пневматические дырчатые формы	Призматические дырчатые формы
100	10 снизу	было испытано 6,5 тыс. контрольных	было испытано 65 тыс. контрольных
152	Табл. 51	цемент	цемент
152	Табл. 51	200 и 400	1200 и 1400
170	Табл. 56,	700	1700
	4 строка снизу		
170	Табл. 56,	1567	567
	1 строка снизу		
172	24 снизу	фиг. 55	фиг. 56

Зак. 3788.

1701

НКВД СССР
БЮРО ТЕХНИЧЕСКОГО ОТЧЕТА О СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАНАЛА
МОСКВА — ВОЛГА

КАНАЛ
МОСКВА—ВОЛГА
БЕТОННЫЕ РАБОТЫ

1932—1937 гг.

Использование основных данных, а также чертежей, схем и фото в других изданиях без разрешения Бюро Технического отчета НКВД воспрещается.

Настоящий выпуск содержит подробное описание бетонных и железобетонных работ, выполненных на строительстве канала Москва—Волга. В первой части излагаются результаты научно-исследовательских работ, проведенных центральной бетонной лабораторией Строительства, во второй — освещается производственный опыт этого грандиозного строительства.

В настоящем выпуске особенно интересны места, освещающие разрешение проблем, новых не только в СССР, но в известной части и для заграницы,—пуццоланизация бетона на строительной площадке; вибрированная укладка бетона; применение транспортеров для подачи бетона и т. д.

Выпуск может служить практическим пособием для специалистов по бетону и железобетону.

В составлении настоящего выпуска отчета принимали участие следующие 6. работники Управления Строительства канала Москва—Волга: Г. Д. ПЕТРОВ, Л. Д. КОКОРИН, Т. И. ШАПОВАЛОВ, А. В. ВИШНЕВСКИЙ, Н. А. РЕТЮНСКИЙ, Е. Ф. ФРЕЙГОФЕР, Е. П. МИКЛАШЕВСКИЙ, С. И. ПОГАРСКИЙ.

Редактирование проведено редакционной коллегией в составе: главного редактора дивинженера С. Я. ЖУК, зам. гл. редактора проф. М. М. ГРИШИНА и членов: М. П. ПОПОВА, В. Д. ЖУРИНА, А. И. БАУМГОЛЬЦ, В. А. СЕМЕНЦОВА и А. О. ВИЛЬДГРУБЕ.

Ответственный за выпуск—6. начальник центральной бетонной лаборатории и бетонного отдела Строительства инж. С. В. ШЕСТОПЕРОВ.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Стр.</i>
От редколлегии	5
Введение.....	9
I. Научно-исследовательские работы центральной бетонной лаборатории	
Г л а в а I. Исследование отощателей для бетонов.....	17
1. Карьеры песка и гравия.....	—
2. Петрографическая характеристика гравия.....	20
3. Стандартные испытания гравия.....	21
4. Влияние различного содержания известняка на качество крупного отощателя	24
Г л а в а II. Проектирование бетонов.....	26
Г л а в а III. Пуццоланизация бетона на строительной площадке.....	32
Г л а в а IV. Исследование морозостойкости бетонов.....	38
Г л а в а V. Исследование водонепроницаемости бетонов.....	48
Г л а в а VI. Уплотнение бетонной смеси методом вибрирования.....	52
1. Выбор типов и разработка конструкций вибраторов.....	53
2. Исследование вибрации бетона.....	59
3. Полевой контроль уплотнения бетонной смеси.....	62
4. Теория вибрирования бетонной смеси.....	63
Г л а в а VII. Исследование поведения бетона в агрессивных водах.....	65
1. Общие соображения.....	—
2. Исследование грунтовых вод в районе строительства.....	67
3. Изучение агрессивного действия различных водных растворов.....	68
4. О нормах.....	76
Г л а в а VIII. Термоактивная опалубка.....	77
1. Опилки.....	79
2. Электроды.....	80
Г л а в а IX. Гидротехнический цемент и гидроизоляция бетона.....	82
1. Характеристика исходных материалов.....	83
2. Показатели механической прочности.....	84
3. Морозостойкость и водонепроницаемость бетона на „гидротехническом цементе“.....	85
4. Деформация бетона.....	86
5. Экзотермия.....	87
6. Влияние на бетон нагрузки от собственного веса.....	89
7. Выщелачивание растворов на „гидротехнических цементах“.....	90
8. Гидроизоляция бетона.....	93
Г л а в а X. Организация работ в центральной бетонной лаборатории.....	94
1. Состав и структура лаборатории.....	—
2. Система контроля.....	95
3. Выводы и предложения.....	96
II. Организация и производство бетонных и железобетонных работ	
Г л а в а I. Строительные площадки.....	101
1. Задачи и состав бетонного комбината.....	—
2. Характеристика строительных площадок.....	—
3. Основные типы бетонных хозяйств.....	105

	<i>Стр.</i>
4. Согласование работы бетонного комбината с другими видами работ.....	106
5. Размещение элементов комбината.....	107
6. Особенности отдельных бетонных комбинатов.....	109
Глава II. Хозяйство камневидных составляющих.....	114
1. Типы гравиемочных устройств.....	115
2. Гравиемочные заводы.....	117
3. Перегрузочно-складские устройства.....	119
4. Затворы для гравия и песка.....	125
Глава III. Цементное хозяйство.....	128
1. Механизированные цементные хозяйства.....	—
2. Немеханизированные цементные хозяйства.....	137
3. Затворы для цемента.....	139
Глава IV. Трепельные установки.....	142
Глава V. Бетонные заводы.....	146
1. Устройство заводов.....	147
2. Подача материалов.....	151
3. Дозирование.....	155
4. Приготовление и погрузка смеси на транспорт.....	161
5. Эксплуатационные характеристики бетонных заводов.....	168
Глава VI. Транспортирование бетона.....	171
1. Основные виды и схемы транспорта.....	—
2. Транспортная подача бетона от завода до блока.....	172
3. Подача бетона транспортерами в соединении с другими видами транспорта.....	178
4. Подача бетона простейшими механизмами.....	180
5. Автотранспортная подача бетона в сочетании с рикшами или тачками.....	182
6. Характеристика работы транспортеров.....	184
7. Бетоновозные узкоколейные пути, рикши и тачки.....	186
8. Характеристика работы дерриков и шахтоподъемников.....	188
9. Типы эстакад.....	190
10. Бункеры и хоботы.....	191
Глава VII. Укладка бетона.....	192
1. Характеристика бетона гидротехнических сооружений канала.....	—
2. Подготовка блоков к бетонированию.....	193
3. Укладка бетона.....	195
4. Обработка бетона.....	196
5. Учет работы вибраторов и результаты вибрирования бетона.....	199
Глава VIII. Опалубочные работы.....	201
1. Характеристика различных видов опалубки.....	202
2. Подмости.....	211
3. Основы статического расчета опалубки.....	212
4. Заготовка и транспорт опалубки.....	—
5. Сравнение различных типов опалубки.....	—
Глава IX. Арматурные работы.....	213
1. Общие сведения.....	—
2. Хранение, правка, резка и сварка арматуры.....	216
3. Вытяжка, гнутье и очистка арматуры.....	218
4. Транспорт, установка и монтаж арматуры.....	220
Глава X. Бетонирование зимой.....	224
1. Особенности зимнего бетонирования.....	—
2. Подогрев составляющих.....	—
3. Отопление бетонных заводов.....	228
4. Отопление блоков.....	—
5. Котельные и паропроводы.....	230
6. Состав бетона и его приготовление.....	—
Глава XI. Качество возведенных бетонных и железобетонных сооружений.....	231
Глава XII. Заключение.....	237
1. Бетонные комбинаты.....	—
2. Опалубочные, арматурные и другие вспомогательные работы.....	245
3. Транспорт и укладка бетона.....	250
Приложение 1. Инструкция по уплотнению бетона вибраторами.....	258
Приложение 2. Данные о расходе материалов на 1 м³ бетона.....	266

Выполнение третьей Сталинской пятилетки, этой гигантской программы дальнейшего подъема народного хозяйства, подъема культуры, подъема всего народного благосостояния СССР, — в полном разгаре.

«Фундаментом этой программы — сказал товарищ Молотов на XVIII съезде ВКП(б) — является наша победа, победа трудящихся Советского союза в выполнении первого и второго пятилетнего плана».

Как известно, одной из крупнейших строек второй Сталинской пятилетки было строительство канала Москва—Волга, осуществленное в рекордно короткий срок—4 года и 8 месяцев. Объем выполненных на этом строительстве бетонных и железобетонных работ — около 3 000000 м³ — остается пока еще не превзойденным у нас в Союзе.

Опыт этого строительства безусловно должен быть учтен как проектирующими, так и строительными организациями, работающими над объектами третьей и последующих пятилеток.

Назначение настоящего выпуска «Технического отчета» — поделиться с советской технической интеллигенцией тем комплексом вопросов, который возник перед строителями канала в области исследования, проектирования, организации и производства бетонных работ и потребовал своего разрешения.

Выпуск делится на две части: первая — посвящена научно-исследовательским вопросам и результатам лабораторных работ, вторая — производству работ на трассе и строительных площадках. Однако обе части теснейшим образом между собой связаны, так как нигде еще научно-исследовательская и лабораторная деятельность не находились в такой непосредственной связи с производством, как на строительстве канала Москва — Волга.

В научно-исследовательской части выпуска приведен перечень наиболее интересных исследований, проведенных центральной бетонной лабораторией Строительства, и дано краткое описание примененной методологии. Необходимо учитывать, что по ряду вопросов экспериментаторы строительства канала не имели даже примерных решений аналогичных задач в других лабораториях. В связи с этим например постановка Строительством вопроса пуццоланизации бетонов малоактивными гидравлическими добавками не «сухим», заводским путем, а «мокрой» присадкой, вначале встретила среди ряда видных специалистов бетонщиков и цементщиков определенное недоверие.

В первой части настоящего выпуска значительное внимание уделено вопросам исследований, необходимых для бетона гравия и щебня. Незнание местных залежей этих видов отощателей, а также отсутствие каких-либо стандартов по ним побудили Строительство широко поставить соответствующие исследования собственными силами.

В результате сочетания исследовательской работы с практикой тут же на строительных площадках выявился ряд несовершенств в обычно применявшихся до этого методах исследования материалов. Вместе с тем благодаря теснейшему контакту между исследователями и производствен-

никами были впервые поставлены такие интереснейшие и животрепещущие научно-исследовательские темы, как гидротехнический (трехкомпонентный) цемент, долговечность бетона, раздельная укладка бетона, и ряд других.

Во второй части выпуска приведен обширный и разнообразный материал, освещающий основные этапы бетонных работ на строительстве (собственно бетонные работы, опалубочные и арматурные работы и т. п.).

Как видно из приведенного материала, первые шаги бетонщиков строительства канала мало чем отличались от обычных методов организации и производства работ на большинстве наших строек в начале второй пятилетки. Здесь применялось еще чрезвычайно много примитивной техники. В ряде случаев это вызывалось разбросанностью фронта работ, малоопытностью только что прибывших на строительство кадров и главным образом отсутствием еще в то время в стране нужного оборудования и инструментов.

С развертыванием работ на строительстве появляется ряд интересных и ценных предложений, отраженных в соответствующих главах настоящего выпуска. Это — транспорт бетонной смеси на ленточном конвейере; применение впервые в Союзе крупнолитражных бетономешалок; повсеместная сварка арматуры; первые опыты с арматурными фермами, свариваемыми на месте; первый массовый опыт вибрирования бетонной смеси; широкое применение пуццоланизации бетона и т. п.

В выпуске приводятся также данные об интенсивности кладки бетона, о календарных планах выполнения бетонных работ на отдельных наиболее характерных сооружениях.

В заключительной главе второй части выпуска приведен интересный материал по сопоставлению ряда результативных данных по бетонным работам на строительстве канала Москва — Волга и других крупнейших гидротехнических стройках мира.

В результате контакта в работе между проектировщиками сооружений, с одной стороны, и проектировщиками организации работ — с другой, создалось определенное взаимное понимание, выразившееся в проектировании приемлемых для производственника «технологических» конструкций. Практика армирования трудно бетонизируемых конструкций начинает уже отживать. Предусматривая надлежащую организацию рабочего места, проектировщики организации работ одновременно обеспечивают соответствующее качество сооружения.

На основе опыта Москваволгостроя на Волгострое например уже введен ряд дальнейших усовершенствований. Так, там уже нашла широкое применение сборная арматура в виде целых ферм из железа диаметром до 100 мм (вместо применявшихся ранее арматурных прутьев с предельным допускаемым диаметром в 32 мм); впервые на наших гидротехнических стройках применены на бетонных работах передвижные кабельные краны; в итоге произведенных исследований собственная помольная установка Строительства готовится цемент из клинкера по рецепту лаборатории и т. д.

В выпуске к сожалению недостаточно отражена интересная работа по гидроизоляции, требующая вследствие своей специфичности еще значительной доработки и освещения в особом труде.

Проведенные на строительстве канала цементационные работы по бетону показали, что качество укладки бетонной смеси требует еще значительного улучшения. Действенных методов контроля укладываемого гидротехнического бетона к сожалению еще не имеется. На основе ряда контрольных определений можно пока говорить лишь о гарантированной прочности (кубиковой) укладываемого бетона.

Для цементации на строительстве было применено перфораторное и сандерсоновское ударное бурение. Из обоих способов бурения безусловную целесообразность и эффективность показало перфораторное бурение. Однако практика работ по цементации выявила, что применяемым мето-

дом можно заполнить лишь большие полости — гнезда или неплотности около арматуры (арматурных пакетов). Мелкая же пористость цементацией не выправляется. Практика проведенной на строительстве цементации по методу производства этих работ ничем не отличается от практики аналогичных работ, уже достаточно освещенных в литературе.

При этом необходимо лишь отметить, что по цифрам поглощения раствора при цементации бетона нельзя с достаточной полнотой контролировать качество плотности бетона, поскольку сама по себе цементация разрешает лишь утилитарную задачу по выправлению частичных дефектов кладки бетона.

Общая оценка бетонных и железобетонных работ, выполненных на строительстве канала Москва — Волга, приведена в настоящем выпуске в основном в изложении правительственной комиссии по приему канала. Отмеченные в отдельных случаях наряду с общей благоприятной оценкой дефекты и недочеты должны будут служить соответствующим предупреждением новым стройкам для избежания повторения аналогичных ошибок.

При редактировании настоящего выпуска были учтены основные замечания рецензента проф. В. М. Келдыш, под руководством которого в свое время работала бетонная группа правительственной комиссии по приему сооружений канала.

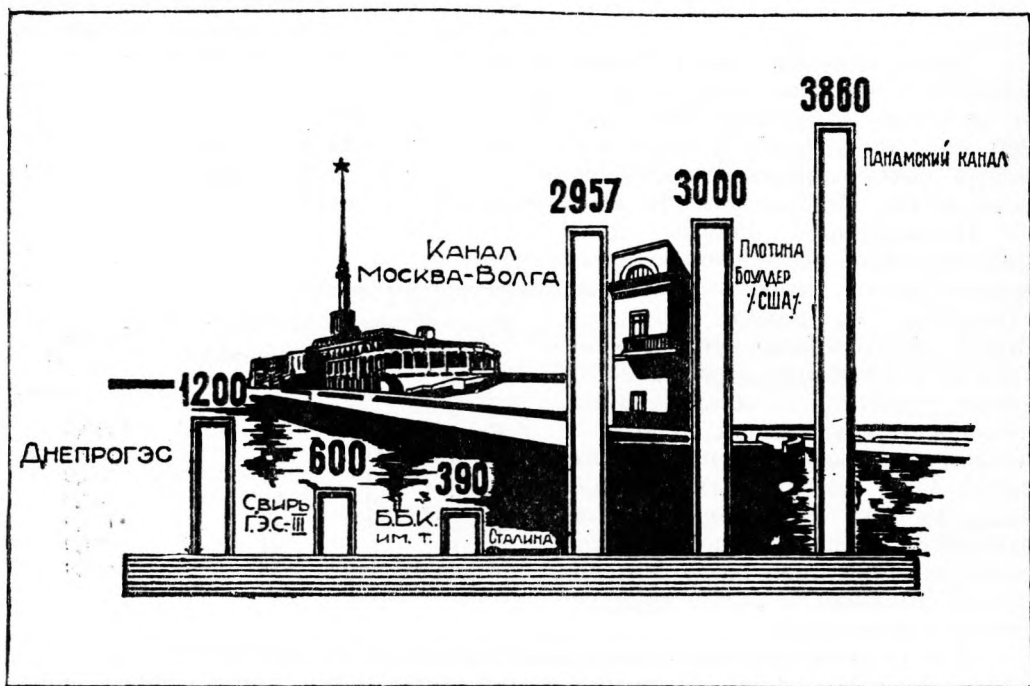
Редакционная коллегия технического отчета надеется, что изложенный в настоящем выпуске коллективный труд поможет проектировщикам и производственникам других новых строек нашей необъятной родины, используя уже имеющийся опыт, двинуть технику бетонного дела далеко вперед.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ВВЕДЕНИЕ

В качестве материала для возведения шлюзов и водопропускных сооружений грандиозного канала Москва — Волга был избран бетон и железобетон, наилучшим образом обеспечивающие прочность и долговечность гидротехнических сооружений.

Из построенных на канале свыше 200 основных сооружений 158 выполнено из бетона и железобетона.



Фиг. 2. Объемы бетонных работ, выполненных на крупнейших гидротехнических стройках (в тыс. м³)

На диаграмме (фиг. 2) сопоставлены объемы бетонных и железобетонных работ на строительстве канала Москва — Волга, на других ранее выполненных гидротехнических стройках Союза и на крупнейших зарубежных.

Общий объем бетона, уложенного на строительстве канала Москва — Волга, составляет 2 957,4 тыс. м³. Из них 2 845,9 тыс. м³ по основным сооружениям.

Таблица 1

Наименование сооружений	Объем уложенного бетона в тыс. м ³
Шлюзы с причальными и ограждающими устройствами	1 520,8
Бетонные плотины	338,5
Гидроэлектростанции	152,9
Насосные станции	122,4
Заградительные ворота	97,4
Водосбросы и водоспуски	187,8
Портовые сооружения, пристани и остановочные пункты	22,7
Паромные переправы	6,1
Дюкеры, лотки и трубы	54,0
Железнодорожные и шоссейные мосты и переходы	133,8
Различные сооружения водопроводного канала .	175,8
Вспомогательные сооружения	
Большое число мелких сооружений	33,7

Таким образом подавляющая часть бетона — 96% (2 845,9 тыс. м³) — уложена в основные сооружения канала. Самые большие по объему бетона сооружения на канале Москва — Волга — двухкамерные шлюзы (около 260 тыс. м³ каждый) и одна из бетонных плотин (253 тыс. м³). Самые малые самостоятельные сооружения — водосброс канала при срезке правого берега Москва-реки (14 м³) и водосброс у шлюза № 9 (17 м³).

Приведенные данные дают представление об исключительном многообразии сооружений, построенных на канале Москва—Волга. Здесь можно встретить бетонные сооружения всевозможных типов, размеров и конфигураций, начиная от крупнейших шлюзов и плотин протяжением до 700 м, высотой 35 м, занимающих площадь в 30—40 тыс. м², и кончая миниатюрными гидротехническими сооружениями из ажурного железобетона объемом не более двух десятков кубометров.

Для гидротехнических сооружений канала был запроектирован бетон марок 90 и 110 кг/см². К бетону частей сооружений, подверженных действию воды и мороза, предъявлялось требование водонепроницаемости и морозостойкости. Особо ответственные конструкции — водопроводные галереи шлюзов, всасывающие трубы, опорные кольца генераторов, подкрановые рамы гидростанций, акведуки и диффузоры насосных станций, железобетонные арки и пролетные строения мостов и пр. — были запроектированы и возведены из бетона марок 130 и до 350 кг/см², для приготовления которого употреблялся портландцемент с активностью 300—500 кг/см².

На фиг. 3 и 4 показаны примеры применения марок бетона при возведении главных сооружений канала.

Многочисленность, разнообразие, оригинальность и размеры бетонных

Бетонные сооружения канала, как это видно из табл. 1, характеризуются прежде всего многочисленностью типов (более 22), разнообразием объемов и различными условиями производства работ.

Из 13 узлов сооружений, на которые разбит канал, на пяти узлах — Волжском, Мельдинском, Яхромском, Икшинском и Химкинском — было уложено до 70% всего бетона.

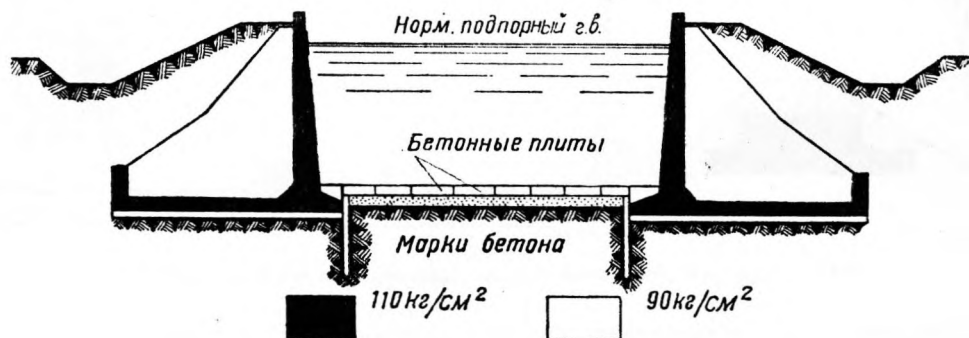
По объему уложенного бетона построенные на канале основные бетонные сооружения распределяются, как указано в табл. 2.

Таблица 2

Объем бетона в тыс. м ³	Количество сооружений	Общий объем бетона в тыс. м ³
Свыше 100	10	1 710,9
От 50 до 100	4	266,0
" 20 " 50	12	353,0
" 10 " 20	20	253,0
" 5 " 10	18	123,0
" 1 " 5	41	91,0
До 1	53	49,0

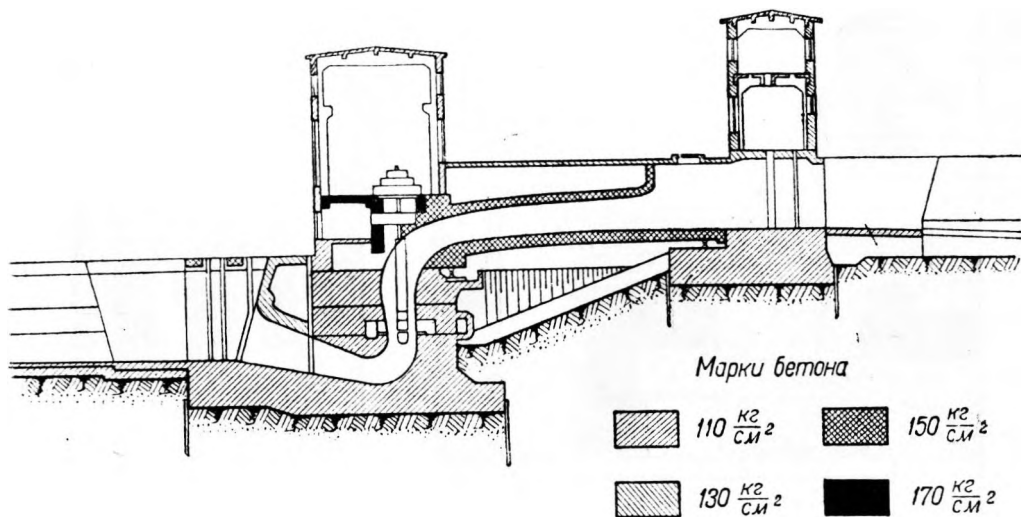
сооружений канала поставили перед строителями и исследователями ряд новых серьезных задач. Задачи эти требовали безотлагательного разрешения, но для этого ни технического опыта, ни достаточных литературных данных в то время (1935 г.) еще не было.

Так, сама по себе не новая идея пуццоланизации бетона к началу строительства канала не имела еще таких технологических решений, на



Фиг. 3. Применение марок бетона. Камера шлюза (поперечный разрез)

основе которых можно было бы начать кладку бетона ответственных гидротехнических сооружений. Использование пуццоланового цемента не было изучено даже стандартными методами исследований. Вопросы морозостойкости бетона совершенно не были научно разработаны. В области

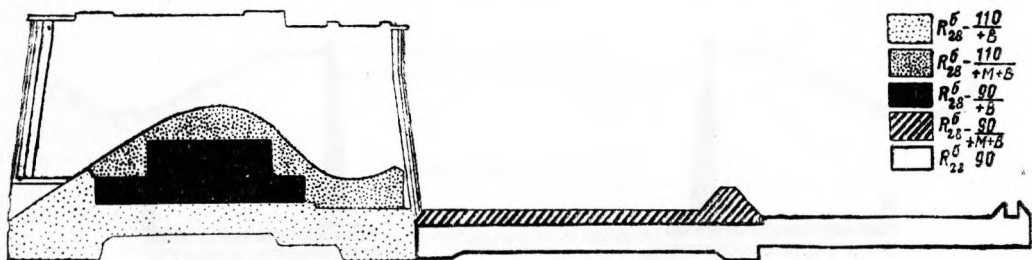


Фиг. 4. Применение марок бетона. Насосная станция (продольный разрез)

уплотнения и вибрированной укладки бетона имелись лишь описания некоторых несовершенных опытов. Ни виброаппаратов, которые можно было бы применить на большой стройке, ни их проектов в Союзе не существовало, как не было и теоретического обоснования вибрированной укладки бетона и ее контроля.

В крупном гидротехническом строительстве еще не было случаев применения гравия с большим количеством известковых зерен (до 50%) в качестве заполнителя бетона; между тем в месторождениях, разрабатывавшихся для нужд строительства, оказался именно такой гравий. Требовалось дать ответ на весьма актуальный вопрос: какое влияние окажет применение такого гравия на качество заполнителя и долговечность бетона?

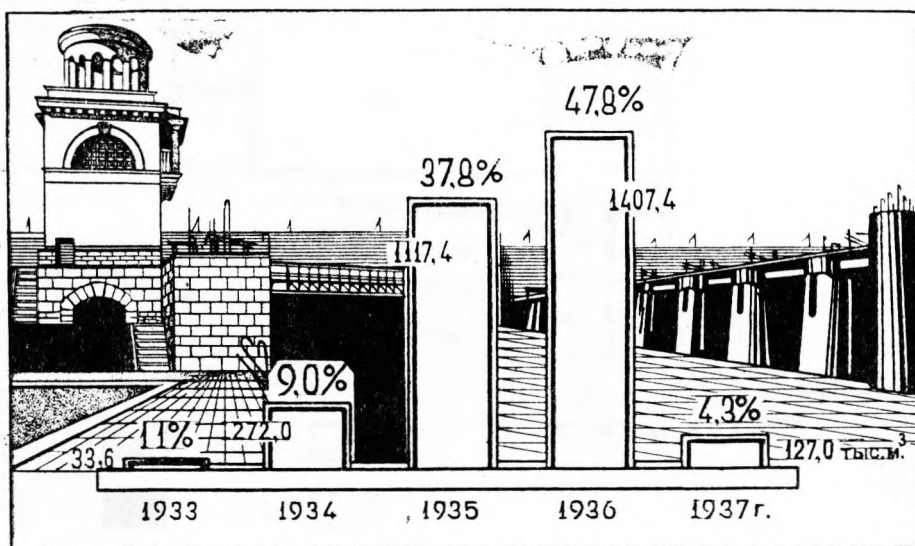
Все это поставило перед Строительством канала вопрос об организации собственной научно-исследовательской базы, могущей разрешить ряд неотложных производственных задач. Во второй половине 1934 г. была организована центральная бетонная лаборатория (ЦБЛ), которая широко развернула научно-исследовательскую работу.



Фиг. 5. Применение марок бетона. Плотина (поперечный разрез)

Работы этой лаборатории, как и работы других организаций, проводивших исследования для Строительства канала по его поручению на договорных началах, концентрировались вокруг следующих главнейших вопросов:

- 1) пуццоланизация портландцементного бетона на строительной площадке;
- 2) свойства бетона с гидравлическими добавками (трепелом);



Фиг. 6. Диаграмма роста бетонных работ по годам

- 3) способы введения трепела в бетон — мокрая присадка трепельно-водной суспензии;
- 4) уплотнение бетонной смеси — укладка бетона вибраторами;
- 5) свойства вибрированного бетона;
- 6) методы определения степени уплотнения бетона вибраторами;
- 7) типы, конструкции и характеристики вибраторов;
- 8) исследование заполнителей для бетона: влияние зернового состава на удобообрабатываемость бетона вибраторами;
- 9) влияние различного содержания примесей известняков и слабых пород на качество крупного заполнителя;

- 10) составы сложного вяжущего для гидротехнического бетона;
- 11) материалы для гидроизоляции бетона;
- 12) выбор методов проектирования составов бетона высокой плотности и прочности;
- 13) бетонирование в зимних условиях; термоактивная опалубка; влияние мороза на гидротехнический бетон в разные сроки его твердения;
- 14) вода районов строительства как среда и вода для затворения бетона;
- 15) система контроля качества бетона в сооружениях.

Существенной особенностью бетонных работ на строительстве канала является большая протяженность общего фронта работ строительства — свыше 180 км (учитывая Водопроводный канал и Истринский узел сооружений). Связанная с этим значительная отдаленность некоторых узлов сооружений привела к созданию независимых самостоятельных бетонных хозяйств.

Заполнители для бетона—гравий и песок.—добывались на карьерах, имевших территориальное тяготение к соответствующим узлам сооружений. Там, где карьеров поблизости не было, материалы подвозились по железной дороге, а на Волжском узле —также и водным путем. Песок и гравий для бетона добывались более чем на 40 карьерах и подвозились к сооружениям всевозможными видами транспорта —водным, железнодорожным (нормальной и узкой колеи), автомобильным и канатными дорогами.

Такая разбросанность и децентрализация карьерного хозяйства и связанное с этим неоднородное качество поступавших заполнителей, требовавших обогащения и сортировки, естественно, создавали большие неудобства и трудности в работе всего бетонного комплекса.

Цемент на строительство поступал с 16 различных заводов, причем с каждого завода поступало до 5 различных марок. Эта разнорсортность цемента также создавала крупные затруднения для производства и даже отражалась на качестве бетона сооружений.

Трепел добывался на открытом Строительством карьере «Тентиково», имеющем богатые запасы (около 1,7 млн. м³). Общее количество материалов, израсходованных на строительстве для приготовления бетона, приведено в табл. 3.

На отдельных узлах сооружений канала (Истринский, Хлебниковский) бетонные работы начались во второй половине 1933 г.; однако полностью они были развернуты лишь в 1935 и 1936 гг. За эти два года уложено 85,6% всего объема бетона. Динамика кладки бетона на строительстве характеризуется цифрами табл. 4.

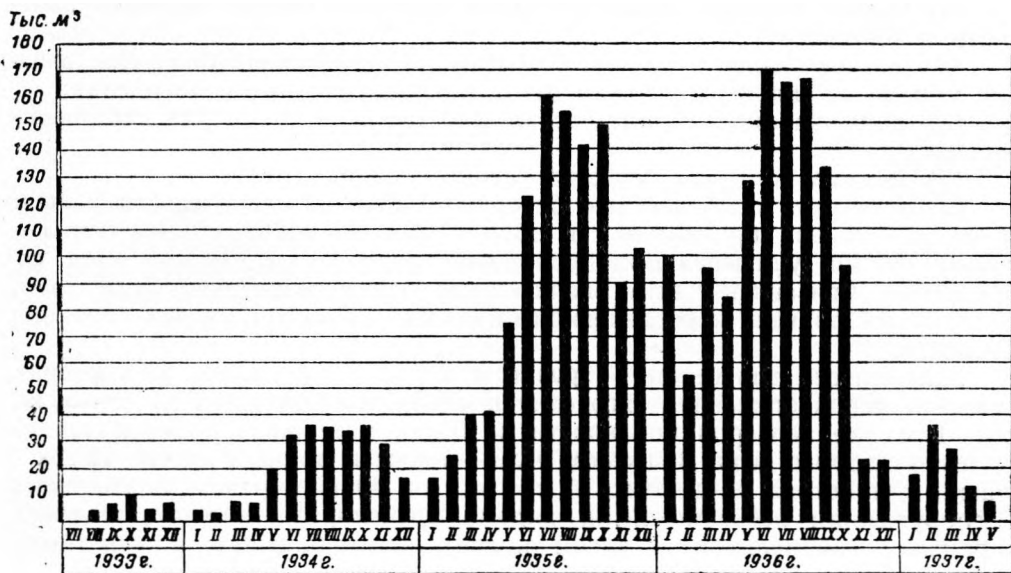
Таблица 3

Виды материалов	Общий расход	Расход на 1 м ³ уложенного бетона
Цемент различных марок	668 000 т	243,00 кг
Трепел	64 000 "	47,00 "
Песок местный	1 095 000 м ³	0,45 м ³
" привозной	165 000 "	
Гравий местный	980 000 "	0,76 "
" привозной	1 139 000 "	
Арматурное железо	92 000 т	33,00 кг

Таблица 4

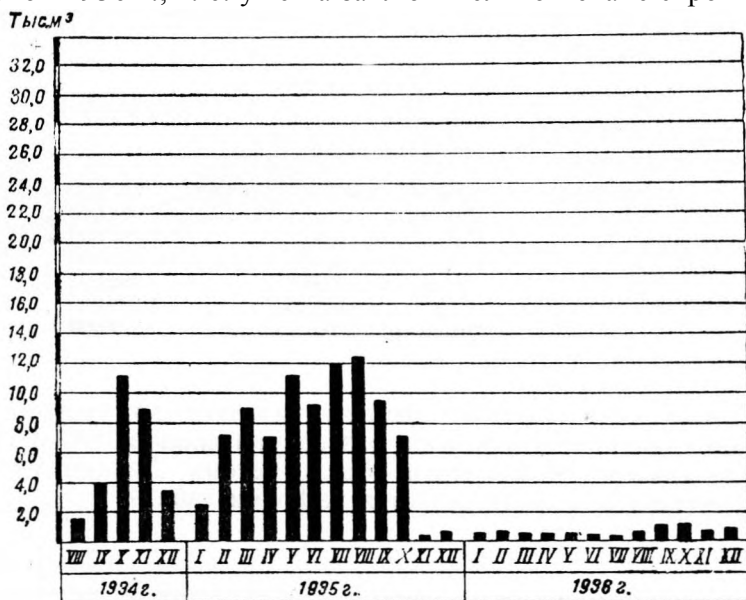
	1933 г.	1934 г.	1935 г.	1936 г.	1937 г.	Всего	
Количество уложенного бетона {	в тыс. м ³	33,6	272,0	1 117,4	1 407,4	127,0	2 957,4
	в %	1,1	9,0	37,8	47,8	4,3	100

Динамика бетонных работ по основным сооружениям характеризуется графиком помесечной укладки, приведенным на фиг. 7.



Фиг. 7. Помесечная укладка бетона по основным сооружениям канала

Большой интерес представляет сопоставление графиков укладки бетона по двум шлюзам, почти одинаковым по своей конструкции и по объему работ, а именно: по шлюзу № 3 одного из узлов сооружений и по шлюзу № 5 другого узла. Первый из них строился в период начала организации работ на канале, второй строился последним из всех 11 шлюзов — весной 1936 г., т. е. уже на заключительном этапе строительства.



Фиг. 8. Помесечная укладка бетона на шлюзе № 3

Шлюз № 3 явился пионером крупных бетонных сооружений канала, и организация бетонного хозяйства на нем еще носила характер старых строек. Организация же работ на шлюзе № 5 отражает собой большой опыт, накопленный Строительством, — здесь вопросы организации бетонных работ нашли уже почти индустриальное разрешение.

На шлюзе № 3 основной бетон укладывался 15 месяцев; было оборудовано несколько бетонных заводов с бетономешалками емкостью в 375 и 500 л, общее количество занятых бетономешалок составляло 15 шт. Подвозка бетона проводилась тачками и рикшами.

На шлюзе же № 5 бетон был уложен в основном за 6 месяцев; здесь был создан один бетонный комбинат для нужд всего узла; подача бетона производилась ленточными транспортерами. Динамика кладки бетона на обоих объектах показана на фиг. 8 и 9.

На строительстве канала была впервые применена мокрая присадка трепела, позволившая улучшить гидротехнические свойства бетона и на 15—20% снизить расход цемента.

В массовом масштабе применялось уплотнение бетона вибрированием, что также дало около 8% экономии цемента, значительно увеличило плотность бетона, упростило и облегчило производство работ.

Детальное изучение усадочных явлений в бетоне позволило значительно увеличить размеры бетонируемых блоков по сравнению с размерами блоков на всех других гидротехнических стройках.

Широко развитая сеть полевых бетонных лабораторий и контрольных постов обеспечила повседневный контроль качества поступавших материалов, производства бетонных работ и качества полученного бетона.

Заданные для строительства канала чрезвычайно короткие сроки заставили провести ряд таких мер, которые позволили осуществить огромные объемы бетонных работ в небывало короткие сроки. К таким мерам в первую очередь относится создание крупных бетонных комбинатов и централизованных бетонных заводов, а также применение бетоныерок большого литража — 1 000 и 2 200 л. Эти бетоныерки, впервые в Союзе изготовленные для строительства канала, получили в последующем широкое применение на других крупных стройках.

Примером наиболее мощного и совершенного бетонного комбината может служить бетонный комбинат шлюза № 5, оборудованный пятью бетономешалками системы Смит, емкостью по 2 200 л. Производительность комбината достигала 3000 м³ бетона в сутки.

Ввиду того что значительная часть бетонных работ (около 30%) производилась в зимнее время, предусматривалось также теплоснабжение централизованного бетонного хозяйства.

Общая техническая оснащенность бетонных и железобетонных работ на строительстве канала характеризуется следующими цифрами:

бетономешалок.....	240 шт.
вибраторов.....	570 „
цемент-пушек.....	16 „
стационарных ленточных транспортеров.....	11 000 пог. м
разных электросварочных аппаратов.....	320 шт.

Особо отметим, что на строительстве канала впервые в Союзе был применен наиболее индустриальный и совершенный способ транспортирования бетона стационарными ленточными транспортерами. На шлюзах № 1, 2, 5 и 7 бетон транспортерами доставлялся с заводов до самого места укладки без применения каких бы то ни было других видов транспорта; при этих условиях на шлюзе № 5 были достигнуты всесоюзный суточный рекорд укладки бетона (3140 м³) и мировой рекорд подачи бетона транспортером — 160 м³/час (на плотине Вермонт в австрийских Альпах достигнуто 139 м³/час).

Однако многочисленность и разнообразие сооружений, различные условия строительных площадок, а также недостаток в средствах большой механизации (транспортеры, деррики, краны) заставили строителей наряду с транспортерами применять и другие весьма разнообразные транспортные средства (тачки, двухколесные бетоновозки — «рикши» и вагонетки «Коппель»).

Использованию всех этих средств и прогрессу дела транспортирования бетона на различных этапах строительства посвящена глава VI второй части настоящего выпуска.

Как известно, в общем объеме бетонных работ большую долю занимают арматурные и опалубочные работы.

Объем произведенных на строительстве канала арматурных работ очень велик: общий вес уложенной в сооружения арматуры составляет 92 тыс. т, причем насыщенность отдельных частей сооружений арматурой характеризуется следующими цифрами:

нижние головы шлюзов..... до 40 кг/м³
 акведуки насосных станций..... „ 128 „
 туннели под головами шлюзов....., 93 „

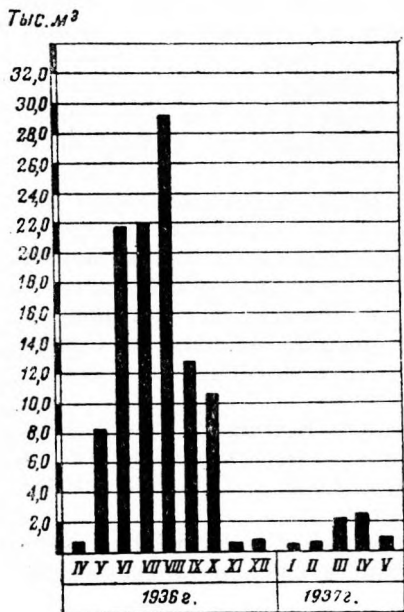
За 15 месяцев на каждом из основных узлов сооружений было уложено до 8—9 тыс. т арматурного железа (шлюзы № 7—8 Химкинского узла). Арматура эта заготавливалась в специальных арматурных цехах, которые были организованы при каждом сооружении или узле и на которых вся обработка железа была полностью механизирована. Следует однако отметить, что поступавшая на строительство арматура была к сожалению чрезмерно разнообразной (диаметром от 12 до 42 мм и длиной до 50 м), что сильно затрудняло механизацию всего комплекса арматурных работ.

Ввиду того что в условиях стесненной работы в котлованах оказалось невозможным механизировать доставку отдельных гибких и длинных стержней, транспорт и установка арматуры производились, как правило, вручную.

В опалубочных работах кроме обычной стационарной опалубки, применявшейся при бетонировке нижних ярусов сооружений (днища камер шлюзов, нижние массивы плотин, насосных станций и пр.), была широко применена подвижная опалубка, оказавшаяся более рациональной и позволившая значи-

тельно уменьшить расход лесоматериалов, а также параллельно вести работы по обратной засыпке сооружений.

Фиг. 9. Помесячная укладка бетона на шлюзе № 5



На объектах, обеспеченных подъемными механизмами — дерриками (шлюзы № 7 и 8), широко применялись также нормальная щитовая и специальная разборно-щитовая опалубки.

Немалая часть опалубки была лекального типа (для водопроводных галлерей, потерн и колодцев в шлюзах, всасывающих труб, улиток и акведуков — в насосных станциях, труб Водопроводного канала, дюкеров и других сооружений). Лекальная опалубка заготавливалась на разбивочных площадках опалубочных цехов при помощи специальных механизмов для обработки криволинейных частей. Установка и разборка опалубки производились, как правило, вручную.

Повышенные требования, предъявленные к качеству бетона сооружений канала, привели к созданию технической инспекции, которая не только непрерывно контролировала производство работ, но и производила на всех промежуточных стадиях тщательные приемки выполненных работ: на каждый блок бетонного сооружения составлялся подробный акт приемки опалубки, арматуры, готовности блока к бетонированию и т. д. Эта инспекторская служба предотвратила ошибки и отступления от проекта и обеспечила всем работам необходимое качество¹.

¹ 0 роли технической инспекции на Строительстве см. выпуск «Вспомогательные работы».

I. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ БЕТОННОЙ ЛАБОРАТОРИИ

(Технология бетона)

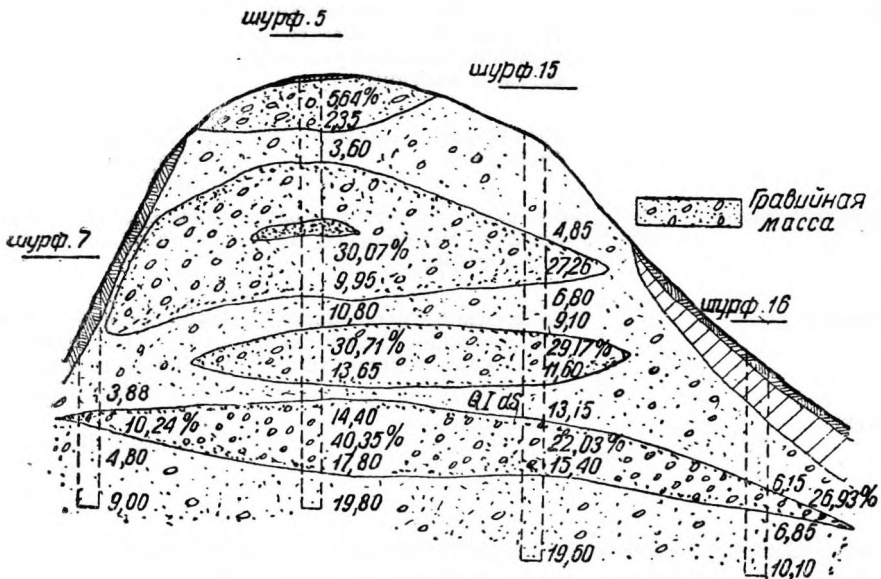
ГЛАВА I

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТОЩАТЕЛЕЙ ДЛЯ БЕТОНОВ

1. КАРЬЕРЫ ПЕСКА И ГРАВИЯ

Добыча песка и гравия для бетона сооружений канала была развернута на различных карьерах, расположенных вне трассы канала. Кроме того были использованы пригодные для бетона пески из котлованов возводившихся сооружений, а также пески русел и берегов Волги и Москва-реки.

До 1935 г. разработка карьеров производилась кустарными способами. С весны же 1935 г. разработка вскрыши и породы, а также погрузка



Фиг. 10. Линзообразное залегание гравия

в транспортные средства начинают производиться экскаваторами; появляются большегрузные (2,5 и 5 м³) вагонетки «Вестерн», автомашины ЗИС; вместо ручной (в забое) и централизованной прогрокотки были построены мощные обогатительные фабрики, принимавшие породу одновременно от целого состава вагонеток и перерабатывавшие ее на плоских и барабанных грохотах и гравиемойках. Развернутая Строительством экскаваторная добыча нерудных на крупных карьерах отражена в табл. 6.

Все указанные в табл. 5 месторождения гравия представляли собой флювиогляциальные и древне-аллювиальные образования. Гравий в них

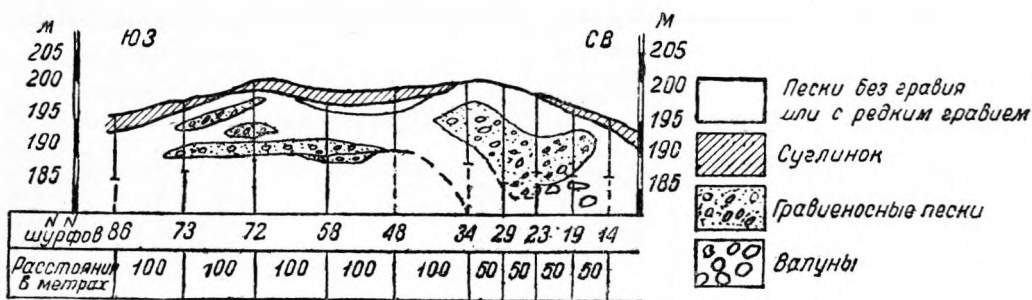
Районы и участки строительства	Обслуживались карьерами	
	песка	гравия
Волжский район	Таборский, котлован плотины, русло и берег реки	Сандовский, Таборский, Орудьевский, Курган-Топорок, Святые, Дубны, Крева, котлован плотины, русло реки
Мельдинский участок	Таборский, Орудьевский, Раменье	Таборский, Орудьевский, Раменье
Центральный район	Шустинский, Минеевский, котлован шлюза	Шустинский, Минеевский, Влахернский, Таборский, котлован шлюза
Икшинский район	Игнатовский, Репечиха	Игнатовский, Гурбан, Репечиха, Черный
Хлебниковский район	Орудьевский, Таборский, котлованы отдельных участков канала	Шушковский, Бухоловский, Таборский, Орудьевский
Южный район	Строгинский, Павшинский, Ивановский, котлованы шлюза и отдельных участков канала и плотины	Ивановский, Строгинский Мякининский
Карамышевский район	Татаровский, Тереховский, берег реки	Бухоловский, Таборский, Татаровский, котлован шлюза
Перервинский район	Филийский, Чигинский, Коломенский, Ногатинский, котлован шлюза	Коломенский, Ногатинский, котлован шлюза
Восточные районы	Ивантеевский, Кузнецовский, Пироговский, Звягинский, Пестовский и Вешняки	Ивантеевский, Кузнецовский, Горицкий, Пестовский, Суходольский, Амеровский, Милицейский бугор
Истринский	Скриковский	Бабинский, Бужаровский

залегал в смеси с галькой, булыгой и песком. Продуктивная порода, часто залегающая линзообразно, была прикрыта значительной (до 2—4 м) толщиной, подлежащей вскрыше. В некоторых случаях месторождения состояли из чередующихся пластов продуктивной и пустой породы. Схематический разрез одного из карьеров показан на фиг. 10.

Продуктивный слой представлял собой разнозернистый, иногда слабоглинистый, песок, по минеральному составу пестрый, но с преобладанием кварца; гравий и булыжник составляли в среднем 36% всей массы породы. Гранулометрический состав гравия колебался на отдельных участках месторождений в довольно значительных пределах. Для иллюстрации в табл. 7 приведены данные по гранулометрическому составу гравия отдельных участков Минеевского карьера. Модуль крупности гравия — от 7,1 до 8,28. Преобладающее количество гравия и булыжников хорошо окатано.

Таблица 6

Наименование карьеров	Марка экскаватора	Количество снарядов работавших		Период работы в месяцах	Транспортное обслуживание	Характеристика гравия			
		на вскрыше	на добыче			объемный вес	удельный вес	% пустот	модуль крупности
Сандовский "	ППГ "	1 —	— 1	7—8 15	Автомшины "	1,65	2,65	37,7	7,29
Минеевский " Таборский " Гурбан " Репчиха " " " "	ППГ " " " „Ковровец“ " ППГ " " " " " " " "	1 — — 1 — 1 — —	— 1 1 — 1 — 1 —	12—15 12—15 12—14 12 12—15 12—15 Более 12 То же " " " "	Ж. д. узкой колеи с мотовозами То же Автомшины " " " Ж. д. узкой колеи или автомшины То же	1,63 1,59 1,64 1,56	2,63 2,63 2,64 2,62	37,6 40,0 37,7 40,4	7,30 7,62 7,42 7,75
Горицкий " " " "	ППГ " " " „Ковровец“ " "	1 1 — —	— — 1 1	18—20 18—20 20—24 20—24	Ж. д. узкой колеи или автомшины То же " "	1,54	2,60	40,0	7,6
Ивантеевский "	„Ковровец“ "	1 —	— 1	8—10 10—12	Ж. д. узкой колеи с мотовозами То же	1,56	2,61	39,0	7,4
Татаровский	„Ковровец“	—	1	10	Автомшины	1,53	2,55	40,0	7,9
Строгинский " " " Репище—Поповка " "	„Ковровец“ " " " " " " " "	— — — 1 —	1 1 1 — 1	10—12 10—12 10—12 16—17 6	Ж. д. узкой колеи с мотовозами То же " Автомшины "	1,61 1,63	2,63 2,61	39,0 38,0	7,2 7,1



Фиг. 11. Один из профилей гравийного месторождения

Таблица 7

Участок	Фракции в %			
	5—25 мм	25—40 мм	40—80 мм	≥ 80 мм
I	62,5	17,0	15,5	5,0
II	56,3	17,3	15,3	11,1
III	52,3	17,0	17,0	13,7

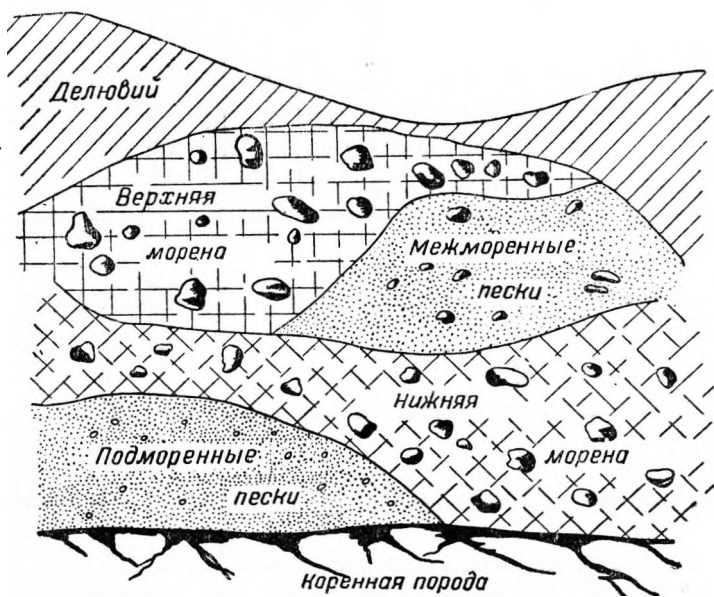
Один из характерных профилей Минеевского гравийного месторождения показан на фиг. 11.

2. ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАВИЯ

В карьерах Строительства петрографический, как и гранулометрический, состав гравия был далеко не постоянен.

В районах, где расположены наиболее крупные месторождения гравия — Таборское, Гурбан, Игнатовское, Минеевское, Шустинское и др.,

коренные породы оказались покрыты мощным пластом послетретичных ледниковых и послеледниковых отложений, представленных подморенными песками, нижней мореной, межморенными песками и верхней мореной. Нижняя морена представлена глиной и разных размеров валунами: известняка, кремневого известняка, кремня, песчаника от рыхлых разностей до кварцита включительно, метаморфическими сланцами и валунами



Фиг. 12 Типичное геологическое строение одного из районов

различных изверженных кристаллических пород.

На фиг. 12 показано типичное геологическое строение одного из районов.

Наиболее выгодными для разработки оказались валунные пески, среди которых попадались отдельные прослойки гравия.

Петрографическая разборка средних составов гравия по некоторым типичным карьерам Строительства показала соотношения (в %), приведенные в табл. 8.

Таблица 8

Карьеры	Твердые плотные породы и кварциты	Кремень и песчаники	Известковые породы	Слабые породы	Разрушенные породы
Таборский	33,1	10,5	50,3	4,5	1,6
Влахернский	28,2	21,2	45,5	3,2	1,9
Минеевский	65,6	12,6	17,3	2,2	2,3
Орудьевский	60,7	11,2	24,5	1,6	2,0
Ногатинский	60,0	30,0	10,0	—	—

Петрографический состав крупнейшего Таборского карьера: гранита — 9,5—14,5%; кремня — 9,9—16,5%; кварцитов — 17,4—6,5%; слюдистых сланцев—2—0,7%; кварцевых сланцев — 0,4%; глинистых сланцев — 0,6%; амфиболитов — 1,7—0,4%; диабазов— 1,4—1,3%; песчаника — 3,5—4,7%; бурого железняка — 0,2—0,4%; окрашенного известняка—14,5—7,4%; плотного известняка—12,2—17,1%; пористого известняка — 8,6—21,8%; желтого известняка — 17,3—7,2%.

3. СТАНДАРТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ГРАВИЯ

Для выявления морозостойкости гравия с различным содержанием известняка ЦБЛ произвела испытания его в отдельных пробах и в образцах бетона. В отдельных пробах испытание велось двумя способами: ускоренным по ОСТ 3327 и методом 25-кратного замораживания.

При испытании методом 25-кратного замораживания бралась средняя проба гравия навеской в 1 кг и погружалась в воду на трое суток. После определения водопоглощения гравий помещался в холодильник, в котором поддерживалась температура от -15° до -20° . Через 12 час. гравий выгружался из холодильника и помещался в воду комнатной температуры, где и оттаивался в течение 12 час. Попеременное замораживание и оттаивание производилось 25 раз. После каждого цикла испытаний гравий взвешивался и освидетельствовался для выявления признаков разрушения и размывания. Потеря в весе, отнесенная к первоначальному весу (одновременно отмечалось изменение во внешнем виде), характеризовала степень разрушения.

Ускоренная проба производилась следующим образом: средняя проба гравия (щебня) весом около 1 кг, состоявшая примерно из 30 отдельных зерен, помещалась на 20 час. в насыщенный раствор сернокислого натрия при температуре 21° ; потом гравий вынимался из насыщенного раствора и помещался на 4 часа в сушильный шкаф при температуре 100° ; наконец гравий охлаждался на воздухе примерно до температуры раствора и вновь погружался в него на 20 час. Так поступали пять раз.

Результаты некоторых из проведенных испытаний гравия приведены в табл. 9.

В общем работы ЦБЛ не подтвердили равнозначности обоих методов; не наблюдалось также закономерности в результатах испытаний; при испытании гравия ускоренным методом 59% проб показали больший процент разрушения.

На фиг. 13 показан гравий после испытания его методом 25-кратного замораживания.

Большому разрушению подвержены неоднородные известняки; пористые же известняки более подвержены размыванию. При одинаковом содержании известняка наибольший процент разрушения приходился на

Таблица 9¹

Карьер	Карьер				Карьер	Карьер			
	Содержание известняка	Водопоглощение гравия	Разрушение после 25-кратного замораживания	Разрушение при ускоренной пробе		Содержание известняка	Водопоглощение гравия	Разрушение после 25-кратного замораживания	Разрушение при ускоренной пробе
Белый камень . .	41	3,3	4,84	4,5	Татаровский . .	13	2,1	1,96	2,20
"	70	3,4	3,90	13,5	Поповка	25	2,0	0,50	0,10
Влахернский . .	10	1,1	1,90	1,4	Репечиха	40	2,8	3,90	5,90
"	40	1,9	2,90	4,2	Шустино	20	1,8	1,57	2,80
Горицкий	11	0,8	0,40	2,9	"	40	2,0	2,16	2,20
Гурбан	38	2,7	2,60	5,2	"	100	3,2	3,50	8,10
Минеево	39	3,3	0,90	9,9	Ильинское	59	3,0	0,80	3,80
Ивантеевка . . .	43	2,5	2,00	4,7	Комариха	46	2,9	2,72	7,27
Черный	58	1,9	4,80	5,8	Суходольский . .	40	2,1	1,37	3,10
"	50	3,2	1,84	7,3					
Игнатова гора . .	23	1,5	9,60	7,2	В среднем	45,3	2,38	2,71	5,06

¹ Все данные — в процентах.

пробы с более крупным зерновым составом (табл. 10). Это объясняется тем, что под влиянием температурных изменений в зернах возникали большие внутренние напряжения.

Петрографический состав оказывал решающее влияние на объемные изменения гравия — значительно больше, чем влияние гранулометрического состава. Так, при испытании ускоренным методом получены следующие значения

разрушения: доломит — 6,6%; известняк с вкраплениями — 8,0%; железистый известняк — 39,9%; желтяк (слабый известняк) — 59,6%; слюдистый сланец — 7,2%.

Определение степени водопоглощения гравия с различным количеством известняка дало в зависимости от способов и времени водонасыщения результаты, показанные на графиках фиг. 14.

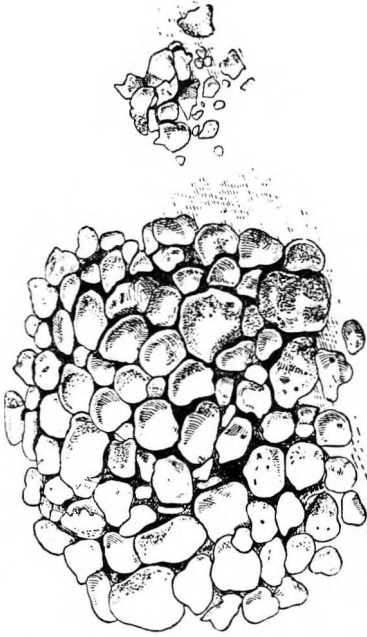
Эти испытания позволили констатировать, что водонасыщение в нормальных условиях достигает предела через 96 час., причем по мере увеличения содержания известняка увеличивается и водопоглощение; при испытании в кипящей воде водопоглощение больше, чем при испытании в нормальных условиях; в кипящей воде предельное водопоглощение гравия твердых пород получается через 2 часа, для гравия с содержанием известняка в опытах этот предел не достигнут и в срок, больший 6 час.

При испытании разных составов гравия попеременным замораживанием и оттаиванием в разных условиях получены результаты, сведенные в табл. 11.

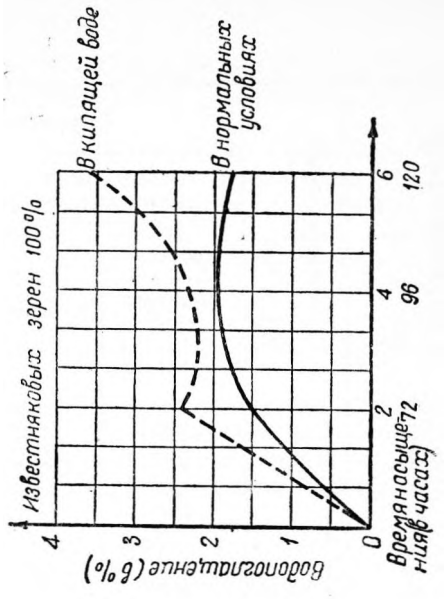
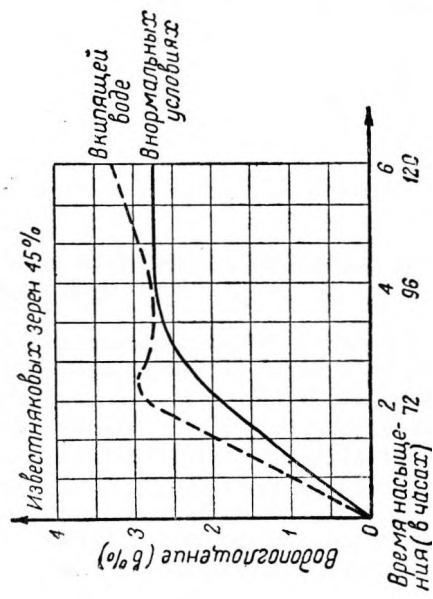
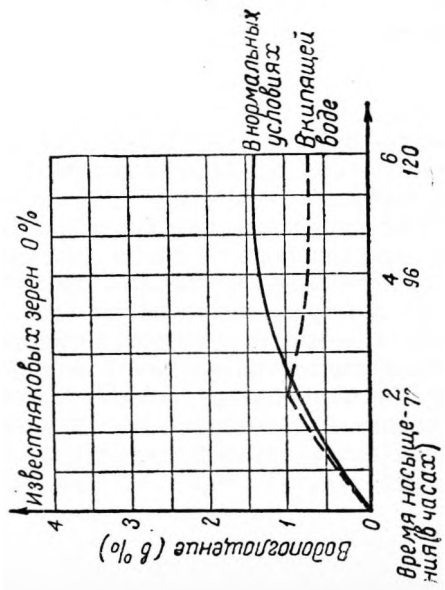
Как видим, при 15-кратном, как и при 25-кратном, замораживании пробы гравия, содержавшие 45 и 100% известняковых зерен, почти во всех случаях водонасыщения при кипячении показали большее разрушение, чем при водонасыщении в нормальных условиях.

Таблица 10

Карьер	Содержание известняка в %	Количество зерен в пробе одного веса	Разрушение в % по весу
Репечиха	49	6	2,9
"	49	32	1,3
Репище	40	16	4,3
"	42	23	1,5
Амерово	30	11	9,0
"	31	21	3,2
Борисово	52	18	16,8
"	53	32	5,0



Фиг. 13. Гравий после испытания на морозостойкость методом 25-кратного замораживания. Смесь из различных карьеров. Содержание известняковых зерен 100%. Процент разрушения зерен — 6,7 (справа)



Фиг. 14. Водопоглощение гравия с различным количеством известняка

Содержание известняка в %	Продолжительность одного замораживания в час.	Разрушение образцов в % при замораживании					
		15-кратном; насыщение водой		25-кратном; насыщение водой		Разрушение при многократном насыщении сернокислым натрием в %	Число циклов испытаний
		при комнатной температуре	при кипячении	при комнатной температуре	при кипячении		
0	} 12	1,09	0,49	2,80	0,80	1,11	} 5
45		3,68	1,65	5,60	3,70	2,50	
100		0,58	2,21	2,30	7,51	9,63	
0	} 6	1,97	0,59	2,70	0,60	0,35	} 3
45		0,68	3,67	1,98	5,43	0,81	
100		2,02	7,51	3,70 ¹	8,66 ¹	3,54	
0	} 4	0,49	0,09	0,49	0,90	0,08	} 2
45		2,81	4,84	3,70	6,20	0,23	
100		1,06	6,79	2,70	7,08	0,40	
0	} 1	0,59	0,19	0,79	0,20	0,08	} 1
45		0,68	5,51	4,42	7,26	0,17	
100		4,41	0,19	8,46	6,37	0,34	

¹ Оттаивание в воде при температуре 40°.

4. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ ИЗВЕСТНЯКА НА КАЧЕСТВО КРУПНОГО ОТОЩАТЕЛЯ

В бетоне гидротехнических сооружений крупный отощатель находится в условиях, совершенно отличных от условий испытания непосредственным замораживанием. В естественных условиях службы бетона в сооружении за основную характеристику строительных свойств гравия следует принять его сопротивляемость совместному действию воды и мороза.

Произведенные в ЦБЛ испытания ставили своей целью выяснить влияние различного содержания известняка и слабых пород в гравии на прочность и морозостойкость бетона.

Гравий испытывался в бетоне постоянного состава:

портландцемента..... 280 кг/м³
 песка.....710 „
 гравия 1189 „

$$\frac{W}{C} = 0,63;$$

цемент—активностью 248—282 кг/см²; гравий—Таборского карьера (искусственно подбирались смеси с содержанием 10, 20, 30 и 100% известняка).

Для сравнения изготовлялся также бетон с гравием из твердых пород, содержавших не более 1,5% известняка.

Гранулометрический состав гравия сохранялся постоянным.

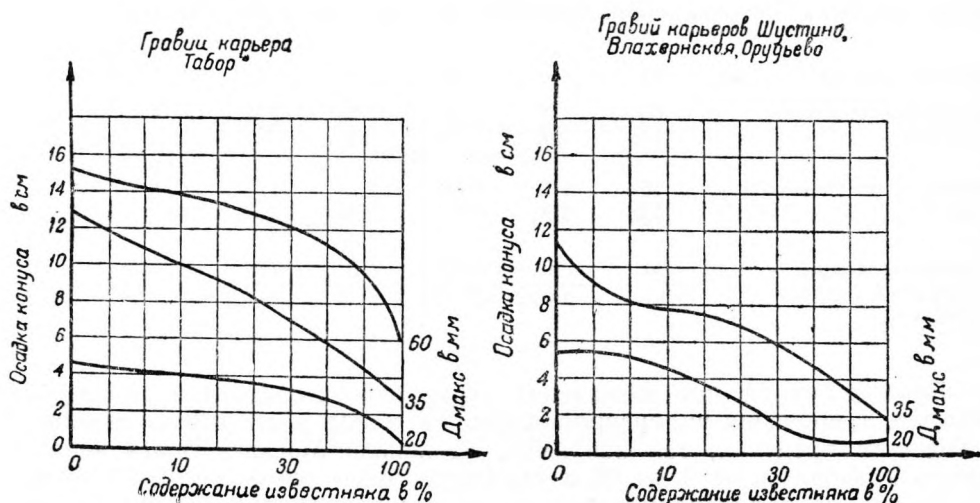
До замораживания бетон хранился при температуре +14,5°. Часть образцов в возрасте 28 дней предварительно насыщалась в течение 5 суток водой и подвергалась замораживанию и оттаиванию, а остальные хранились при температуре +14,5° и относительной влажности 90—95%. Замораживание и оттаивание производились попеременно 25 раз: 11 час. замораживания при температуре от —14° до —20° и 11 час. оттаивания в воде с температурой 10—12°.

На фиг. 15 показано изменение пластичности бетона в зависимости от содержания в крупном отощателе известняка (водопоглощение известняка— 2,8% и твердых пород — 1%).

Испытанию на морозостойкость был подвергнут бетон с гравием Таборского карьера, содержавшим различные количества известняка. В одной серии испытывались бетонные кубики $20 \times 20 \times 20$ см, а в другой серии— кубики $30 \times 30 \times 30$ см. Не приводя подробных цифровых данных этих испытаний, укажем лишь на полученные итоговые результаты.

Прежде всего установлено, что после 25-кратного замораживания и оттаивания бетон с различным содержанием известняка весьма незначительно теряет свою прочность: в некоторых составах падение прочности оказалось почти в пределах точности опыта.

Установлено также, что максимальная потеря прочности замороженных бетонных образцов размером $20 \times 20 \times 20$ см достигает 10—12%. Однако, если после окончания испытаний замораживанием бетону в течение 28 дней обеспечиваются нормальные условия твердения, то он полностью восстанавливает свою прочность.



Фиг. 15. Изменение пластичности бетона в зависимости от содержания в гравии известняка

Исключение составляет лишь бетон с 100%-ным содержанием известняка, у которого показатели прочности несколько отстают.

Эти результаты подтверждены также испытаниями бетонных образцов размером $30 \times 30 \times 30$ см при максимальных крупностях зерен 60 и 35 мм.

В ЦБЛ изучалась прочность бетона с различным содержанием слабой породы. Под слабой породой понимается смесь зерен желтяка, желзняка и слюдистого сланца, взятых в весовом соотношении 1 : 1 : 1. Содержание слабой породы варьировалось в пределах 0—10—15—20 и 100%.

Полученные результаты испытаний позволяют констатировать, что:

1) введение в бетон 5% слабой породы не влияет на прочность бетона; введение ее в количестве 10% сказывается незначительно, но с дальнейшим увеличением содержания слабых пород падение прочности бетона становится все более ощутительным;

2) цементный раствор защищает гравий из известняка от вредного совместного влияния воды и мороза, благодаря чему эти влияния практически ничтожны и никакой угрозы качеству бетона при 25-кратном замораживании и оттаивании не представляют;

3) слабые, размывающиеся и выветривающиеся зерна гравия не должны применяться в гидротехнических бетонах.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕТОНОВ

Бетоны, уложенные в сооружения канала Москва—Волга, делятся на два вида: 1) гидротехнические бетоны, т. е. постоянно находящиеся под действием воды, а при отрицательных температурах — под переменным действием воды и мороза, и 2) обычные бетоны, распространенные в жилищном и промышленном строительстве.

Требования, предъявляемые к этим двум видам бетонов, были резко различны. Если на современном уровне технического развития обычные бетоны могут быть достаточно точно охарактеризованы маркой, т. е. указанием их прочности, то для характеристики гидротехнических бетонов только одной марки недостаточно: не менее важно знать по крайней мере еще два показателя — водонепроницаемости и морозостойкости бетонов.

В связи с этим на строительстве канала марки бетонов определялись с учетом дополнительных требований водонепроницаемости и морозостойкости, обозначавшихся соответственно «+В» и «+М». Таким образом применявшиеся бетоны характеризовались следующими марками:

Обычные бетоны:	45	90	110	130	150	170	210	250	300	350
Бетоны водонепроницаемые	—	$\frac{90}{+В}$	$\frac{110}{+В}$	$\frac{130}{+В}$	$\frac{150}{+В}$	$\frac{170}{+В}$	—	—	—	—
Бетоны морозостойкие	—	$\frac{90}{+М}$	$\frac{110}{+М}$	$\frac{130}{+М}$	$\frac{150}{+М}$	$\frac{170}{+М}$	—	—	—	—
Бетоны водонепроницаемые и морозостойкие	—	$\frac{90}{+В+М}$	$\frac{110}{+В+М}$	$\frac{130}{+В+М}$	$\frac{150}{+В+М}$	$\frac{170}{+В+М}$	—	—	—	—

Вообще говоря, при назначении марки бетона следовало бы дифференцировать требования водонепроницаемости: напор воды может изменяться в больших пределах; так например, на канале Москва—Волга величина напора колебалась от 0 до 18 м. Но отсутствие единой методики испытания бетона на водонепроницаемость, согласованной с прочими показателями производственного бетона, не позволило дифференцировать требования водонепроницаемости, и поэтому к бетонам марки «+В» независимо от величины действующего напора предъявлялось требование водонепроницаемости при давлении в 5 ат. Эта величина давления соответствовала максимальному напору, имеющему место на канале, т. е. 18 м, умноженному на коэффициент запаса k , принятый равным 2,5:

$$kh = 2,5 \cdot 18 = 45 \approx 50 \text{ м.}$$

Под морозостойкостью «+М» понималась сопротивляемость бетона, насыщенного водой, влиянию отрицательных температур. При разбивке бетона сооружения на марки учитывались также колебание горизонтов воды и смачивание бетона волной.

К марке «+В+М» относились бетоны, подвергающиеся одновременно напору воды и действию отрицательных температур. На сооружениях канала, в которых применены бетоны марки «+ В + М», максимальная величина напора была меньше максимального напора на сооружениях с бетонами марок «+ В». Поэтому при проектировании составов бетона считалось, что бетон марок «+ В» работает в более жестких условиях.

Таким образом основным требованием для всех марок гидротехнического бетона следует считать водонепроницаемость. Справедливость этого положения и для бетонов марки «+М» подтверждается тем, что если в бетон не будет проникать вода, то при промерзании он будет лишь изме-

няться в объеме, но никакие разрывающие усилия от перехода воды в порах бетона из жидкой фазы в твердую не будут иметь места.

При проектировании составов водонепроницаемых бетонов ЦБЛ был принят метод абсолютных объемов как наиболее обоснованный и простой.

Схема расчета такова:

- 1) определение расхода воды V_1 в литрах на 1 м^3 бетона по графику $Sl = f(v)$;
- 2) определение расхода вяжущего по кривым зависимости прочности бетона от водоцементного фактора $\frac{W}{C}$;
- 3) определение абсолютного объема воды и вяжущего $V_1 + V_2$, где $V_2 = \frac{C}{d}$, т. е. абсолютный объем цемента (d — удельный вес цемента);
- 4) определение абсолютного объема каменных материалов:

$$1000 - (V_1 + V_2) = V_{к.м.};$$

5) определение отношения абсолютного объема песка к сумме абсолютных объемов каменных материалов:

$$\frac{V_n}{V_{к.м.}} = r;$$

на основании многочисленных опытных данных на Строительстве были приняты следующие оптимальные значения r :

объем пустот в гравии в %	до 40	41—45	Выше 45
	0,37	0,39	0,41

6) определение абсолютного объема песка:

в л: $V_{к.м.}r = V_n$;

в кг: $V_n d_n = P_1$,

где d_n — удельный вес песка;

7) определение абсолютного объема гравия:

в л: $V_{к.м.} - V_n = V_{зп}$;

в кг: $V_{зп} d_{зп} = P_2$,

$d_{зп}$ — удельный вес гравия.

Теоретический вес 1 м^3 бетона:

$$W + C + P_1 + P_2 = P_\sigma.$$

Задания на проектирование состава бетона давались строителями заблаговременно с учетом времени, необходимого для испытания контрольных образцов. Одновременно с заданием в ЦБЛ присылались материалы, из которых должен был изготовляться бетон. В заданиях указывались следующие данные: требуемая марка бетона, для какой части сооружения или конструкции бетон предназначается, метод уплотнения бетонной смеси и требуемая консистенция.

Указанная производителями консистенция бетона проверялась в лаборатории и в ряде случаев корректировалась.

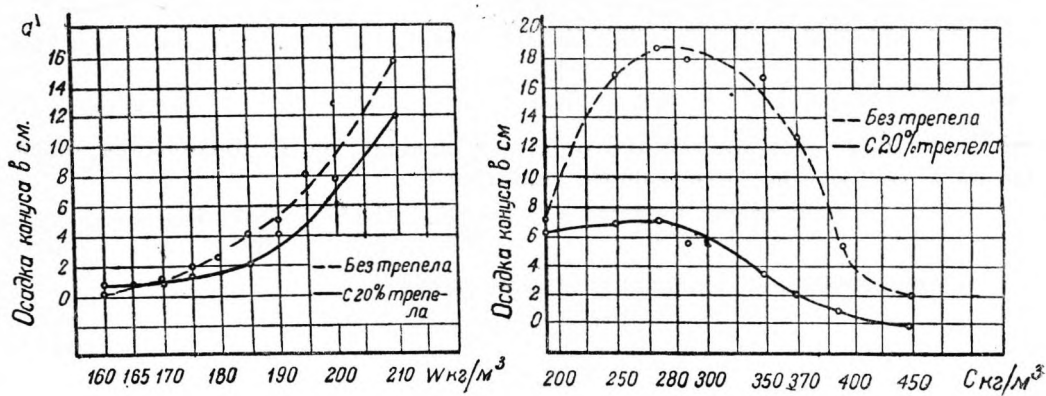
Консистенция и пластичность, назначаемые в соответствии с требованиями удобоукладываемости бетона, обычно определяются общепринятым способом — конусом Абрамса. Между тем этот способ не характеризует удобоукладываемости и удобообрабатываемости бетонов на пуццоланизированных вяжущих, которые нашли весьма широкое применение на строительстве канала. Пластичность таких бетонов при одних и тех же песке и гравии и при одном составе бетона в значительной мере зависит от сорта вяжущего: бетоны на чистом портландцементе более пластичны, чем

бетоны с добавкой трепела; но уменьшение пластичности бетонов с добавкой трепела не сопровождается пропорциональным ухудшением их удобообрабатываемости. При одной и той же пластичности бетоны с трепелом более удобообрабатываемы, чем бетоны на чистом портландцементе: они обладают примерно такой же удобообрабатываемостью, как бетоны на портландцементе, дающие на 2—4 см большую усадку конуса.

Полученная в ЦБЛ зависимость консистенции бетона от расхода воды и вяжущего видна из кривых на фиг. 16.

При постоянном значении g и одних и тех же материалах величина пластичности бетонной смеси по Абрамсу определяется количеством воды, идущей на затворение бетона.

Применение на строительстве отошателей из большого числа карьеров с различными свойствами весьма затруднило назначение составов бетона. Для облегчения этой задачи в лаборатории были запроектированы типовые составы бетона различной пластичности. Эти типовые составы приведены в табл. 12.



Фиг. 16. Зависимость консистенции бетонной смеси от расхода: W —воды и C —цемента

При помощи приведенных типовых составов и графиков определялся расход воды, необходимый в каждом случае для получения требуемой консистенции, причем консистенция эта проверялась на пробном замесе.

Из соображений плотности гидротехнических бетонов были установлены следующие предельные значения $\frac{W}{C}$: при портландцементе — 0,65, при добавке трепела и при пуццолановых портландцементях — 0,67. Минимальный расход вяжущего на 1 да³ бетона был принят при уплотнении вручную 280 кг, а при уплотнении вибрированием — 250 кг.

После определения расхода воды из условий прочности устанавливалось водоцементное отношение. На Строительстве были наиболее распространены цементы прежней марки 00, показывавшие при испытании по ОСТ 5157 активность выше 275 кг/см². При такой активности проектная прочность бетона могла быть получена при $\frac{W}{C}$, более высоком, чем принятое предельное; однако из условий плотности предельное водоцементное отношение сохранялось, а расход цемента увеличивался.

Плотность запроектированных бетонов оценивалась коэффициентами жирности $k_{ж}$ и плотности k_n :

$$k_{ж} = \frac{V_u - V_n^{\alpha_n}}{V_{расств}} 100;$$

$$k_n = \frac{V_{расств} - V_{сп}^{\alpha_{сп}}}{V_{бет}} 100,$$

Таблица 12

№ п/п	Отощатели				$\frac{W}{C}$	r	Расход на 1 м ³ бетона в кг		Сплыв конуса S_l в см
	Наименование карьеров						порт- ланд- цемента	воды	
	песок		гравий						
	$M_{кр}$	% пустот	$M_{кр}$	% пустот					
	Таборский		Таборский						
1	3,06	39,2	7,55	38,0	0,58	0,37	285	163	0,5
2	3,06	39,2	7,55	38,0	0,65	0,37	250	163	0,5
3	3,06	39,2	7,55	38,0	0,74	0,37	220	163	0,5
4	3,06	39,2	7,55	38,0	0,63	0,37	285	180	5,0
5	3,06	39,2	7,55	38,0	0,72	0,37	250	180	5,0
6	3,06	39,2	7,55	38,0	0,82	0,37	220	180	5,0
	Карьер шлюза № 3		Таборский						
7	2,70	38,0	7,55	38,0	0,53	0,37	285	154	0,5
8	2,70	38,0	7,55	38,0	0,61	0,37	250	154	0,5
9	2,70	38,0	7,55	38,0	0,69	0,37	220	154	0,5
	Минеевский		Амеровский						
10	2,62	39,2	7,85	40,9	0,60	0,37	285	154	0,5
11	2,62	39,2	7,85	40,9	0,62	0,37	250	154	0,5
12	2,62	39,2	7,85	40,9	0,70	0,37	220	154	0,5
13	2,62	39,2	7,85	40,9	0,69	0,37	250	172	5,0
	Карьер шлюза № 3		Таборский						
14	2,70	38,0	7,55	38,0	0,69	0,37	250	172	5,0
15	2,70	38,0	7,55	38,0	0,75	0,37	220	172	5,0
	Репечиха		Таборский						
16	1,98	40,0	7,55	38,0	0,67	0,37	285	191	4,0
17	1,98	40,0	7,55	38,0	0,76	0,37	250	191	4,0
18	1,98	40,0	7,55	38,0	0,87	0,37	220	191	4,0
19	1,98	40,0	7,55	38,0	0,60	0,37	255	170	1,0
20	1,98	40,0	7,55	38,0	0,68	0,37	250	170	1,0
21	1,98	40,0	7,55	38,0	0,77	0,37	220	170	1,0
	Строгинский		Строгинский						
22	2,47	37,2	8,11	42,0	0,63	0,41	280	176	6,0
23	2,47	37,2	8,11	42,0	0,70	0,41	250	176	6,0
	Минеевский		Шустинский						
24	2,62	39,0	7,91	41,4	0,63	0,39	280	177	6,0
25	2,62	39,0	7,91	41,4	0,70	0,39	250	177	6,0
26	2,62	39,0	7,91	41,4	0,77	0,39	230	177	6,0
			Минеевский						
27	2,62	39,0	7,61	39,1	0,64	0,39	280	177	6,0
28	2,62	39,0	7,61	39,1	0,77	0,38	230	177	6,0
	Орудьево								
29	2,7	38,7	7,61	39,1	0,64	0,38	280	177	6,0

№ п/п	Отощатели				$\frac{W}{C}$	r	Расход на 1 м ³ бетона		Сплыв конуса SI
	Наименование карьеров						портланд-цемент	воды	
	песок		гравий						
	M _{кр}	% пустот	M _{кр}	% пустот					
	Орудьево		Шустино						
30	2,70	38,7	8,10	42,9	0,64	0,40	280	177	6,0
31	2,72	40,8	7,91	41,4	0,71	0,39	250	177	6,0
			Карьер шлюза № 3						
32	2,72	40,8	7,65	37,5	0,62	0,38	285	177	6,0
33	2,84	40,0	7,65	37,5	0,76	0,37	235	177	6,0
	Орудьево		Орудьево						
34	2,19	37,6	7,04	38,0	0,65	0,34	290	189	7,5
35	2,49	37,0	7,04	38,0	0,65	0,34	290	189	7,5
36	2,49	37,0	7,04	38,0	0,65	0,34	290	189	7,5
	Репечиха		Репечиха и Гурбан ¹						
37	2,18	39,1	7,6	41,0	0,66	0,39	280	185	8,5
38	2,18	39,1	7,6	41,0	0,74	0,39	250	185	8,5
	Котлован плотины 21		Орудьево						
39	2,32	37,0	7,37	39,0	0,55	0,40	320	176	5,5
40	2,32	37,0	7,37	39,0	0,62	0,37	285	176	6,0
41	2,32	37,0	7,37	39,0	0,70	0,37	250	176	6,5
42	2,32	37,0	7,37	39,0	0,80	0,35	220	176	6,0
43	2,32	37,0	7,37	39,0	0,55	0,37	320	176	6,5
44	2,32	37,0	7,37	39,0	0,50	0,38	320	160	1,0
45	2,32	37,0	7,37	39,0	0,56	0,37	285	160	1,0
46	2,32	37,0	7,37	39,0	0,64	0,36	250	160	0,5
47	2,32	37,0	7,37	39,0	0,72	0,35	220	160	0,5
	Котлован плотины 21		Щебень ²						
48	2,32	37,0	8,44	50,0	0,55	0,40	320	176	7,0
49	2,32	37,0	8,44	50,0	0,62	0,40	285	176	6,0
50	2,32	37,0	8,44	50,0	0,70	0,40	250	176	6,0
51	2,32	37,0	8,44	50,0	0,80	0,40	220	176	6,0
52	2,32	37,0	8,44	50,0	0,47	0,40	320	150	1,0
53	2,32	37,0	8,44	50,0	0,53	0,40	285	150	0,5
54	2,32	37,0	8,44	50,0	0,60	0,40	250	150	0,5
55	2,32	37,0	8,44	50,0	0,68	0,40	220	150	0,5
			Орудьево						
56	2,32	37,0	7,37	39,0	0,55	0,37	320	176	6,6
57	2,32	37,0	7,37	39,0	0,62	0,37	285	176	6,6

¹ Смесь гравия и щебня в пропорции 1 : 1.² Получен из камня, вынутого из котлована плотины.

№ п/п	Отощатели				$\frac{W}{C}$	r	Расход на 1 м ³ бетона		Сплыв конуса S'
	Наименование карьеров						портланд-цемент	воды	
	песок		гравий						
	$M_{кр}$	%, пустот	$M_{кр}$	%, пустот					
	Котлован площади 21		Орудьево						
58	2,32	37,0	7,37	39,0	0,70	0,37	250	176	5,0
59	2,32	37,0	7,37	39,0	0,80	0,37	220	176	5,0
60	2,32	37,0	7,37	39,0	0,64	0,37	250	160	1,0
61	2,32	37,0	7,37	39,0	0,72	0,37	220	160	1,0
62	2,32	37,0	7,37	39,0	0,50	0,37	320	160	1,0
63	2,32	37,0	7,37	39,0	0,56	0,37	285	160	1,0
64	2,32	37,0	7,37	39,0	0,70	0,37	285	195,5	20,0
65	2,32	37,0	7,37	39,0	0,58	0,40	285	165	0,2
66	2,32	37,0	7,37	39,0	0,69	0,40	285	191	10,5
67	2,32	37,0	7,37	39,0	0,71	0,40	285	202,5	19,5

где V — абсолютный объем цементного теста;
 V_n^u — стандартный уплотненный объем песка;
 α_n — коэффициент пустотности песка;
 $V_{расрв}$ — абсолютный объем раствора;
 $V_{гр}$ — стандартный уплотненный объем гравия;
 $\alpha_{гр}$ — коэффициент пустотности гравия (щебня);
 $V_{бет}$ — абсолютный объем бетона.

Для бетонов ручной укладки эти коэффициенты были установлены в следующих пределах:

$$k_{юс} = 7 - 11\%; \quad k_n = 14 - 20\%.$$

Обычно проектная прочность задавалась для 28-дневного бетона, проверка же прочности производилась в образцах $20 \times 20 \times 20$ см в возрасте 7 и 28 дней. В отдельных случаях по требованию производства составы проектировались и на другие возрасты. Имели место случаи проектирования состава бетона (для закладных частей) даже на 24-часовой возраст. Достижение проектной прочности в столь короткие сроки обеспечивалось применением высокосортного цемента, ускорителями, созданием повышенных температур при твердении и максимальным уменьшением водоцементного фактора.

Прочностные характеристики обычных бетонов определялись по кривым зависимости прочности от водоцементного отношения, приведенным в «Технических условиях и нормах на проектирование и возведение бетонных и железобетонных конструкций» НКТП, 1934 г.

При проектировании же бетонов на сложном вяжущем с добавкой 20% трепела 28-дневная прочность определялась по тем же кривым зависимости, но уменьшалась на 25%.

Составы бетона, предназначавшиеся для уплотнения виброаппаратами, также проектировались по методу абсолютных объемов. На основании многочисленных опытов и литературных данных расход вяжущего для вибрированного бетона был снижен на 12% по сравнению с расходом вяжущего при ручном уплотнении. Расход воды составлял в среднем 7—7,5% веса сухих материалов (вяжущего, песка и гравия). Содержание же песка

в этих бетонных смесях не снижалось из экономических соображений (гравий дороже песка).

В лаборатории была проведена также большая работа по изучению свойств бетонов с повышенным содержанием песка. Вызывалось это желанием удешевить бетон, так как стоимость 1 м^3 гравия доходила до 45 руб., а стоимость песка составляла в зависимости от дальности транспортирования всего 5—10 руб.

На основании большого числа опытов было установлено, что при расходе вяжущего в 280 кг на 1 м^3 (и, предельном $\frac{W}{C}$) и при гравии с пустотностью до 40% содержание песка в бетонной смеси при заданной пластичности может быть увеличено до $r = 0,39$.

По конусу Абрамса максимальная пластичность бетона была установлена для больших блоков: $0,5—3 \text{ см}$ —для бетона на портландцементе и $0,5—2 \text{ см}$ — для бетона на пуццоланизированном портландцементе; для труб и дюкеров: $4—6 \text{ см}$ — для бетонов на пуццоланизированном портландцементе. Более пластичные бетоны, за редкими исключениями, не применялись из опасения расслоения смеси при уплотнении ее вибрированием.

Запроектированные в лаборатории составы проверялись в производственных условиях на пробных замесах. Проверялся фактический выход бетона, для чего приготовленный по проектному составу замес бетономешалки укладывался в мерный ящик. Если фактический объем замеса не соответствовал запроектированному, то в состав бетона вносились изменения за счет песка и гравия: при меньшем по сравнению с проектным выходе бетона количество отощателей увеличивалось, а при большем выходе — уменьшалось.

ГЛАВА III

ПУЦЦОЛАНИЗАЦИЯ БЕТОНА НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

Практикой гидротехнического строительства и многочисленными исследованиями доказано, что бетоны на пуццолановых портландцементях более устойчивы и долговечны в условиях воздействия на них пресных и большинства минерализованных вод. В связи с этим гидротехнические бетонные и железобетонные сооружения канала Москва — Волга, подвергающиеся постоянному воздействию пресной воды, и некоторые, соприкасающиеся с минерализованными напорными грунтовыми водами (содержащими SO_4 до 540 мг/л), должны были возводиться на пуццолановом портландцементе.

Однако цементная промышленность не могла снабдить Строительство необходимым количеством пуццоланового портландцемента. Поэтому перед Строительством канала встал вопрос о пуццоланизации поставляемого портландцемента собственными средствами. В лаборатории был разработан метод введения непосредственно в бетономешалку трепела в виде трепельно-водной суспензии, что позволило экономить до 20% портландцемента и не требовало специального дорогого оборудования. К достоинствам этого метода следует отнести также то, что при его применении расход рабочей силы повышается весьма незначительно: около 0,002 чел.-дня на 1 м^3 бетона.

В качестве гидравлической добавки был применен трепел Тентиковского месторождения.

Месторождение занимает площадь около 13—15 га и по предварительным данным содержит около $1,7 \text{ млн. м}^3$ трепела. Трепел Тентиковского карьера имеет вид землистой массы с небольшими прослойками уплотненной опоковидной структуры; цвет его — серый и зеленовато-

серый, на отдельных участках переходящий в желтый. Петрографический анализ обнаруживает содержание кристаллических зерен кварца, глауконита, тонких чешуек слюды и остатки ископаемых, главным образом радиолярий.

Химический состав трепела колеблется в незначительных пределах: кремнекислоты — от 67 до 82,27%, полуторных окислов — от 11,37 до 14,07% и окисей кальция и магния — не более 5%. По своему химическому составу трепел Тентиковского карьера относится к трепелам среднего качества.

Физические свойства трепела Тентиковского месторождения следующие: удельный вес — 2,4; объемный вес в зависимости от влажности и способа насыпки — 1,1—1,5; естественная влажность в зависимости от атмосферных условий колеблется в пределах 18—35%.

Основная масса трепела Тентиковского карьера обладает способностью легко распадаться в воде на мельчайшие частицы, которые при взбалтывании образуют весьма устойчивую трепельно-водную суспензию. Это свойство и дало возможность осуществить на строительстве пуццоланизацию портландцементов.

Качество трепелов как гидравлической добавки было проверено различными методами; в частности тентиковские трепелы были в лаборатории специально сравнены с брянскими и хотьковскими трепелами. При испытании образцов методом поглощения извести и выщелачиванием 5%-ным раствором соды лучшие результаты показал тентиковский трепел, а худшие результаты — хотьковский трепел; больший объем осадка при испытании методом поглощения извести показал брянский трепел. Этот трепел дал также лучшие показатели активности в цементных растворах при нормальном и при ускоренном твердении.

Выщелачиванием 5%-ным раствором соды было установлено, что содержание активной кремнекислоты в трепеле колеблется от 3 до 12%. При определении активности трепела методом проф. Юнга поглощение извести составляет от 140 до 212 мг. Сделанные в лаборатории попытки обогатить тентиковские трепелы (были испробованы: прокаливание трепела при температурах от 400 до 1 200°, просев трепела через сита различных размеров и дополнительное измельчение) не дали существенных положительных результатов.

На основании проведенных работ ЦБЛ составила технические условия на трепел, идущий для пуццоланизации портландцемента. Эти условия в основном сводятся к следующему:

1) Присутствие в трепеле опоковидных включений больше 10% по весу не допускается.

2) При определении размера частиц трепела ситовым анализом и на приборе Робинзона остаток на каждом из сит (900, 4 900 и 10 000 отв/см²) должен быть не более 18%, причем сумма всех остатков на этих ситах не должна превышать 50%.

Количество частиц от 0,05 до 0,01 мм должно быть 25—90%; количество частиц от 0,01 до 0,005 мм — 10—40%.

3) Удельный вес трепела должен быть не более 2,40; объемный вес — не более 1 500 кг/м³.

4) Содержание кремнекислоты SiO₂ должно быть не менее 70%, полуторных окислов Fe₂O₃ + Al₂O₃ — не более 15,6%, окисей кальция и магния CaO + MgO — не более 5%.

5) Содержание активной кремнекислоты в трепеле, определенное методом трехкратного выщелачивания 5%-ным раствором соды, должно быть не менее 5%.

6) Совершенно не допускается загрязненность трепела строительным мусором, гравием, песком, остатками растений. Количество органических примесей, определяемых потерей при прокаливании, должно быть не более 3% от веса трепела, высушенного при 110°.

Сравнение нормированного техническими условиями минимального со-

держания активной кремнекислоты с ее фактическим содержанием показало, что в Тентиковском карьере имеются также трепелы, не удовлетворяющие техническим условиям. Поэтому карьер был подвергнут тщательному изучению. Было произведено эксплуатационное бурение и с различных глубин отобрано и испытано свыше 500 проб. Определение активности производилось методом трехкратного выщелачивания 5%-ным раствором соды. Это изучение позволило точно определить участки и пласты необходимого трепела и составить профили, по которым разрабатывался карьер.

Разработка велась ручным способом. Встречавшиеся линзы песка шли в отвал, добытый трепел складывался и до отправки на строительные площадки подвергался контрольным испытаниям. Контрольные испытания и наблюдение за разработкой карьера осуществлялись специально организованной лабораторией, которая снабжала каждую отправляющуюся на работы партию трепела паспортом, указывавшим содержание в нем активной кремнекислоты. Трепел, не удовлетворявший техническим условиям, лабораторией браковался.

Широкому внедрению трепела в производство предшествовала исследовательская работа по изучению свойств бетонов, приготовленных на портландцементе с мокрой присадкой трепела. Эта работа проводилась в центральной бетонной лаборатории Строительства и параллельно в ряде московских лабораторий. Исследования имели своей целью разрешить следующие три основных вопроса: возможность введения трепела непосредственно в бетономешалку в виде водной суспензии (трепельного молока), определение дозировки трепела при присадке его к заводскому портландцементу и влияние введенной трепельно-водной суспензии на свойства бетонных смесей и бетонов.

Таблица 13

Возраст образцов в днях	Способ введения трепела					
	мокрая присадка в виде водной суспензии		предварительное ручное перемешивание		предварительное перемешивание в шаровой мельнице	
	растяжение	сжатие	растяжение	сжатие	растяжение	сжатие
6	12,6	105,5	12,8	101,0	11,5	81,0
15	19,0	146,0	19,0	151,0	18,1	126,0
30	25,2	190,0	24,2	124,0	23,6	172,0
90	29,2	200,0	34,3	252,0	34,0	203,5
180	35,0	237,0	34,3	225,0	39,5	228,0

Для решения первого вопроса были изготовлены одинакового состава бетоны, в которые трепел вводился различными способами. Анализ этих бетонов показал, что во всех случаях трепел равномерно распределяется в бетонной смеси. Одинаковые результаты были получены и при испытании бетонных образцов на сжатие и на растяжение (табл. 13, временное сопротивление в $\text{кг}/\text{см}^2$). Все эти данные подтвердили, что при введении трепельно-водной суспензии непосредственно в бетономешалку качество смешивания трепела с цементом не уступает по полноте смешиванию в шаровой мельнице.

При определении количества добавляемого к портландцементу трепела исходили из следующих соображений: пуццолановые цементы, выпускаемые промышленностью и апробированные многолетней практикой, состоят из 70—65% портландцементного клинкера и 30—35% гидравлических добавок; согласно стандарту портландцементы могут содержать до

15% гидравлических добавок; таким образом для пуццоланизации портландцемента к нему можно примешивать 15—20% гидравлических добавок, не опасаясь ухудшения качества вяжущего.

Учитывая новизну способа введения гидравлической добавки в виде суспензии и отсутствие данных о свойствах вяжущего с добавкой тентиковского трепела, было решено уточнить количество вводимого в бетон трепела. До получения же результатов этих исследований было разрешено добавлять на производстве трепел в следующем количестве: в бетон, подвергающийся попеременному действию воды и мороза, — 10% от веса вяжущего и в бетон, не подвергающийся попеременному действию воды и мороза, — 20%.

Первые опыты определения оптимальной дозировки были проведены над трамбованными растворами по методу, рекомендованному ОСТ 6162 (определение активности кислых гидравлических добавок). В качестве вяжущего был применен портландцемент, полученный путем размола портландцементного клинкера в шаровой лабораторной мельнице. Химический состав этого клинкера таков:

SiO ₂	23,88%	MgO.....	0,68%
R ₂ O ₃	5,50%	SO ₃	0,68%
CaO	70,52%	Потери при прокаливании	0,94%

Клинкер и добавки размалывались отдельно, а затем смешивались в семи различных пропорциях. Испытывавшиеся образцы раствора состава 1 :3 содержали нормальный Вольский песок. Испытания этих образцов показали результаты, приведенные в табл. 14 (временное сопротивление кг/см²).

Таблица 14

Возраст образцов в днях	Соотношение между цементом и трепелом в образцах													
	100 : 0		80 : 20		70 : 30		60 : 40		50 : 50		40 : 60		30 : 70	
	растяжение	сжатие	растяжение	сжатие	растяжение	сжатие	растяжение	сжатие	растяжение	сжатие	растяжение	сжатие	растяжение	сжатие
7	29,0	286,0	32,0	247	25,0	170	21,0	201	22,0	125,0	13,0	98	9,3	57,0
28	31,4	339,5	41,3	206	32,0	306	28,0	282	29,0	204,0	25,0	150	18,0	120,0
90	31,8	353,5	36,2	366	35,0	323	35,0	305	29,3	220,5	27,5	225	25,0	147,5
180	32,1	431,0	37,2	403	34,6	346	35,1	277	27,6	284,0	28,2	236	27,3	204,0

Эти результаты позволили установить следующее:

а) образцы, у которых соотношение между портландцементом и трепелом равно 80 :20, имеют наибольшую прочность;

б) образцы с дозировкой 70:30 и 60 :40 уступают по прочности образцам с дозировкой 80 :20; по сравнению же с образцами чистого портландцемента они имеют временное сопротивление на разрыв большее, а на сжатие — меньшее; однако по абсолютному значению временное сопротивление образцов с дозировкой 70 :30 и 60 :40 все же больше, чем того требуют расчеты гидротехнических сооружений;

в) с увеличением содержания трепела прочность образцов понижается, но непропорционально уменьшению содержания цемента в вяжущем.

Полученные результаты были проверены также и в бетонах. Проверка подтвердила правильность сделанных выводов. Испытания прочности около 600 бетонных образцов позволяют утверждать, что если в возрасте 28 дней прочность бетона на обычном портландцементе с добавками

10, 20 и 30% трепела составляет соответственно 84, 74 и 60% прочности бетона без трепела, то в возрасте 147 дней она повышается соответственно до 92, 78 и 66%. Это свидетельствует о тенденции пуццоланизированного бетона сравнивать в более поздние сроки свою прочность с прочностью бетона на портландцементе.

Окончательный выбор дозировки трепела был сделан после изучения прочности и морозостойкости бетонов на обычном портландцементе одного из заводов, являвшихся основными поставщиками цемента для Строительства. Химический состав этого цемента таков:

SiO ₂	24,50%	MgO.....	0,61%
R ₂ O ₃	9,24%	SO ₃	1,08%
CaO	61,90%	Потери при прокаливании	0,51%

Содержание CaO, SiO₂ и R₂O₃ в цементе указывает на наличие в нем гидравлических элементов ($KH = 0,78$). Активность цемента — 300 кг/см².

Испытанию на морозостойкость подвергались бетоны с добавками 10, 20 и 30% трепела; параллельно для сравнения испытывался бетон без трепела. Учитывая содержание гидравлических элементов в портландцементе, общее количество их в бетонах после добавки трепела определялось цифрами:

$$15 + 10 = 25\%$$

$$15 + 20 = 35\%$$

$$15 + 30 = 45\%$$

Песок и гравий для бетона были взяты из карьера Строительства. Отношение воды к весу сложного вяжущего (водоцементный фактор) был выбран равным 0,63. Расход вяжущего — 280 кг на 1 м³ бетона.

Таблица 15 Морозостойкость испытывалась стандартным для каменных материалов методом, т. е. попеременным замораживанием при температуре не выше —17° и оттаиванием при комнатной температуре. Но замораживания эти производились 25 раз вместо рекомендуемых стандартом 15 раз.

Возраст бетона в момент замораживания в днях	Добавка трепела в % от веса цемента	Потери прочности в %		Восстановление прочности в %
		непосредственно после замораживания	после 28 дней нормального твердения по окончании действия мороза	
3	0	47,0	21,0	26
5	0	14,0	11,0	3
7	0	6,0	3,0	3
28	0	13,0	8,0	5
3	10	48,0	21,0	27
5	10	35,0	7,0	28
7	10	38,0	19,0	19
28	10	13,0	0,0	13
3	20	55,0	21,0	34
5	20	38,0	8,0	30
7	20	43,0	14,0	28
28	20	25,0	11,0	14
3	30	72,0	48,0	24
5	30	54,0	35,0	19
7	30	48,0	18,0	30
28	30	12,0	—	—

Эти испытания показали результаты, приведенные в табл. 15.

Испытания показали, что морозостойкость бетонов на пуццоланизированном портландцементе несколько ниже морозостойкости бетонов на обычном портландцементе. При хранении после замораживания в нормальных условиях бетоны на пуццоланизированном портландцементе весьма заметно проявляют свойство восстанавливать утраченную прочность. У бетонов с 10 и 20% трепела, подвергавшихся замораживанию и последующему

28-дневному твердению в нормальных условиях, относительная потеря прочности того же порядка, что и у бетонов на чистом портландцементе, т. е. 8—11%. Снижение же прочности у бетонов с 30% трепела доходит до 17%. На основании полученных результатов было установлено, что трепел Тентиковского карьера может добавляться в бетоны гидротехнических сооружений, подвергающихся совместному действию воды и мороза, в количестве 20% от веса сложного вяжущего.

Физические свойства бетонных смесей на портландцементе с добавкой 20% трепела значительно отличаются от свойств бетонных смесей на чистом портландцементе. Вследствие большой водопотребности трепела пластичность бетонной смеси, измеряемая по методу Абрамса, значительно уменьшается, смесь делается более вязкой. Но, как уже отмечалось (гл. II), это уменьшение пластичности не сопровождается соответственным ухудшением удобообрабатываемости бетонной смеси.

Большая вязкость бетонных смесей с добавкой трепела уменьшает их расслоение при транспортировании, но в то же время несколько ухудшает прохождение их через бункеры и трубы.

На специальной серии образцов было проверено влияние продолжительности перемешивания на прочность бетонов при различном способе введения трепела. Результаты этих опытов приводятся в табл. 16.

Таблица 16

Возраст образцов в днях	Способ введения трепела	Время перемешивания смеси в мин.			
		1,5	2	2,5	3
Временное сопротивление в кг/см ²					
6	Сухой	57,0	67,0	71,0	59,0
30		167,5	171,0	166,0	163,5
90		256,5	249,0	206,0	207,0
180		250,0	276,0	272,0	237,0
6	Мокрый	64,5	83,5	74,0	56,5
30		202,0	219,5	193,5	210,5
90		272,5	310,0	231,0	236,0
180		276,0	293,0	252,0	212,0

В результате этих испытаний оптимальное время перемешивания было установлено в 2 мин. Дальнейшее перемешивание, как показывает таблица, не дает повышения прочности и даже несколько снижает ее.

Таблица показывает также, что прочность бетонов с добавкой трепела подчиняется закону Абрамса и находится в зависимости от величины водоцементного отношения. С увеличением срока твердения водонепроницаемость бетонов с добавкой трепела возрастает. С увеличением же водоцементного отношения водонепроницаемость уменьшается. Наиболее выгодным для плотности бетонов водоцементным отношением является 0,65—0,67.

Проведенные исследования показали, что трепел является хорошим адсорбентом и, введенный в бетонную смесь, удерживает на своей поверхности воду, постепенно отдавая ее гидратирующимся зернам цемента, вследствие чего процессы гидратации в бетонах с добавкой трепела проходят в более благоприятных условиях. Влажность образцов, хранившихся в одинаковых условиях, указана в табл. 17 (в %).

На качестве бетона значительно отражался также режим его хранения (влажный или сухой). В стандартных образцах бетона, помещенных в раннем возрасте (до 15 суток) в сухую воздушную среду, прочность снижалась. Поэтому в производственных условиях для получения бетона

Сроки хранения в днях	9	24	36	48	60	84	108	132	156
Раствор на чистом портланд- цементе	7,06	—	9,96	10,34	9,25	9,32	9,30	7,13	8,17
Раствор с добавкой 20% трепе- ла	—	19,36	19,86	11,03	11,15	11,02	9,40	9,08	9,61

хорошего качества необходимо в течение первых 25—30 дней твердения создавать нормальный влажный режим.

Усадка бетонов на портландцементе с добавкой трепела несколько больше усадки бетонов на чистом портландцементе: в то время как первые бетоны с 20%-ной добавкой трепела показали усадку 0,313 мм на 1 пог. м, усадка вторых выразилась в 0,240 мм.

Лаборатория провела также исследования, имевшие целью проверить справедливость предположения о том, что активный кремнезем гидравлической добавки связы-

Таблица 18

Сроки твер- дения в днях	Содержание свободной окиси кальция СаО в портландцементе в %		
	без трепела	с 20% трепела	с 30% трепела
3	3,14	5,74	4,47
6	4,65	8,36	7,01
9	6,78	8,66	7,34
12	9,13	5,84	4,00
24	9,76	5,60	5,89
36	10,32	8,30	6,97
48	10,40	8,15	4,80
60	10,44	5,60	3,89
84	—	5,10	3,26
108	10,52	4,20	2,91
132	10,72	5,70	2,80
156	11,88	4,90	2,80

вает свободную из-
весть, выделяющуюся
при гидратации порт-
ландцемента. Для это-
го в образцах раство-
ра на чистом порт-
ландцементе и в образ-
цах, содержавших до-
бавку тентиковского
трепела, в различные
сроки твердения опре-
делялось количество
свободной окиси каль-
ция. Это определе-
ние, производившееся
спирто- глицериновым
методом Лерча-Богга,
в пересчете на чистый
цемент дало следующе-

щее процентное содержание свободной СаО (табл. 18).

Из приведенных данных видно, что в портландцементном растворе содержание свободной окиси кальция возрастает по мере развития процессов гидратации и на 156-й день доходит до 11,88%. В растворах же с добавкой трепела (20 и 30%) максимальное содержание свободной окиси кальция (соответственно 8,30 и 6,97%) было получено в возрасте 36 дней; при дальнейшем твердении содержание СаО уменьшается. В общем в растворах с добавкой 20% трепела содержание СаО оказалось в 2,4 раза меньше, чем в растворах на чистом портландцементе, а снижение содержания свободной извести тем больше, чем большее количество трепела было введено в раствор и чем дольше происходил процесс твердения.

ГЛАВА IV

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ БЕТОНОВ

К началу строительства канала Москва—Волга морозостойкость бетонов была почти не исследована, хотя при оценке материалов гидротехнических сооружений, строящихся на сотни лет, именно это их свойство является одним из важнейших.

Научно-исследовательские организации изучали главным образом бетоны, применяющиеся в промышленном строительстве, и в соответствии

с этим морозостойкость бетонов оценивалась только по изменению их прочности.

Между тем укладывавшиеся в сооружения канала огромные массы бетона с гидравлическими добавками требовали более подробной характеристики. Поэтому ЦБЛ, проводя соответствующие исследования, с самого начала поставила своей целью выяснить влияние воды и мороза не только на прочность, но и на водонепроницаемость, дальнейшее твердение и на изменение структуры бетона.

Разработанной методики испытания бетона, особенно в больших массивах, на сопротивление попеременному действию воды и мороза до этого не существовало. При испытании морозостойкости бетонов обычно пользовались методом, применяемым для каменных материалов и предусматривающим попеременное замораживание и оттаивание образцов небольших объемов (для бетонных образцов от 1 до 8 л). Число замораживаний также не было установлено: в некоторых исследованиях замораживание повторялось 15 раз, в других—25.

В работах ЦБЛ была принята следующая методика испытаний.

Бетонные образцы изготовлялись двух видов: кубики $20 \times 20 \times 20$ см для испытания прочности и плитки $20 \times 20 \times 10$ см для испытания водонепроницаемости.

Перед началом испытаний образцы взвешивались и производилось описание их внешнего вида; затем они насыщались водой. Образцы, подвергавшиеся испытанию в возрасте 5 и 7 дней, насыщались водой в течение двух дней; образцы же, испытывавшиеся в возрасте, большем семи дней, насыщались водой 5 дней.

При испытании 3-дневных образцов предварительное насыщение водой не производилось. После насыщения с поверхности образцов удалялась вода и производилось повторное взвешивание их в насыщенном водой состоянии.

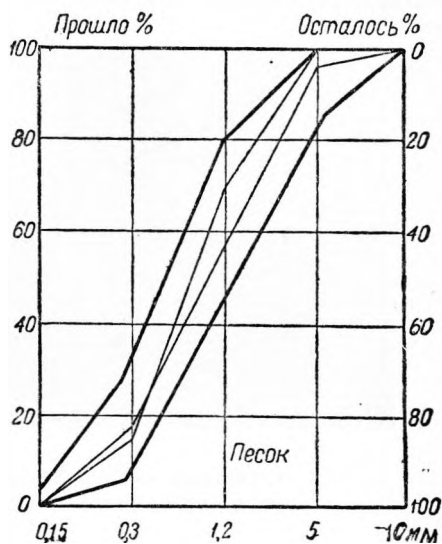
Подготовленные таким образом образцы помещались в холодильную камеру. Замораживание продолжалось 11 час. при средней температуре в камере от -15 до -17° , достигавшей в часы наибольшего охлаждения $-18-20^\circ$.

По окончании замораживания образцы выгружались из холодильной камеры и также на 11 час. помещались для оттаивания в ванны с водой комнатной температуры (около $+15^\circ$).

После оттаивания вода с поверхности образцов удалялась, образцы взвешивались. Обнаруженные при внешнем осмотре изменения регистрировались в журнале испытаний. Попеременное замораживание и оттаивание производилось 25 раз.

Параллельно с замораживавшимися испытывались также образцы, хранившиеся в нормальных условиях.

В начальный момент замораживания испытывались 3 образца; непосредственно после окончания 25 циклов замораживаний и оттаиваний 3 образца и еще 3 образца нормального хранения. Чтобы определить влияние замораживаний на дальнейшее твердение бетона при обеспечении нормальных температур и влажностных условий, по окончании 25 циклов замораживаний и оттаиваний через 28 дней нормального хранения испытыва-



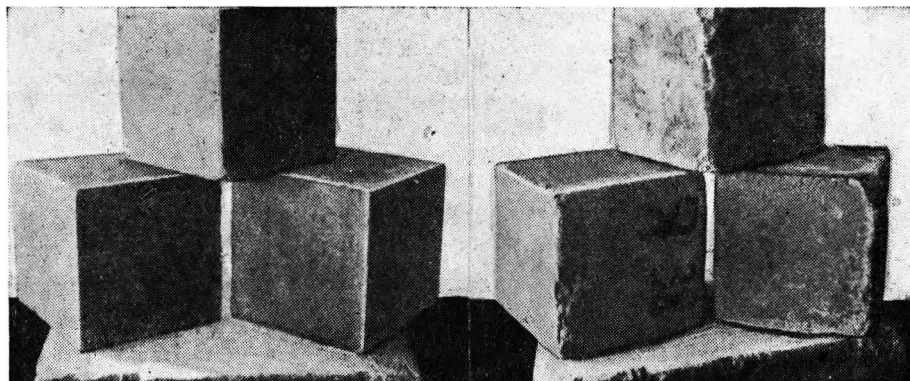
Фиг. 17. Кривые просеивания песка

лись еще 3 образца, подвергавшиеся замораживаниям, и 3 образца, хранившиеся все время в нормальных условиях.

Бетон образцов приготавливался в бетономешалке емкостью 75 л, в которую вводилась водно-трепельная суспензия. В течение трех дней с момента изготовления образцы выдерживались в формах, затем распалубливались и до испытания хранились в камере в нормальных условиях — при постоянной температуре от 15 до 20° и относительной влажности от 90 до 95%. Образцы в камере регулярно поливались водой.

Всего было испытано около 2 000 образцов на сжатие и столько же на водонепроницаемость. Часть образцов была изготовлена из бетона на портландцементе, а часть — на портландцементе с гидравлическими добавками в количестве 10, 20 и 30% от веса сложного вяжущего.

Исследование цемента, применявшихся на строительстве, показало, что отклонения активности цемента отдельных партий от средней не превышают 7%; поэтому цементы были допущены к испытаниям без пересчета получаемых результатов.



Фиг. 18. Образцы бетона 7-дневного возраста: слева — не подвергавшиеся действию мороза; справа — подвергшиеся 25-кратному замораживанию

В качестве гидравлической добавки применялся трепел Тентиковского карьера, в котором содержание активной кремнекислоты колебалось от 6,52 до 11,38%.

Трепел с содержанием 6,5% активной кремнекислоты был применен в бетоне, испытанном в ранние сроки твердения, когда значение активности не могло сказаться.

Песок и гравий для опытов были взяты из Таборского карьера. Для опытов применялся просеянный гравий, состоявший из двух частей 20-мм фракции, трех частей 10-мм и одной части 5-мм. Кривые просеивания песка показаны на фиг. 17.

Для всех серий образцов приготавливался бетон одного состава, различались только сорта вяжущего. При ручном уплотнении, имевшем наибольшее распространение на производстве, был выбран следующий состав бетона: расход вяжущего — 280 кг на 1 м³ бетона и $\frac{W}{C} = 0,63$. При испытаниях уплотнение образцов производилось стандартным методом.

Для определения минимального срока, при котором возможна распалубка бетона, уложенного при отрицательных температурах в тепляках или же по способу термоса, образцы испытывались в возрасте 3, 5 и 7 дней. На фиг. 18 показаны 7-дневные образцы бетона, подвергавшиеся и не подвергавшиеся замораживанию.

Для исследования влияния попеременного действия воды и мороза на бетон, достигший расчетного, требуемого техническими условиями возраста, образцы испытывались в возрасте 28 дней. Кроме того образцы

испытывались в возрасте 60—90 дней — в этом возрасте процессы твердения пуццоланизированных портландцементов соответствуют процессам твердения 30-дневных портландцементных образцов.

В результате этих испытаний были получены кривые зависимости прочности бетонов от возраста и от содержания трепела (фиг. 19).

Результаты испытаний образцов на водонепроницаемость приведены в табл. 19.

Эти испытания позволили сделать следующие выводы:

1) Увеличение содержания трепела в вяжущем уменьшает сопротивление бетона попеременному действию воды и мороза в ранние сроки твердения.

Так, в сравнении с незамороженным бетоном потеря прочности бетона, замороженного в 3-дневном возрасте, увеличивается с 47% при отсутствии трепела до 72% при 30%-ном содержании трепела; для бетона, замороженного в 5-дневном возрасте, потеря прочности соответственно возрастает с 14 до 54% и для бетона, замороженного в 7-дневном возрасте, — с 6 до 48%. Однако эти потери прочности значительно уменьшаются, если подвергшемуся замораживанию бетону обеспечить последующее 28-дневное твердение в нормальных условиях. Бетоны как бы восстанавливают потерянную при замораживании прочность. При этом в образцах в возрасте до 60 дней процессы нарастания прочности идут интенсивнее, чем в образцах, не подвергшихся замораживанию.

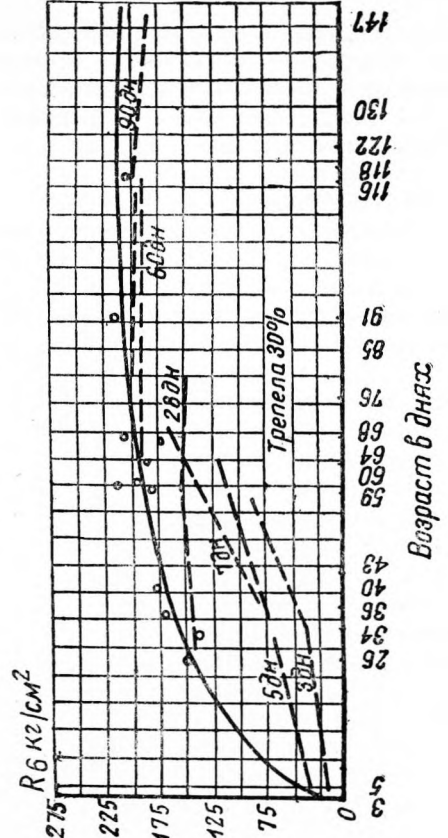
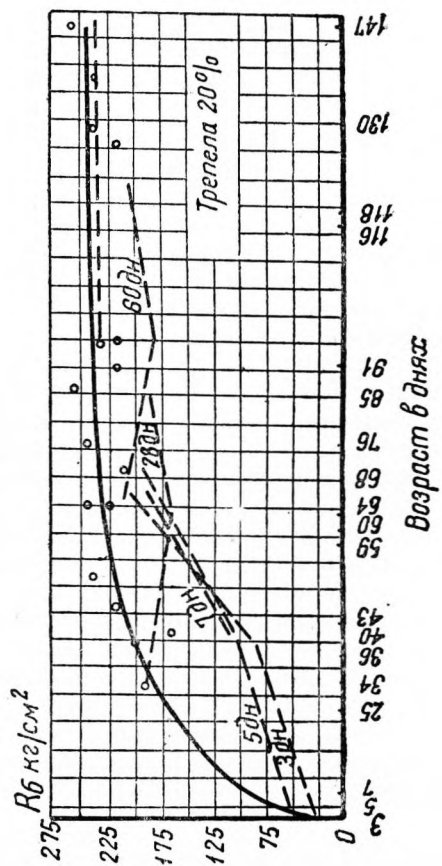
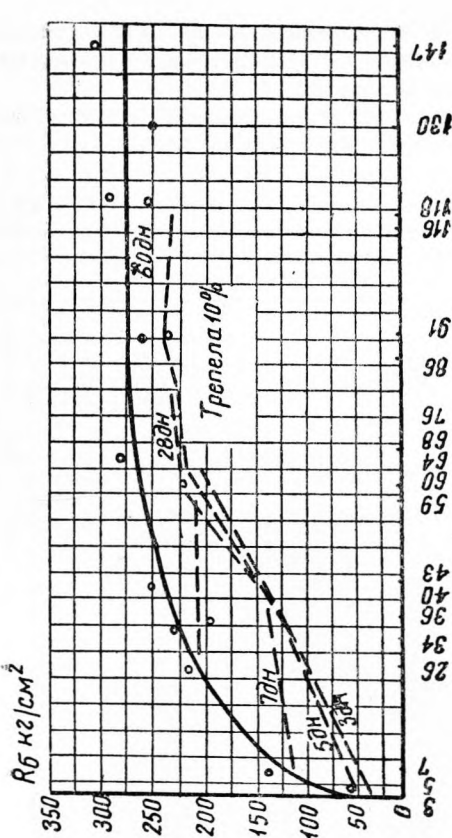
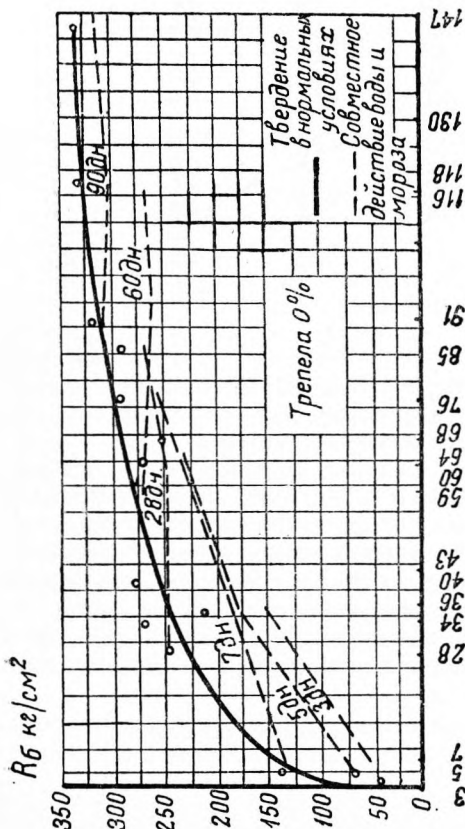
Восстановление потерянной прочности сильнее сказывается в бетонах на вяжущем с гидравлическими добавками и в бетонах, подвергшихся действию отрицательных температур в более ранние сроки твердения.

2) Для бетонов, содержащих до 20% трепела, достаточно 7-дневного твердения в нормальных условиях, чтобы при 25-кратном замораживании были сохранены их прочность и водонепроницаемость. Для бетонов, содержащих 30% трепела, нормальное твердение, необходимое для того, чтобы образцы не испытывали разрушающего действия отрицательных температур, увеличивается до 60—90 суток.

Лаборатория провела также испытания бетонов, подвергнутых повторному 25-кратному замораживанию.

Таблица 19

Содержание трепела в %	Возраст в днях	Давление, при котором образцы оказались водонепроницаемыми, в ат				
		до замораживания	после 25-кратного замораживания		после 25-кратного замораживания и 28 суток нормального хранения	
			замороженные образцы	незамороженные образцы (эталон)	замороженные образцы	незамороженные образцы (эталон)
0	3	2,0	4,5	2,5	5,0	5,0
	5	2,5	5,0	2,0	5,0	3,0
	7	2,0	5,0	2,5	5,0	3,0
	28	1,5	3,0	5,0	5,0	5,0
	60	4,0	2,5	5,0	—	—
	90	5,0	5,0	4,5	5,0	5,0
10	3	—	4,5	2,5	5,0	3,5
	5	2,0	5,0	2,5	5,0	2,0
	7	—	4,5	2,5	5,0	2,5
	28	3,5	5,0	4,5	5,0	4,5
	60	1,5	3,5	2,5	3,0	2,5
	90	2,5	5,0	4,0	3,0	5,0
20	3	1,0	2,5	4,0	5,0	4,0
	5	2,5	5,0	5,0	5,0	4,5
	7	—	4,0	4,0	5,0	5,0
	28	3,0	5,0	5,0	—	—
	60	—	5,0	4,5	5,0	4,5
	90	3,0	3,0	5,0	5,0	5,0
30	3	—	1,5	3,0	3,0	3,0
	5	2,5	5,0	2,5	5,0	5,0
	7	—	2,5	2,5	4,5	5,0
	28	2,5	3,0	3,0	3,0	3,5
	60	—	—	—	—	—
	90	4,0	5,0	3,0	5,0	5,0



Фиг. 19. Влияние совместного действия воды и мороза на прочность бетона в различном возрасте и при различном содержании трепела

Возраст в момент замораживания в днях	Содержание теплота в %	Временное сопротивление на сжатие бетонов, R в кг/см ² и в %															
		до замораживания				после последующего 28-дневного нормального хранения				после последующего 28-дневного нормального хранения							
		непосредственно после 25-кратного замораживания и оттаивания		замороженный образец (эталон)		замороженный образец		незамороженный образец (эталон)		замороженный образец		незамороженный образец (эталон)		замороженный образец		незамороженный образец (эталон)	
R_{62}	%	R_{62}	%	R_{90}	%	R_{90}	%	R_{90}	%	R_{120}	%	R_{120}	%	R_{147}	%	R_{147}	%
28	0	236	82	280	100	267	85	313	100	265	85	314	100	293	96	306	100
	10	221	86	259	100	236	91	260	100	246	93	266	100	260	99	262	100
	20	184	77	214	100	191	90	214	100	115	90	265	100	150	88	287	100
60	0		89			116		116		145		145		176		176	
	10	264	84	303	100	267	87	306	100	319	98	325	100	344	98	351	100
	20	219	96	228	100	251	99	253	100	147	98	147	100	243	93	264	100
90	20	206	81	226	100	201	85	226	100	242	96	258	100	243	96	254	100
	0	305	88	343	100	309	93	332	100	178	87	178	100	203	86	203	100
	10	255	88	250	100	271	89	305	100	265	91	291	100	205	91	205	100
20	224	89	229	100	232	90	256	100	239	93	258	100	201	97	201	100	

Анализ результатов этих испытаний, приведенных в табл. 20, приводит к следующим выводам:

1) Повторное 25-кратное замораживание и оттаивание не оказывает существенного влияния на прочность бетона. При этом бетоны с добавками трепела показывают результаты, не худшие, чем бетоны на портландцементе.

2) По окончании повторного замораживания и при условиях нормального твердения, бетон с трепелом и без него интенсивно восстанавливает утраченную им прочность.

3) Абсолютные величины прочности бетона, содержавшего трепел и дважды подвергнутого 25-кратному замораживанию и оттаиванию, достаточно велики. Так, прочность 150—200-дневного бетона не была ниже 240 кг/см², что говорит о большом запасе прочности: в гидротехнических сооружениях канала наибольшее применение получили марки в 90 и 110 кг/см².

4) При повторном попеременном воздействии воды и мороза бетоны с различным содержанием трепела не теряли свойств водонепроницаемости.

Специальные испытания были проведены для установления длительного и непосредственного действия мороза на прочность бетона. Результаты этих испытаний (в кг/см²) сведены в табл. 21.

Таблица 21

Возраст в момент замораживания в днях	Содержание трепела в %	Продолжительность замораживания в днях	Прочность после замораживания				Прочность после последующего 28-дневного хранения в нормальных условиях			
			R	замороженный образец	незамороженный образец (эталон)	потери прочности в %	R	замороженный образец	незамороженный образец (эталон)	потери прочности в %
28	0	15	R ₄₃	228	271,0	16,0	R ₁₄₀	309	332,0	7,0
28	10	15		216	247,0	12,6		280	317,0	11,7
28	20	15		195	218,0	10,6		234	263,0	11,1
28	0	30	R ₅₉	199	265,5	25,0	R ₁₁₀	261	311,5	16,6
28	10	30		222	258,8	14,3		290	337,0	14,0
28	20	30		144	229,0	37,6		218	256,0	14,8
60	0	15	R ₇₆	289	282,0	0,0	R ₁₆₀	318	367,0	13,8
60	10	15		252	252,0	0,0		316	320,0	1,0
60	20	15		222	240,0	7,5		242	252,0	4,0
60	0	30	R ₉₀	289	298,5	3,3	R ₁₇₅	311	362,0	14,4
60	10	30		215	240,0	10,0		246	291,0	15,0
60	20	30		206	242,0	14,9		236	254,0	7,0

Прочность бетона 60-дневного возраста $R_{\sigma,60}$ после 15-кратного замораживания составила: при 0% содержании трепела — 286, при 10% — 272 и при 20% — 230,5 кг/см²; после 30-кратного замораживания: при 0% содержании трепела — 263, при 10% — 235 и при 20% — 190 кг/см².

Выводы из этих данных таковы:

1) бетон в возрасте 60 дней, замороженный на срок до 30 дней, не изменяет своей прочности: разница между прочностью бетона до и после замораживания не превышает 10%;

2) продолжительное замораживание ни в отношении механических свойств, ни в отношении водопроницаемости не ухудшает сопротивляемости бетонов попеременному действию воды и мороза.

Специальные исследования были посвящены влиянию водоцементного отношения на морозостойкость бетонов.

Для исследования были выбраны два водоцементных отношения — 0,63 и 0,7. Выбор первого отношения обусловлен тем, что по условиям плотности бетонов на строительстве канала наиболее употребительным было $\frac{W}{C} = 0,63$; что касается $\frac{W}{C} = 0,7$, то это отношение, дающее менее плотный бетон, было взято для сравнительной проверки.

В бетоне с $\frac{W}{C} = 0,63$ расход вяжущего был тот же, что и в предыдущих исследованиях; в бетоне с $\frac{W}{C} = 0,7$ расход цемента оставался без изменения, количество воды увеличивалось, количество отощателей соответственно уменьшалось. Материалы, приготовление образцов и метод испытания описаны выше.

Исследования привели к результатам, сведенным в табл. 22.

Таблица

Возраст в момент замораживания в днях	$\frac{W}{C}$	Содержание трепела в % Слив конуса <i>S</i> в см		Показатели бетона до замораживания		Показатели бетона, полученные при испытании									
						после 25-кратного замораживания и оттаивания					после последующего 28-дневного хранения в нормальных условиях				
						временное сопротивление			давление, при котором бетон оказался водопроницаемым, в ат	временное сопротивление			давление, при котором бетон оказался водопроницаемым, в ат		
						R_{59} в кг/см ²		потери в %		R_{85} в кг/см ²		потери в %			
						замороженный образец	незамороженный образец (эталон)		замороженный образец	незамороженный образец (эталон)	замороженный образец		незамороженный образец (эталон)		
28	0,63	0	4,0	2,35	245	243	278	12,6	3,0	5,0	261	283	7,8	5,0	5,0
		10	1,0	2,34	204	209	240	13,0	5,0	4,5	240	240	0,0	5,0	4,5
		20	0,5	2,32	184	165	224	26,3	5,0	5,0	191	214	10,8	5,0	5,0
		30	0,0	2,30	144	155	176	12,0	3,0	3,0	154	187	17,7	3,0	3,0
28	0,7	0	11	2,34	178	186	236	21,2	4,0	1,5	234	252	7	4,5	4,0
		10	9	2,33	164	173	202	14,3	4,0	2,5	205	236	13	5,0	5,0
		20	1	2,32	154	159	174	9,0	—	3,0	173	192	10	5,0	5,0
		30	0	2,31	135	133	177	25,0	3,0	3,0	159	176	10	5,0	4,0

Проведенные опыты подтвердили, что:

1) с увеличением водоцементного отношения попеременное действие воды и мороза сильнее сказывается на прочности и водонепроницаемости бетонов;

2) более водонепроницаемы бетоны с добавкой 10 и 20% трепела;

3) предельное водоцементное отношение для портландцементных бе-

тонов — 0,65; для бетонов на портландцементе с добавкой 10—20% трепела предельное водоцементное отношение может быть увеличено.

Широкие исследовательские работы были поставлены по изучению зависимости морозостойкости бетонов от содержания в гравии зерен известняка различного качества и размера (гл. I). В результате 25-кратного замораживания было установлено, что у бетона с гравием из известняков хорошего качества сопротивляемость попеременному действию воды и мороза не ниже, чем у бетона с гравием из твердых пород.

Бетон со значительным содержанием желтяка больше страдает от действия мороза, чем бетон-эталон.

Изменение бетона под попеременным действием воды и мороза фиксировалось визуальным наблюдением за его формой и микроскопическим наблюдением за его структурой. По наружному виду образцы бетона делились на четыре категории (не считая образцов без какого-либо изменения их внешнего вида):

I — грани образцов не пострадали, ребра и углы в легких щербинках;

II — грани частично изъязвлены, ребра и углы — в щербинках; или грани сохранились, но ребра и углы более сильно повреждены;

III — грани сильно изъязвлены, но не со всех сторон, ребра и углы округлены, или грани повреждены не сильно, как в категории II, но ребра и углы повреждены сильно;

IV — грани, ребра и углы сильно изъязвлены со всех сторон; или грани, как в категории III, но от ребер и углов отпали куски; имеются отпавшие куски или трещины.

В соответствии с этим делением исследованные бетоны были отнесены к следующим категориям (табл. 23).

Таблица 23

Возраст при начале испытания в днях	Содержание трепела в %			
	0	10	20	30
3	1	1	IV	V
7	1	1	III	IV
28 и 60	1	1	II	IV
90	1	1	I	I

Кроме того бетон, содержащий 30% желтяка и больше, относился к категории II, а бетон-эталон и бетон с содержанием 10% желтяка относились к категории I.

По нарушению структуры бетоны были разделены на два вида:

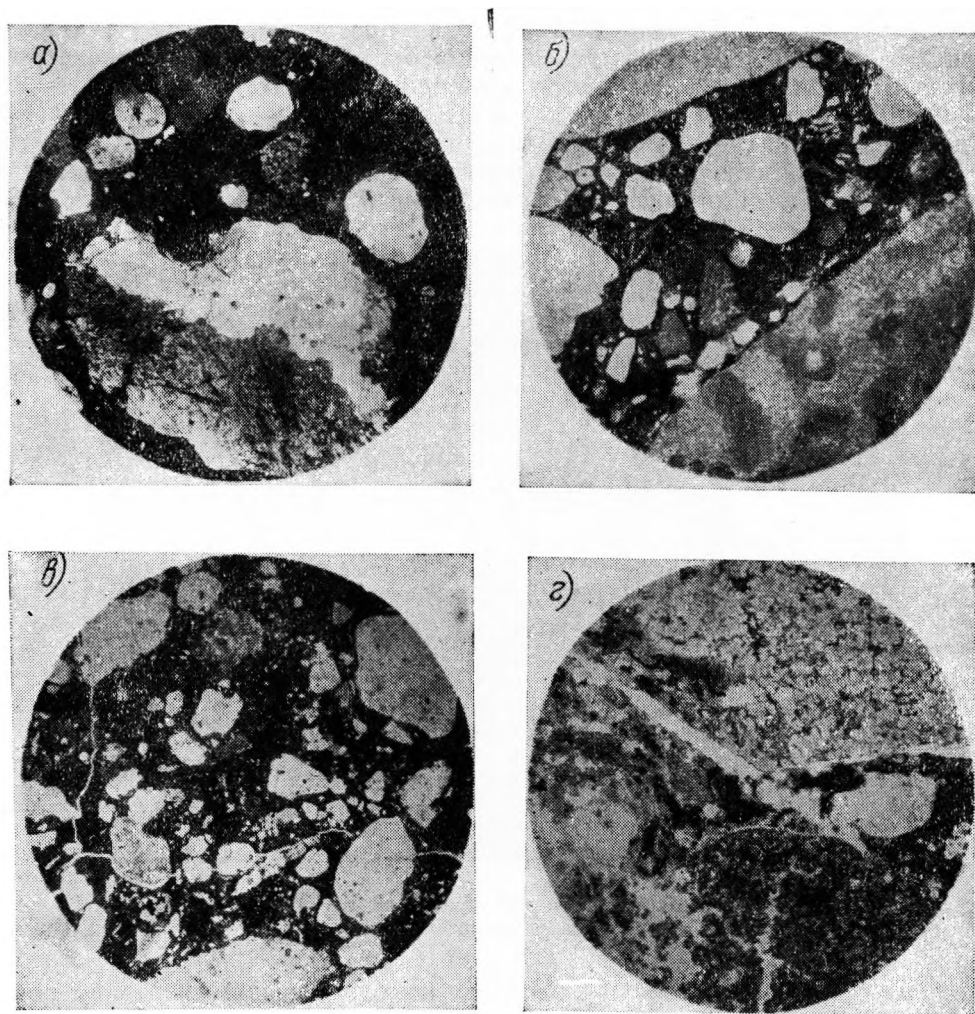
1) Бетон, у которого крупный заполнитель из твердых изверженных пород более морозостоек, чем раствор. Этот бетон распадается из-за того, что сцепление между раствором и гравием или щебнем уменьшается вплоть до полного исчезновения. При этом наружные слои раствора постепенно разрушаются тонкими слоями, и при достаточном числе замораживаний бетон приходит в такое состояние, что зерна гравия и песчинки могут быть свободно вынуты из их гнезд и на их поверхности не обнаруживается даже малейших частиц цементного камня (при гравии или щебне из морозостойкого известняка при тех же условиях связь с цементным камнем сохраняется).

2) Бетон с крупным заполнителем, менее морозостойким, чем раствор. Разрушение начинается с зерен заполнителя, расположенных у поверхности; если разрушающееся зерно лежит под слоем раствора, то на поверхности бетона можно наблюдать воронки, образованные расширением разрушенных зерен, а иногда, при неблагоприятном расположении зерен, часть бетона может отколоться.

Визуальные наблюдения полностью подтверждены микроскопическим изучением структуры бетона. Было исследовано 50 шлифов, изготовленных из 25-кратно замороженного и незамороженного бетона. Для уменьшения выкрашивания образцы проваривались в канадском бальзаме. Под микроскопом изучались нарушения в зернах отощателя и сцепление (контакт) между цементным камнем и отощателем.

Качество сцепления (контакта) делилось на хорошее, если на границе не было трещин, и на плохое, если имелась отслоенность от цементного камня. Нарушения в самом отщателе оценивались суммой трещин и других нарушений структуры.

В результате микроскопического изучения было установлено, что после 25-кратного замораживания структура кварцитов и кремней не нарушается; структура гранитов, кварцевых сланцев, песчаников с кварцевым цементом и плотных известняков нарушается — появляются трещины;



Фиг. 20. Шлифы образцов бетона:

а—сплошное хорошее сцепление кварцевых зерен и известняка и *б*—хорошее сцепление плотного мергелистого известняка и кварцевых зерен в не подвергавшихся замораживанию образцах; *в*—оголенность кварцевых зерен от цементного камня и *г* — оголенность плотного известняка от цементного раствора в образцах, подвергшихся замораживанию

особенно же нарушается, вплоть до раздробления, структура пористых известняков, мергелистых известняков и желтяка.

После 25-кратного замораживания сцепление с цементным раствором сохранялось у песчаника с кварцевым цементом; у гранитов, кварцитов, кремней, плотных известняков обнаруживалось ослабление контакта; в пористых и мергелистых известняках и желтяках контакт сильно ослаблялся, а у кварцитового сланца — нарушался полностью.

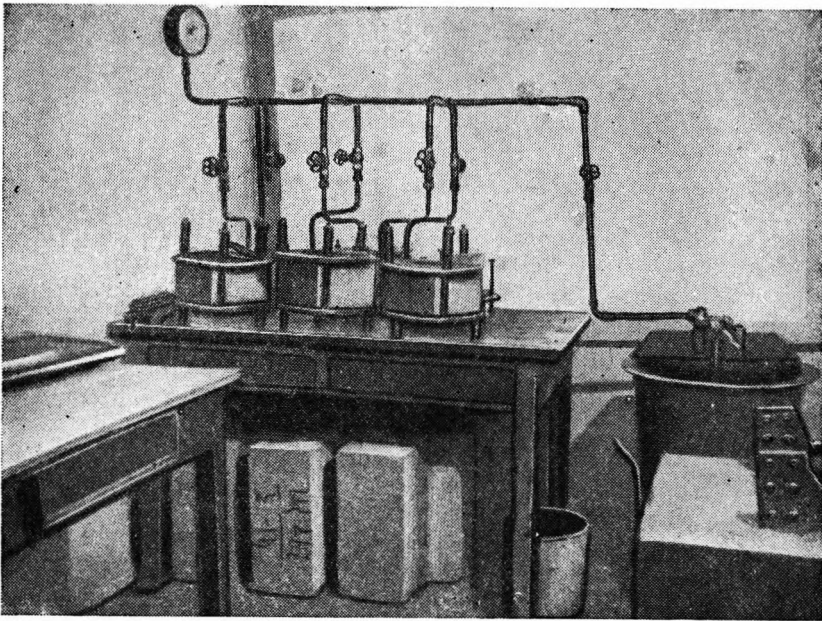
На фотоснимках (фиг. 20) показаны шлифы образцов с различной степенью контакта.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ БЕТОНОВ

Водонепроницаемость является одной из важнейших характеристик материалов, предназначенных для возведения гидротехнических сооружений. Однако водонепроницаемость бетона, одного из наиболее распространенных материалов в гидротехническом строительстве, изучена недостаточно. Соответствующая литература чрезвычайно бедна. Стандартного метода испытания на водонепроницаемость также нет. Не сконструирована и необходимая для такого испытания аппаратура.

После многочисленных опытов в ЦБЛ была принята следующая методика испытания бетона на водонепроницаемость.

Образца придавалась форма плиток размером $20 \times 20 \times 10$ см. Три таких образца подвергались одновременному испытанию на приборе типа



Фиг. 21. Прибор типа Бурхарца для испытания бетонных образцов на водонепроницаемость

Бурхарца (фиг. 21): в течение 1 часа они находились под давлением воды в 0,5 ат, затем через каждый час давление увеличивалось на 0,5 ат и через 10 час. доводилось до 5 ат, установленных из максимального давления воды на сооружении канала и коэффициента запаса, принятого равным 2,5.

Каждый час испытываемые образцы осматривались, и появление в открытой верхней грани образца сырости и капель отмечалось в журнале (табл. 24).

Из большого числа испытанных образцов ни один не пропустил воду сквозь толщу 10 см даже при максимальном давлении; появление воды обнаруживалось на боковых гранях.

Испытывая образцы тех же составов, возрастов, водоцементных отношений и методов уплотнения, что и образцы, испытывавшиеся на морозостойкость, ЦБЛ получила данные, сведенные в табл. 25, 26 и 27.

Из табл. 25 следует, что с возрастом и увеличением гидравлической добавки в бетоне появляется тенденция повышения водонепроницаемости.

Форма журнала для записи результатов испытаний бетона на водонепроницаемость

№ п/п	№ образца	Для какого со- оружения предна- значен бетон	Материалы образца (расход — в кг/м ³)				Показатели образца						
			цемент		трепел	песок	щебень, гравий	осадка ко- нуса	вес	объем	объемный вес	дата затво- рения	возраст к моменту испытания
			рас- ход	актив- ность									

Продолжение табл. 24

№ п/п	№ образца	Дата испытания	Давление		Замеченные явления (появление воды)							
			время подня- тия час. и мин.	величина дав- ления в ат	на верхней плоскости	на боковых плоскостях						
						1	2	3	4			

Таблица 25

Возраст в днях	Содержание тре- пела в % от слож- ного вяжущего	Давление в ат, при котором бетон водонепроницаем	Примечание	Возраст в днях	Содержание тре- пела в % от слож- ного вяжущего	Давление в ат, при котором бетон водонепроницаем	Примечание
5	0 10 20 30	2,5 2,0 2,5 2,5	Среднее из трех образцов	90	0 10 20 30	5,0 4,5 4,5 3,0	Среднее из шести образ- цов
30	0 10 20 30	2,5 2,5 4,0 2,5	Среднее из 12 образцов	120	0 10 20 30	4,5 3,5 5,0 3,5	Среднее из шести образ- цов
60	0 10 20 30	3,0 3,5 5,0 3,5	Среднее из 12 образцов	150	0 10 20 30	5,0 5,0 5,0 5,0	Среднее из трех образцов

Возраст в днях	$\frac{W}{C}$	Содержание трепела в % от веса сложного вяжущего	Давление в ат, при котором бетон водонепроницаем	Возраст в днях	$\frac{W}{C}$	Содержание трепела в % от веса сложного вяжущего	Давление в ат, при котором бетон водонепроницаем
28	0,63	0	5,0	28	0,7	0	1,5
		10	4,5			10	2,5
		20	5,0			20	3,0
		30	3,0			30	3,0
60	0,63	0	5,0	60	0,7	0	4,0
		10	4,5			10	5,0
		20	5,0			20	5,0
		30	3,5			30	4,0

Таблица 27

Возраст в днях	Содержание трепела в % от веса сложного вяжущего	Давление в ат, при котором бетон водонепроницаем	
		ручное уплотнение	уплотнение вибрированием
7	0	2,0	3,0
	10	2,0	4,5
	20	2,5	3,0
	30	2,5	—
30	0	1,5	4,0
	10	3,5	3,5
	20	3,0	4,5
	30	2,5	5,0
60	0	5,0	4,0
	10	4,5	5,0
	20	5,0	5,0
	30	3,0	5,0
120	0	4,5	5,0
	10	4,0	5,0
	20	5,0	5,0
	30	3,0	5,0
150	0	5,0	5,0
	10	5,0	5,0
	20	5,0	5,0
	30	5,0	5,0

Данные табл. 26 позволяют сделать следующие выводы:

1) подтверждена правильность положения, что для водонепроницаемых бетонов на портландцементе $\frac{W}{C}$ не должно превышать 0,65;

2) при увеличении $\frac{W}{C}$ до 0,7 водонепроницаемость бетона в 28-дневном возрасте незначительна и заметно повышается только к 60-дневному возрасту;

3) бетоны с гидравлическими добавками более водонепроницаемы, чем бетоны на чистом портландцементе, поэтому на строительстве предельное водоцементное отношение для бетонов на пуццоланизированных портландцементях было увеличено до 0,67.

Бетоны, испытание которых отражено в табл. 27, отличались только тем, что для вибрированных бетонов водоцементное отношение было принято равным 0,59 вместо 0,63.

Боковые поверхности этой серии образцов покрывались гидроизоляционным слоем состава: 1 часть цемента, 3 части песка, 1 часть жидкого стекла плотностью 35° Вё.

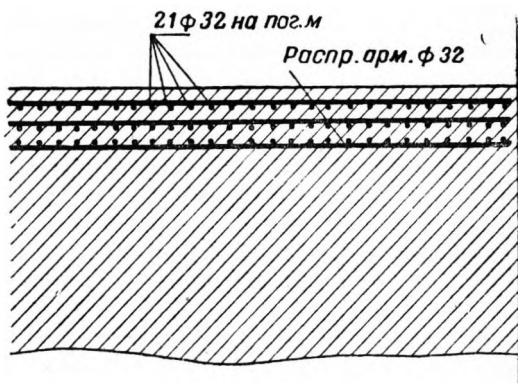
Необходимо отметить, что при принятом количестве воды бетонная смесь оказалась весьма плохо укладываемой и плохо уплотняемой, вследствие чего на поверхности граней образцов появилась раковистость.

Однако, несмотря на плохую укладку, приведенные в табл. 27 результаты показывают, что бетоны на чистом и на пуццоланизированном портландцементе, уплотненные вибратором, более водонепроницаемы, а стало быть, и более плотны, чем бетоны ручной обработки. Это особенно сказывается в ранние сроки твердения.

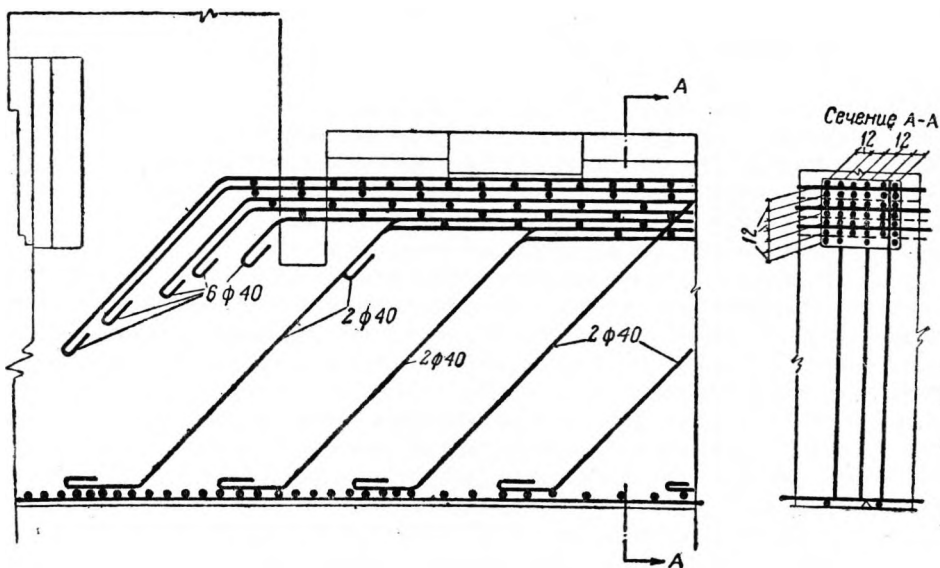
Специальные испытания показали, что замораживание бетонов в возрасте до 7 дней при $\frac{W}{C} = 0,7$ снижает их водонепроницаемость непосредственно после замораживания. Если же после замораживания бетону дать возможность твердеть в нормальных условиях, то его водонепроницаемость снова повышается.

Кроме лабораторных испытаний на водонепроницаемость проверялась также плотность бетона, уложенного непосредственно в сооружения канала: в бетоне сооружения бурились скважины, в которые нагнетались под давлением воздух и вода.

Бурение скважин глубиной до 2,5 м производилось перфораторами типа БМ-13 (диаметр скважин — 50 мм). Скважины большей глубины бурились станками «Сандерсон» (диаметр скважины—150 мм). После пробу-



Фиг. 22. Схема армирования сеткой дна камеры шлюза



Фиг. 23. Схема армирования пакетами дна камеры шлюза

ривания скважины промывались водой под давлением, после чего подвергались испытанию.

Полученные результаты показали, что плотность бетона в сооружениях канала неоднородна. Наряду со скважинами, не пропускавшими ни воздуха, ни воды, имелись скважины, фильтровавшие воду. В отдельных местах фильтрация доходила до 70—100 л/мин при давлении в 2—2,5 ат.

Объяснение этого явления находится в записях лабораторных журналов: в некоторых случаях не выдерживались указания инструкции о сро-

ках вибрирования, установлено наличие в блоках неликвидированных гнезд гравия, недостаточное уплотнение бетона у арматуры, недостаточная очистка подготовленных к бетонированию блоков, плохой уход за уложенным бетоном. Отсутствие же фильтрации соответствует местам, в которых укладка бетона произведена удовлетворительно.

Следует отметить, что фильтрация воды (а стало быть, и плохая укладка бетона) наблюдалась главным образом по рабочим швам между блоками и по арматуре.

Дело в том, что предусмотренное проектом армирование не всегда было удобным для производства работ. На фиг. 22 показано армирование сеткой днища камеры шлюза, на фиг. 23 — армирование пакетами днища камеры. Оба типа армирования представляют значительные трудности для правильной укладки и уплотнения бетона. При наличии верхней сетки (фиг. 22) укладчикам приходилось уплотнять верхние слои бетона в весьма тяжелых условиях, работая под сеткой из четвереньках; не менее трудно было проработать бетонную смесь при наличии пакетов (фиг. 23). Такой же помехой оказалась и противооткольная сетка из 2—3-мм проволоки с ячейками 25×25 или 30×30 мм, устанавливавшаяся в наружном слое бетона в стенах камер шлюзов.

ГЛАВА VI

УПЛОТНЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ МЕТОДОМ ВИБРИРОВАНИЯ ¹

Первые литературные данные об иностранном опыте уплотнения бетонной смеси вибрированием относятся к 1930 г.² Тот факт, что под влиянием частых сотрясений бетон уплотняется, был известен еще с 1890 г., но практически на производстве вибрирование нашло себе применение лишь в 1917 г. (во Франции — ангар в Орли, мост Полюгастень, мост Сен-Пьер). Однако и после этого вибрирование все же оставалось в эмбриональном состоянии в течение более чем 10 лет. Его развитие задерживалось отсутствием серийного производства специальной вибрационной аппаратуры. Массовый выпуск такой аппаратуры (преимущественно пневматической) начался во Франции только с 1928 г. и в Америке (преимущественно электрической) — с 1929 г. С этими датами совпадает и начало широкого применения вибрирования на зарубежных стройках.

В СССР первые опыты вибрирования бетона относятся к 1933 г., т. е. совпадают по времени с началом бетонных работ на строительстве канала Москва — Волга. Днепрострой первый в СССР поставил изучение свойств вибрированного бетона и сконструировал первые образцы советских вибраторов (пневматический наружный, электромоторный поверхностный). В производственных условиях Днепростроя вибрирование бетона нашло незначительное применение, преимущественно на постройке днепровских комбинатов, но разработанные на Днепрострое пневматические вибраторы изготовлялись и применялись также на Дзержинстрое и других стройках.

Строительство Свирь-3, как и Днепрострой, приступило к освоению метода вибрирования уже в период окончания основных бетонных работ (1933 г.). В этой работе Строительство поддерживало тесную связь с Ленинградским институтом сооружений (ЛИС), в котором было разработано несколько типов вибраторов (наружный и поверхностный электромагнитные, поверхностный электромоторный, вибробулава). Эти вибраторы, изготовленные в нескольких экземплярах (по некоторым типам в количестве двух-трех десятков), нашли применение на бетонных работах

¹ Подробное описание всех изложенных в настоящей главе вопросов см. в журнале «Москвалогострой» № 1, 3 и 6, 1935, № 3, 1936 и в книге П. М. Миклашевского «Вибрирование бетонной смеси».

² Freyssinet, Le béton vibré et pervibré, «Génie Civil» № 6, 1930.

Свирьстрой второй очереди. Отсутствие необходимой производственной базы для изготовления вибраторов ограничило их применение на Свирьстрое бетонированием нескольких опытных блоков объемом не более 180 м³ каждый.

Кроме Днепростроя и Свирьстроя изучение вибрирования велось в ЦИС НКПС, ЦНИПС и НИБ Союзстромстроймашины. Но работы эти почти не выходили за рамки лабораторных экспериментов.

Таким образом к началу строительства канала Москва — Волга, хотя и были очевидны все крупные преимущества вибрационного метода уплотнения бетона, однако достаточного опыта практического его применения на стройках еще не было. Многие вопросы технологического вибрированного бетона оставались неясными, причем некоторые из имевшихся выводов противоречили один другому. Теории вибрирования бетона и методики проектирования вибраторов не было. Вибраторы изготовлялись кустарным образом в небольшом количестве и ни один из них не прошел длительного испытания в производственных условиях.

Все это поставило перед работниками строительства канала ряд серьезных вопросов, требовавших быстрого разрешения, с тем, чтобы полученные выводы были немедленно применены на производстве. Важнейшими из этих вопросов были: разработка необходимых типов вибраторов, исследование их работы, организация серийного производства их и изучение технологии вибрированного бетона.

Применение вибраторов на бетонных работах канала началось с осени 1934 г. План бетонных работ на 1935 г. превышал 1 млн. м³. Для уплотнения такого количества бетона методом вибрирования необходимо было около 1 000 вибраторов. Эти цифры определяли широту и темпы тех работ, в результате проведения которых, 55% общей кубатуры бетона на канале было уложено с применением вибрирования.

1. ВЫБОР ТИПОВ И РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ВИБРАТОРОВ

В соответствии с разнообразием условий укладки бетона на строительстве канала была предусмотрена разработка следующих типов вибраторов: виброрешетка, поверхностный вибратор, салазочный вибратор, стержневой вибратор, тисковый вибратор, виброулава и всплывающий вибратор.

Из этих типов в СССР были лишь образцы поверхностных вибраторов (Днепрострой, ЛИС, Свирьстрой, НИБ Союзстромстроймашины) и электромоторного всплывающего вибратора (Стройпроектмашина).

При выборе энергии для вибраторов Строительство с самого начала остановилось на электроэнергии, которая имела по всей трассе канала, применение же сжатого воздуха требовало создания ряда специальных компрессорных установок. Кроме того имелись данные о том, что вибраторы, работающие сжатым воздухом, требуют значительно большей затраты энергии, чем электровибраторы (более, чем в 3 раза).

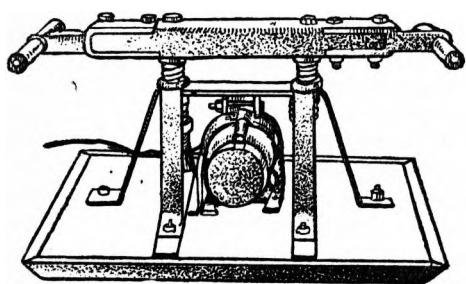
Поверхностные вибраторы. Первым на строительстве канала был применен поверхностный вибратор с мотором завода «Динамо» мощностью 0,65 л. с. Этот вибратор, прототипом для которого послужил поверхностный вибратор Стройпроектмашины, был изготовлен на механическом заводе Строительства. Он имеет рабочую доску 90 × 60 см. Вес каждого эксцентрика—1,4 кг, эксцентриситет — 1,1 см, кинетический момент обоих эксцентриков — около 3,0 кгсм. Эксцентрики расположены на валу мотора. Общий вес вибратора — 65 кг.

Опыт работы с этим вибратором позволил сделать следующие выводы:

1) размещение эксцентриков непосредственно на валу мотора удобно в эксплуатации, но требует специально сконструированного мотора, у которого вал и подшипники приспособлены к восприятию значительной центробежной силы эксцентриков; 2) значительный вес вибратора вызывает большие затруднения в эксплуатации, особенно при переноске вибра-

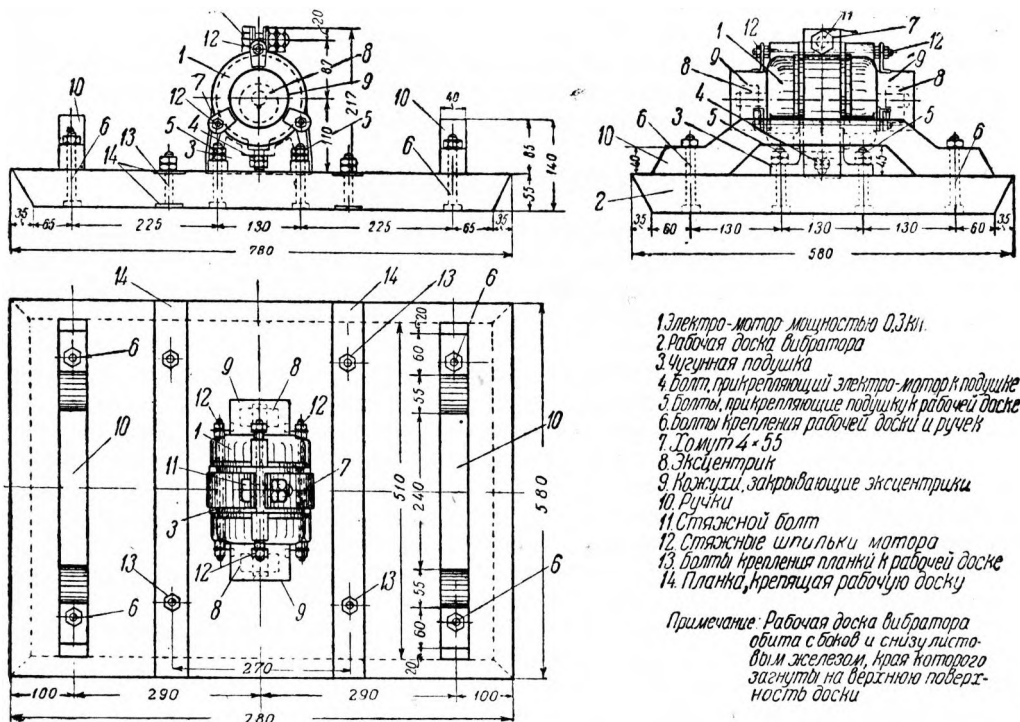
торов и опускании вибраторов в блок. Эти выводы были учтены при составлении технических условий на вторую модель поверхностного вибратора, получившую в последующем широкое распространение и ставшую известной под названием «Спартак». Общий вид этого вибратора показан на фиг. 24, а схема устройства—на фиг. 25.

Первоначально новые типы вибраторов проектировались по заданиям ЦБЛ Стройпроектмашиной. Одновременно Строительство пыталось передать заказы на изготовление вибраторов заводам НКТП. Однако эти попытки не увенчались успехом. Стало очевидным, что в изготовлении вибраторов Строительство должно рассчитывать только на свои силы. Таким образом возник вопрос об организации производства, а также проектирования вибраторов на Люберецком заводе «Спартак». Непосредственное руководство этой работой было поручено консультанту ЦБЛ бригаинженеру П. М. Миклашевскому (умер в 1938 г.).



Фиг. 24. Поверхностный вибратор «Спартак»

Поверхностный вибратор типа «Спартак» (фиг. 25) имеет рабочую доску размерами поверху 58×78 см, а понизу — за счет скоса со всех



Фиг. 25. Схема устройства поверхностного вибратора «Спартак»

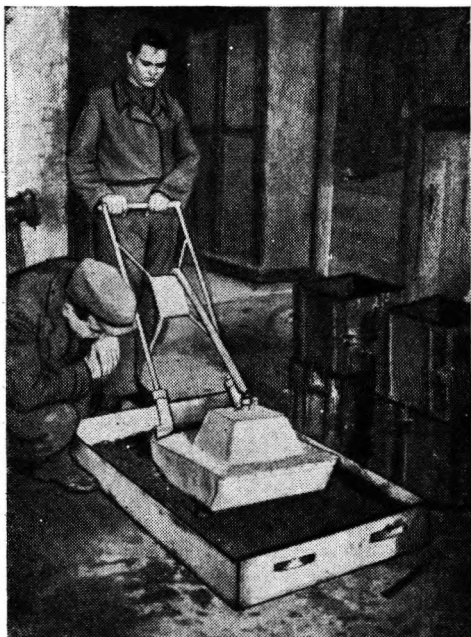
четырех сторон — 50×70 см. Нижняя поверхность и скосы доски обиты листовым железом толщиной $1-1\frac{1}{2}$ мм. На доске установлен асинхронный электромотор трехфазного тока мощностью 0,3 кв.

Большинство моторов вибраторов рассчитано на питание электроэнергией с напряжением $\frac{\lambda}{\Delta} = \frac{220}{127}$ в. Так как в основной электросети Строительства имелось напряжение 380 в, то для обеспечения работы вибра-

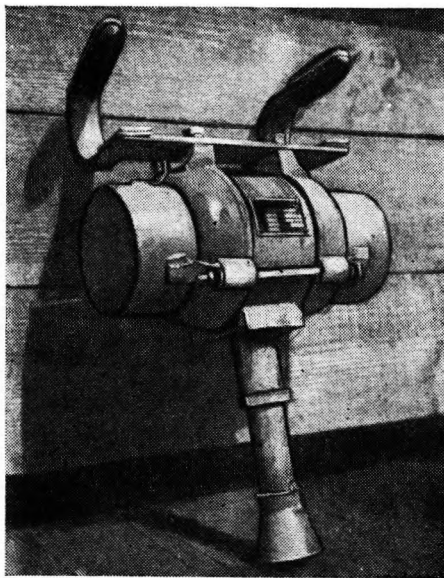
торов при напряжении 220/127 в потребовалось изготовить специальные понижающие трансформаторы. Несмотря на это, решение о переходе на пониженное напряжение было несомненно правильным, так как понижение напряжения уменьшало опасность поражения током лиц, работавших с вибраторами.

Как у вибраторов с моторами «Динамо», так и у поверхностных вибраторов «Спартак» эксцентрики насажены непосредственно на вал электромотора. Размеры рабочей доски поверхностного вибратора «Спартак» и величина кинетического момента эксцентриков — 2,6 кгсм (два эксцентрика весом по 1 кгс эксцентриситетом 1,3 см) были установлены после проведения в ЦБЛ ряда экспериментальных работ.

Для удобства перемещения вибратор вначале был снабжен высокими ручками с двойным пружинным амортизатором. Работа на вибраторе такого типа требовала участия двух человек. Кроме того высокие руч-



Фиг. 26. Салазочный вибратор



Фиг. 27. Первая модель стержневого вибратора

ки увеличивали габариты и вес вибратора, что затрудняло работу с ним, в особенности при частой арматуре. Ввиду этого у большинства вибраторов высокие ручки были впоследствии заменены низкими скобами, а перестановка их производилась одним рабочим с помощью изолированного металлического крючка. Это позволило снизить вес вибратора до 45 кг.

Поверхностные вибраторы «Спартак», выпущенные Люберецким заводом в количестве около 2 000 шт., явились для строительства канала основным типом.

С а л а з о ч н ы е в и б р а т о р ы. Вибратор салазочного типа (фиг. 26) предназначался для проработки бетона у опалубки, имеющей наклон в сторону бетона.

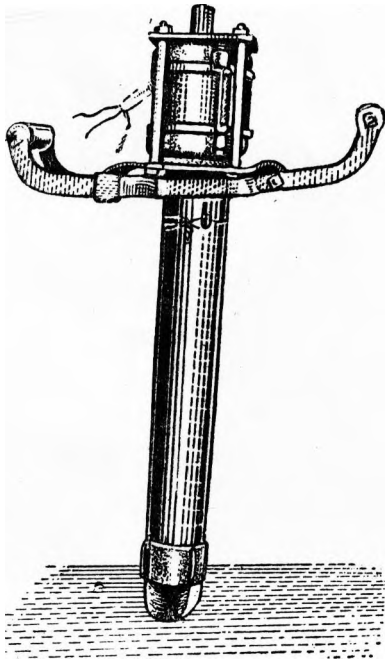
Корпус этого вибратора — металлический, закрытый со всех сторон. Внутри его установлен такой же мотор, как и на поверхностном вибраторе. Для перестановки вибратора с одной стороны его корпуса приделаны ручки.

Салазочный вибратор был изготовлен по чертежам Стройпроектмашины с небольшими изменениями, внесенными на заводе «Спартак». Всего для Строительства было изготовлено около 100 вибраторов этого

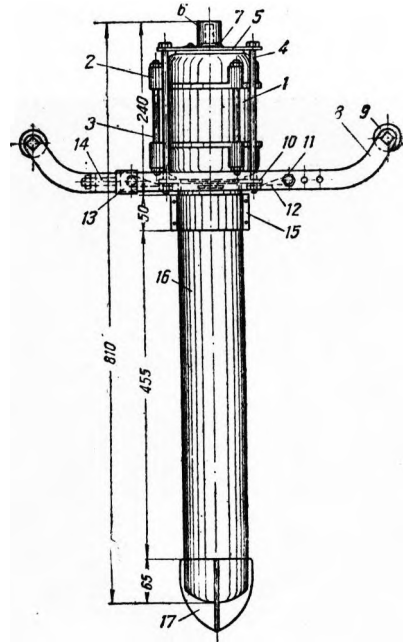
типа. Широкого применения они не нашли из-за своих недостатков, к числу которых следует отнести: сильный шум во время работы, недостаточную герметичность кожуха (дефект исполнения) и небольшую производительность. Впрочем с заменой у поверхностных вибраторов высоких ручек низкими скобами необходимость в салазочных вибраторах отпала: поверхностными вибраторами оказалось возможным прорабатывать бетон и у наклонной опалубки. Большинство салазочных вибраторов было переделано на вибраторы других типов.

Стержневые вибраторы. Большая работа была проделана Строительством при разработке типа стержневого вибратора.

Исходной моделью явился вибратор, показанный на фиг. 27. Motor у него — тот же, что и у поверхностного вибратора. Эксцентрики расположены на валу мотора. Основ-



Фиг. 28. Общий вид стержневого вибратора системы Миклашевского



Фиг. 29. Устройство стержневого вибратора системы Миклашевского:

1 — электромотор мощностью 0,3 квт; 2 — крышка электромотора; 3 — стяжная шпилька; 4 — болт, крепящий электромотор; 5 — верхняя планка; 6 — колпачок; 7 — винты, крепящие колпачок; 8 — ручки; 9 — рукоятки; 10 — нижняя планка; 11 — болт для крепления амортизатора; 12 — резиновый амортизатор; 13 — ползунок; 14 — натяжной болт амортизатора; 15 — соединительная муфта трубы; 16 — труба; 17 — наконечник

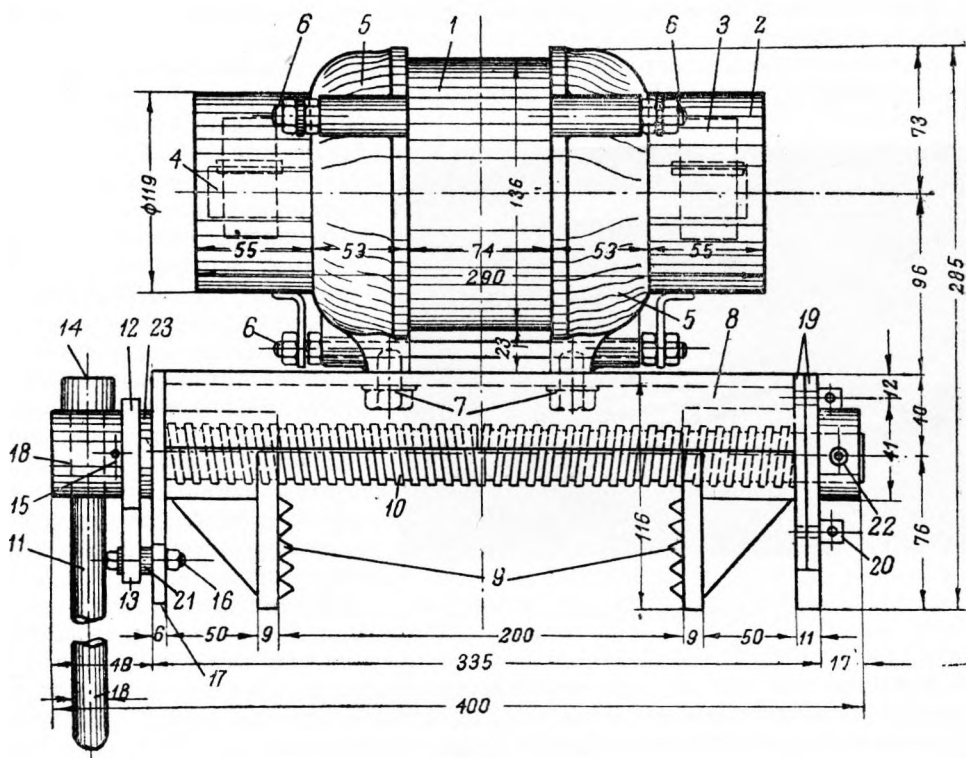
ной рабочий наконечник — жесткий стержень круглого сечения. В последующем к вибратору был приспособлен ряд сменных наконечников: вилка для вибрирования арматуры, волнистая лопатка, тонкий, длинный, гибкий металлический стержень (виброигла) и т. п.

Стержневой вибратор обладал тем преимуществом, что позволял прорабатывать бетон в местах с весьма частой арматурой. Вместе с тем он имел и крупные недостатки. Несмотря на все усовершенствования, его производительность не превышала 1 м³/час. Кроме того из-за высокого расположения эксцентриков вибрация сильно передавалась на руки. Амортизационное устройство ручек вибратора переделывалось несколько раз, но переделки не дали желаемых результатов.

Осенью 1935 г. бригаженер П. М. Миклашевский предложил принципиально иную конструкцию стержневого вибратора, которая вскоре была осуществлена и быстро вытеснила стержневые вибраторы первого типа.

Общий вид стержневого вибратора системы Миклашевского показан на фиг. 28, а его устройство — на фиг. 29. Рабочей частью этого вибратора является металлическая труба с наружным диаметром 9 см. Ось мотора вертикальна. Эксцентрик помещен на нижнем конце специального вала, проходящего внутри рабочей части вибратора (трубы). Один конец этого вала закреплен в подшипнике, установленном в нижней части трубы, а другой конец при помощи муфты соединен с валом электромотора. Ручки вибратора широко разнесены. В местах их соединения с корпусом вибратора проложена полосовая резина, обеспечивающая вполне достаточную амортизацию колебаний.

Благодаря тому что центробежная сила эксцентриков передается непосредственно рабочему наконечнику, условия работы электромотора



Фиг. 30. Тисковый вибратор:

1—электромотор мощностью 0,3 квт; 2—кожух эксцентрика; 3—эксцентрик; 4—вал мотора; 5—крышка мотора; 6—стяжная шпилька; 7—болты, прикрепляющие электромотор к тискам; 8—корпус тисков; 9—шетки тисков; 10—червяк; 11—рукоятка; 12—храповое колесо; 13—храповик; 14—головка рукоятки; 15—шплинт головки червяка; 16—ось храповика; 17 и 19—планки кожуха тисков; 18—головка червяка; 20—шплинт; 21 и 23—шайба; 22—шплинт

облегчились, а производительность вибратора значительно увеличилась (до 2—3 м³/час для бетонов с трепелом).

Выпуск в 1936 г. 130 стержневых вибраторов этого типа явился на строительстве канала крупнейшим шагом вперед в технике уплотнения бетона.

Тисковый вибратор был разработан Строительством в двух вариантах: нормальный и облегченный. Основные части вибратора первоначального, нормального, варианта были изготовлены по чертежам Стройпроектмашины. Главным недостатком этого вибратора был его значительный вес (около 40 кг), затруднявший необходимые в работе частые перестановки вибратора.

Нормальный вариант тискового вибратора был переработан сотрудником ЦБЛ инж. С. М. Кормилицыным, и новая модель получила название

облегченного тискового вибратора (фиг. 30). Вес вибратора был уменьшен до 23 кг, главным образом за счет облегчения тисков.

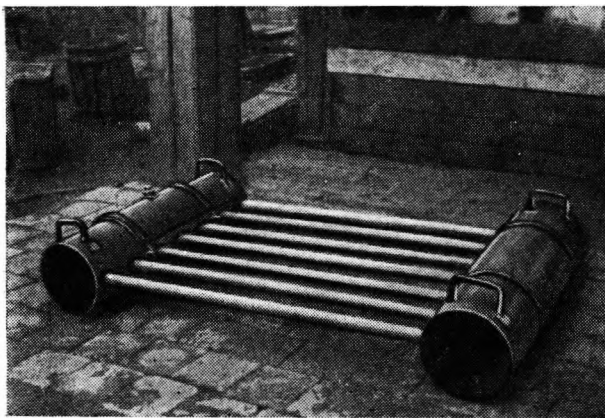
Тисковые вибраторы, предназначенные для уплотнения бетона в тонких железобетонных элементах, были изготовлены в количестве около 200 шт.

Кроме описанных на строительстве канала применялись еще виброрешетка, вибробулава и всплывающий вибратор, но большого распространения они не получили.

Опытный экземпляр виброрешетки (фиг. 31), изготовленный на заводе «Спартак», имел ряд существенных недостатков. Весил он около 80 кг. Цилиндры, в которые заключены моторы вибратора, имели недостаточно плотные швы и пропускали цементное молоко. Неудачно было крепление мотора.

Виброрешетка прошла испытание в ЦБЛ, но дальнейшего распространения не получила.

Большая работа была проведена также над созданием целесообразной модели вибробулавы. Проекты вибробулавы были разработаны Строй-



Фиг. 31. Виброрешетка

проектмашиной и в проектных организациях строительства канала. По составленным проектам были изготовлены опытные экземпляры, испытанные в лабораториях и опробованные в производственных условиях. Но так как плохое качество литья быстро выводило опытные вибробулавы из строя и так как Ярославский завод «Красный маяк» начал серийный выпуск вибробулав типа ВЛ-1, Строительство прекратило свои эксперименты в этом направлении.

Вибробулавы типа ВЛ-1 на строительстве канала не применялись, так как их серийный выпуск начался уже после окончания основных бетонных работ. В настоящее время этот тип вибробулавы нашел широкое применение на Волгострое, являющемся приемником и продолжателем начинаний Москваволгостроя.

Электромоторные всплывающие вибраторы по данным первых же испытаний оказались малоприменимыми для бетонных работ широкого масштаба. Этот тип вибратора оказался пригодным лишь для лабораторных опытов или для бетонных работ весьма небольшого масштаба.

В ы в о д ы . В итоге двухлетней работы на строительстве канала разработаны конструкции и освоено серийное производство четырех основных типов вибраторов: поверхностного, салазочного, стержневого и тискового. По данным на 20 ноября 1936 г. на Строительстве работало 443 поверхностных, 203 тисковых, 94 салазочных и 130 стержневых вибраторов.

До Москваволгостроя таким количеством виброаппаратов не располагало ни одно строительство Союза, да вероятно и ни одна зарубежная стройка. С полной уверенностью можно сказать, что строительство канала дало решительный толчок делу освоения вибрирования бетонной смеси на стройках Союза и организации широкого производства вибраторов.

С сожалением однако можно отметить, что, несмотря на все растущую потребность в вибраторах, с окончанием строительства канала их выпуск значительно сократился (в 1936 г. — 4 780 шт., в 1937 г. — 1 600 шт.). На-

родному комиссариату машиностроения следует обратить самое серьезное внимание на то, чтобы наши новые стройки не были поставлены перед необходимостью обеспечивать себя вибраторами собственными средствами.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИИ БЕТОНА

Исследования, проведенные в СССР и за границей до 1934 г., сводились главным образом к изучению свойств вибрированного бетона (плотность, прочность, водонепроницаемость) и сравнению их со свойствами бетона ручной укладки.

Важнейшие выводы сводились к следующим двум положениям:

1) вибрирование позволяет хорошо уплотнять жесткие бетонные смеси, за счет чего можно значительно увеличить прочность бетона или же при неизменной прочности получить большую экономию цемента;

2) бетоны одинакового состава и одинаковой консистенции лучше уплотняются вибрированием, чем вручную.

Однако ряд других немаловажных вопросов, связанных с применением вибрирования, оставался неясным. Не было методики исследования эффективности работы виброаппаратов. Совершенно не было изучено влияние вибрирования на ранее уложенный и уже начавший схватываться бетон, а также и на сцепление бетона с арматурой. Укоренившееся в кругах строителей представление о том, что бетон, начавший схватываться, нельзя тревожить, вызвало у некоторых инженерно-технических работников сомнение в целесообразности применения вибрирования вообще.

Значительная часть этих вопросов была исследована в ЦБЛ. Ниже даются краткий их обзор и основные выводы.

Исследование работы вибраторов. При испытании первого образца поверхностного вибратора ЦБЛ приняла следующую методику.

Бетон уплотнялся в ящике размерами $1,4 \cdot 1,6 = 2,24 \text{ м}^2$. Слои бетона укладывались различной толщины — 15, 25 и 35 см. Вибратор помещался в средней части уплотняемой площади.

Степень уплотнения бетона характеризовалась величиной его осадки под влиянием вибрирования и объемным его весом. Совместное применение этих двух характеристик вызывалось тем, что данные об осадке могли быть ошибочными из-за возможных горизонтальных перемещений бетонной смеси под влиянием вибрирования.

Осадка бетонной смеси измерялась от постоянного горизонта, находившегося выше уровня бетона. Для определения объемного веса отдельных участков уплотненного слоя (т. е. радиуса действия вибратора) забетонированная плита расчерчивалась в двухдневном возрасте по определенной схеме и раскалывалась на отдельные куски. Объемный вес каждого куска определялся методом гидростатического взвешивания, дающим „точность около $\pm 0,5\%$ “.

Все это обеспечивало надежную характеристику работы вибратора, но при требовавшемся большом числе испытаний было несколько громоздко. Более простое, быстрое и удачное разрешение этого вопроса было дано бригаженером П. М. Миклашевским. Разработанная им аппаратура основана на появлении в вибрируемом бетоне внутреннего давления, следующего законам гидростатики. Методика же предложенного способа основана на следующем.

Под влиянием вибрирования бетон как бы превращается в вязкую жидкость, удельный вес которой равен объемному весу бетона. Давление (в сантиметрах водяного столба) в бетоне на глубине h_1 равно $h_1\gamma$, где γ — объемный вес бетона. Если в вибрируемую бетонную смесь погрузить трубку (фиг. 32), то давление на уровне нижнего конца этой трубки сможет поддержать столб воды, приблизительно в два с половиной раза больший, чем глубина погружения трубки в бетон.

Средняя величина объемного веса испытываемого бетона определяется отношением:

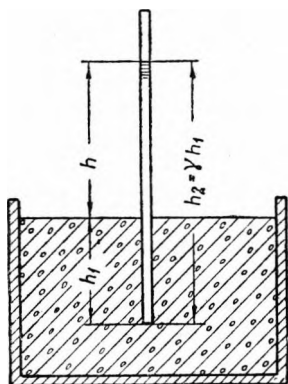
$$\gamma = \frac{h_2}{h_1} = \frac{h + h_1}{h_1},$$

где h_2 — столб воды, поддерживаемый внутренним давлением вибрируемого бетона, — глубина погружения нижнего конца трубки в бетон.

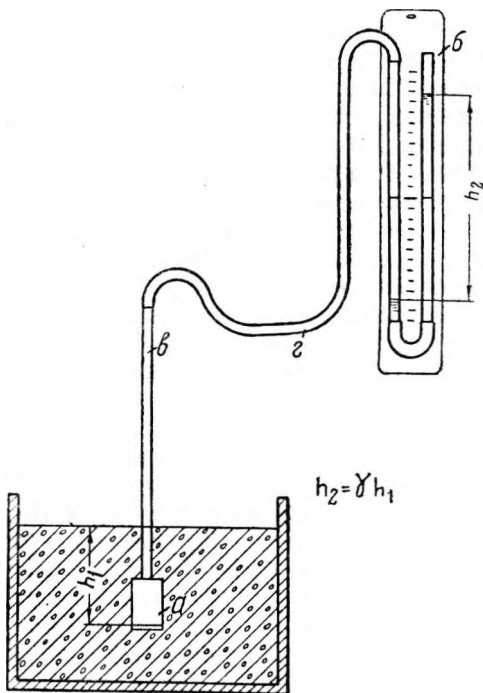
Опыты, проведенные по вышеуказанной схеме, подтвердили правильность теоретических выводов: вода, отжатая из вибрируемого бетона, действительно поднималась по трубке выше уровня бетона, причем величина поднятия воды соответствовала теоретически подсчитанной.

Этот простейший прибор дал в руки исследователя две весьма существенные возможности: во-первых, установив трубки на различной глубине и на различном расстоянии от вибратора, легко «нащупать» тот объем, в пределах которого вибрация переводит бетон в разжиженное состояние, необходимое для его уплотнения; во-вторых, весьма просто определить объемный вес бетона.

При практическом применении этого прибора выяснилось одно неудобство: вода, заходящая в трубки диаметром 5—10 мм, увле-



Фиг. 32. Поднятие воды в трубке прибора Миклашевского при вибрировании бетонной смеси



Фиг. 33. Схема пневматического аппарата Миклашевского для определения внутреннего давления в вибрируемой бетонной смеси

кает за собой частицы цемента, и трубки довольно скоро забиваются. Защита нижнего конца трубки сеткой также не дала результатов, так как сетка быстро засоряется.

На фиг. 33 представлена схема прибора, в котором отмеченный недостаток полностью устранен. Прибор назван его автором — П. М. Миклашевским — «пневматическим аппаратом для определения внутреннего давления в вибрируемой бетонной смеси»¹.

Основными частями прибора являются: погружаемый в бетонную смесь воздушный колокол а; водяной манометр б со шкалой; выводная стеклянная трубка в и резиновая трубка г, соединяющая выводную трубку колокола с водяным манометром.

Стремясь войти в колокол, вибрируемая бетонная смесь оказывает давление на находящийся в нем воздух. Это давление передается водяному

¹ Авторское свидетельство № 188056.

манометру, в трубах которого устанавливается разность уровней, соответствующая давлению внутри бетонной смеси на уровне низа колокола.

Прибор может быть применен для определения радиуса действия вибраторов, а также для определения объемного веса бетона.

Описанный пневматический аппарат с рядом усовершенствований, внесенных в него в процессе работы, нашел применение во всех проведенных в ЦБЛ исследованиях вибраторов.

При исследовании поверхностных вибраторов этот прибор позволил не только определить глубину проработки бетона, но также выяснить характер распространения вибрации в стороны от доски. Первоначально предполагалось, что зона вибрируемого бетона распространяется от краев доски во вне под углом в 45° , опыты же показали, что эта зона ограничивается вертикальными плоскостями, проходящими по краям доски. В соответствии с этим в инструкцию о работе с вибраторами было включено обязательное требование перекрывать смежные установки вибратора на 5—10 см.

Подобное же детальное исследование зоны распространения вибрации было произведено и для других типов вибраторов — салазочного, стержневого и тискового. Данные этих опытов легли в основу принятой на Строительстве «Инструкции по применению вибраторов для уплотнения бетона» (см. приложение), широко использованной также приемником Москвоволгостроя — Волгостроем.

Повторное вибрирование бетона. В производственных условиях перекрытие одного слоя бетона другим слоем производится не позднее чем через 2 часа, причем бетон укладывается слоем не менее 10 см. Эти условия и были воспроизведены в опытах, имевших целью выяснить влияние повторного вибрирования на временное сопротивление бетона сжатию.

Бетонная смесь укладывалась двумя слоями толщиной по 10 см в деревянные формы размером $20 \times 20 \times 20$ см. В продолжение 1 мин. бетон уплотнялся поверхностным вибратором, к рабочей доске которого была прибита колодка, размерами $19 \times 19 \times 15$ см. Поверхность образца выравнивалась и затем покрывалась листом толя размером 20×20 см.

Через два часа на края формы ставилась рамка высотой 20 см, в которую также укладывались два слоя бетона по 10 см. Очевидно, что вибрирование верхнего кубика передавалось на нижний кубик через бетон и через стенки формы.

Еще через два часа аналогичным путем бетонировался кубик третьего яруса. Всего таким образом бетонировались восемь кубиков, расположенных один над другим в одном вертикальном столбике. Одновременно три кубика бетонировались с обычным стандартным уплотнением штыкованием.

Состав бетона был принят следующий: цемента — 250 кг, воды — 150 кг, песка — 680 кг и гравия — 1 324 кг. Осадка конуса 1—3 см. Кубики были распалублены в возрасте 48 час., хранились во влажной атмосфере и были испытаны на сжатие в возрасте 8 суток.

Средние результаты трех серий проведенных опытов сведены в табл. 28.

Из таблицы видно, что повторное вибрирование не только не оказывает отрицательного влияния на бетон, но, наоборот, несколько повышает его плотность и прочность. Таким образом имевшиеся на этот счет опасения оказались неосновательными.

Повторное вибрирование армированного бетона. Для выяснения влияния повторного вибрирования на сцепление бетона с арматурой ЦБЛ провела значительное число опытов над призмами $15 \times 15 \times 65$ см, в каждую из которых закладывалось по три стержня длиной 18 см и диаметром 28 или 32 мм.

Повторное вибрирование этих призм производилось вскоре после их укладки, а также с интервалами до 36 час. В первом случае непрерывно

Кубик	Время, через которое производилось повторное вибрирование, в час.	Средние показатели из трех серий опытов	
		объемный вес в г/см ³	временное сопротивление в кг/см ²
Вибрированный	—	2,37	103,9
Повторно вибрированный	2	2,37	123,3
” ”	2 и 4	2,39	121,2
” ”	2, 4 и 6	2,40	127,0
” ”	2, 4, 6 и 8	2,43	142,0
” ”	2, 4, 6, 8 и 10	2,44	159,5
Ручной набивки	—	2,35	75,8

бетонировался столбик из нескольких призм, отделенных одна от другой прокладками из толя. Во втором случае призмы бетонировались через 2-часовые перерывы, т. е. по той же схеме, что и в опытах повторного вибрирования неармированного бетона.

Уплотнение бетона во всех случаях производилось поверхностным вибратором «Спартак». Состав бетона и осадка конуса Абрамса были те же, что и в опытах с повторным вибрированием неармированных бетонных кубиков. Величина сцепления бетона с арматурой определялась выдавливанием стержней на прессе. Образцы испытывались в возрасте 4, 28 и преимущественно 7 суток.

Опыты показали, что повторное вибрирование не уменьшает сцепления между бетоном и арматурой. Наоборот, от повторного вибрирования наблюдалось даже увеличение силы сцепления. Таким образом отпали опасения, что из-за повторного вибрирования бетона прочность железобетона нижележащих слоев может нарушиться.

Опыты с повторным вибрированием непосредственно самой арматуры не ставились. Возможность нарушения сцепления бетона с арматурой в этом случае очевидна. Поэтому инструкция по вибрированию давала указание не касаться вибратором стержней арматуры, уходящих в толщу ранее уложенного бетона.

3. ПОЛЕВОЙ КОНТРОЛЬ УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Применение в больших массах жестких бетонных смесей требовало особенно тщательного наблюдения за качеством уплотнения, потому что при плохой проработке жесткий бетон может быть значительно менее плотным, чем бетон пластичный.

Надлежащее уплотнение бетонной смеси должно было обеспечиваться:

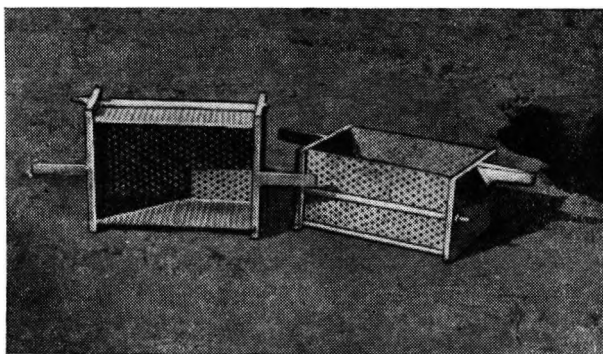
- 1) правильным выбором типа вибратора, соответствующего данным условиям работы;
- 2) правильным расчетом необходимого в каждом блоке числа вибраторов в соответствии с установленной лабораторным путем производительностью вибраторов и интенсивностью подачи бетона;
- 3) наличием на сооружении 30%-ного резерва вибраторов, необходимого для быстрой замены вибраторов, вышедших из строя;
- 4) правильной организацией работы в блоке, обусловливавшей планомерную проработку бетона и соблюдение установленной продолжительности вибрирования;
- 5) соответствием фактической удобообрабатываемости бетонной смеси проектным установкам.

Контроль за соблюдением всех этих условий осуществлялся работниками полевых бетонных лабораторий. Кроме того ЦБЛ был подготовлен кадр специальных инструкторов по вибрированию бетона, который направлялся на наиболее ответственные участки работы в помощь производственникам.

Общепринятый на стройках способ контроля качества бетона по набивным образцам был на строительстве канала Москва — Волга почти полностью заменен другим способом, предложенным П. М. Миклашевским. Новый способ заключался в отборе проб с помощью дырчатых форм (фиг. 34).

Дырчатые формы применялись двух типов: призматические, размерами $30 \times 20 \times 15$ см, служившие для определения прочности бетона на сжатие, и цилиндрические, диаметром 30 см, служившие для испытания бетона на водонепроницаемость.

Дырчатые формы устанавливаются на поверхность уложенного слоя и при укладке следующего слоя наполняются бетоном. После этого новый слой уплотняется вибраторами. Благодаря наличию в стенках и днище формы большого числа отверстий (диаметром 10 мм) уплотнение бетона в форме практически не отличается от уплотнения бетона в остальных частях укладываемого слоя. Опыты показали, что разница между объемными весами бетона в форме и бетона, окружающего форму, не превышает 0,5%.



Фиг. 34. Пневматические дырчатые формы

После уплотнения слоя дырчатые формы с образцами вынимаются из бетона, очищаются и поступают в лабораторию для последующего хранения и испытания.

Так как размеры образцов, отбираемых дырчатыми формами, отличаются от общепринятых размеров набивного кубика $20 \times 20 \times 20$ см, потребовалось определить соответствующий переходный коэффициент. Для образцов 28-дневного возраста среднее значение этого коэффициента оказалось равным 1,1 т. е. $R_{куб} = 1,1 R_{призм}$.

Таким образом дырчатые формы позволяют контролировать бетон по образцам, взятым непосредственно из сооружения и соответствующим уложенному бетону не только по составу, но и по степени уплотнения. Последнее обстоятельство весьма существенно и не имеет места при набивных образцах.

Значение дырчатых форм не ограничилось приближением качества бетона образцов к качеству фактически уложенного бетона. Они имели также большое воспитательное значение, заставляя производителей внимательнее относиться к уплотнению бетонной смеси.

4. ТЕОРИЯ ВИБРИРОВАНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Решение большого числа практических вопросов вибрирования было невозможно без подведения под них общей теоретической базы. До 1935 г. теории вибрированного бетона не было. Это поставило строительство канала перед необходимостью создания теории вибрирования бетонной смеси.

В связи с применением на Москваловгострое преимущественно электромоторных вибраторов теоретическим исследованием была затронута главным образом их работа.

Основными элементами колебательного движения вибратора являются амплитуда, частота, скорость и ускорение.

Колебания электромоторного вибратора вызываются, как известно, быстрым вращением неуравновешенного груза — эксцентрика. Центро-

бежная сила эксцентрика, вызывающая колебания вибратора, зависит от веса эксцентрика p , величины его эксцентриситета r и скорости вращения, которая может быть охарактеризована либо угловой скоростью вращения ω , либо числом оборотов в 1 мин. n .

Выражение для центробежной силы:

$$G = mr\omega^2 = \frac{p}{g} r \omega^2,$$

где m —масса эксцентрика;
 g — ускорение силы тяжести.

Произведение веса эксцентрика на его эксцентриситет pr принято называть кинетическим моментом эксцентрика. Эта величина является весьма существенной для оценки технических качеств электромоторных вибраторов.

При вращении эксцентрика возникают колебательные движения вибратора. Если сопротивление внешней среды отсутствует или одинаково по всем направлениям, то круговому движению эксцентрика соответствует круговое движение всего вибратора. Радиус этого движения вибратора во столько раз меньше величины эксцентриситета, во сколько раз вес всей вибрируемой массы больше веса эксцентрика.

Если рассматривать колебание вибратора по какой-нибудь одной оси, то амплитуда a , наибольшая скорость v_{\max} и наибольшее ускорение w_{\max} могут быть определены следующими выражениями:

$$a = \frac{pr}{P};$$

$$v_{\max} = a\omega \approx 0,1 an;$$

$$w_{\max} = a\omega^2 \approx 0,01 an^2.$$

Здесь через P обозначен вес колеблющегося тела. При работе вибратора на воздухе P равно весу вибратора. При работе в бетоне под величиной P следует понимать вес вибратора и колеблющейся вместе с ним части бетонной смеси.

Указанные формулы, являясь упрощенным выводом из детального математического анализа колебаний вибратора, позволяют сделать следующие важные практические выводы:

1) амплитуда колебаний вибратора зависит от кинетического момента эксцентрика и от веса колеблющейся массы; при неизменном эксцентрикe увеличение частоты колебаний не увеличивает амплитуды;

2) увеличение веса вибратора уменьшает амплитуду его колебаний, а значит, уменьшает и его эффективность; из этого в частности следует, что рабочие не должны вставлять на рабочую доску поверхностного вибратора, чтобы не уменьшать радиус действия вибратора;

3) при известных амплитуде и частоте наибольшая скорость и наибольшее ускорение вибратора могут быть определены по вышеприведенным весьма простым формулам.

Величина наибольшего ускорения при вибрировании имеет большое практическое значение. Уплотнение бетона под влиянием вибрирования происходит только тогда, когда ускорения, сообщаемые частицам бетонной смеси, достаточны для преодоления в бетоне внутренних сил трения и сцепления.

Исходя из теоретических соображений и практических данных об угле, при котором происходит скольжение бетона по наклонной плоскости, для бетонов различной пластичности были подсчитаны минимальные значения ускорения, достаточные для преодоления сил трения и сцепления в бетоне.

Инж. П. М. Миклашевский предложил приближенный способ теоретического определения радиуса действия и производительности вибраторов.

Подсчитанные по этому способу радиус действия и производительность весьма удобны для составления однородной характеристики различных типов вибраторов. Для практических целей подсчитанный радиус действия необходимо проверять опытным путем, так как величина сил трения и сцепления в бетонах различной пластичности изучена еще недостаточно, а погрешности в принятом ее значении могут внести ошибку в теоретическое определение радиуса действия и производительности вибратора.

Интересно отметить, что сделанный на Москваловгострое еще в 1935 г. вывод о том, что для уплотнения каждого бетона существует минимально необходимое ускорение, нашел подтверждение в последующих опытах, проведенных в СССР и за границей. Наиболее подробно этот вопрос исследован объединенным Лондонским комитетом по бетону. В его работах минимальное ускорение, достаточно быстро дающее уплотнение бетона, названо «критическим». Полученные практическим путем значения «критического» ускорения оказались несколько больше величин ускорения, теоретически подсчитанного на Москваловгострое. Помимо некоторой возможной неточности теоретического подсчета это расхождение может быть объяснено тем, что «критическое» ускорение является минимальным для быстрого уплотнения бетона, а величина, подсчитанная на Москваловгострое, является минимальной для начала процесса уплотнения. Естественно, что первая величина должна быть больше второй.

Одно из практических приложений разработанной теории вибрирования бетонной смеси заключается в возможности подбора эксцентрика по заданной производительности вибратора.

Работу Москваловгостроя следует рассматривать как первый вклад в теорию вибрирования бетонной смеси. Вся эта проблема настолько сложна, что многие важные вопросы теории остались еще неразрешенными и по сей день, хотя и после окончания строительства канала другие исследовательские организации продолжали работы в этой области.

ГЛАВА VII

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ БЕТОНА В АГРЕССИВНЫХ ВОДАХ

1. ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

Долговечность бетонных сооружений в значительной мере зависит от условий, в которых протекают их жизнь и работа. В числе этих условий на одно из первых мест должны быть поставлены свойства воды, омывающей гидротехнические сооружения. Эти свойства приобретают тем большее значение, что на основания сооружений вода начинает действовать уже в период их возведения, т. е. на совершенно свежий, еще не окрепший бетон.

Понятно поэтому, что на строительстве канала Москва — Волга вопрос о химическом характере грунтовых вод, омывающих сооружения, был одним из тех, которые все время оставались в поле зрения и строителей отдельных сооружений, и обслуживавших их лабораторий.

Работа ЦБЛ в этой области выразилась в химическом исследовании грунтовых вод в районе строительства и в изучении поведения бетона в различных агрессивных средах.

Основные свойства главнейших частей бетона (песка, гравия или щебня и цементного клея) заключаются в следующем.

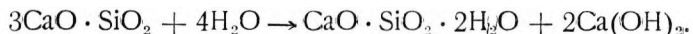
Содержащийся в цементном камне гидрат окиси кальция сравнительно легко растворяется в воде. Его растворимость составляет $2,2 \cdot 10^{-2}$ моля в 1 л. Другими словами, в 1 л воды может раствориться 1,63 г этого соединения. Если бетон не особенно плотен и пропускает воду, то гидрат окиси кальция легко будет вымываться из него водой.

При соединении с угольной кислотой гидрат окиси кальция переходит в карбонат кальция, растворимость которого уже значительно меньше и

составляет $1,4 \cdot 10^{-4}$ моля на 1 л, т. е. в 1 л воды может раствориться всего 0,014 г. Этим объясняется значение корочки, образующейся на поверхности бетонных сооружений под влиянием содержащейся в воде или воздухе угольной кислоты. Корочка эта состоит из карбоната кальция, и чем она толще, тем менее уязвим бетон.

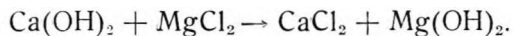
Но все же одна только корочка не гарантирует долговечности сооружений. Если в воде содержится много свободной угольной кислоты, то карбонат кальция перейдет в бикарбонат, гораздо легче (в 30 раз) растворяющийся в воде. Это действие будет особенно значительным, если омывающая сооружение вода при большом содержании свободной углекислоты будет достаточно мягкой, т. е. будет содержать в себе также небольшие количества кальциевых солей. В этих условиях защитная корочка карбоната кальция разрушается особенно легко, вследствие чего обнажаются внутренние, более уязвимые части сооружения.

Сама собой напрашивается мысль о переводе гидрата окиси кальция в какое-нибудь другое соединение, менее подверженное действию воды. Это и достигается введением в состав бетона гидравлических добавок (трепела и т. п.). Активная кремневая кислота вводимого трепела, соединяясь с выделяющимся при гидратации цемента гидратом окиси кальция, образует однокальциевый гидросиликат $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Таким образом происходит дополнительное образование того самого соединения, которое получается и из трехкальциевого силиката при гидратации цемента по уравнению:



Практически это соединение в воде нерастворимо, но по В. А. Кинду оно может существовать только тогда, когда свободный гидрат окиси кальция имеется в воде в количестве не меньшем, чем 0,09 г в 1 л (считая на CaO). В противном случае наступает его гидролитическое расщепление с выделением $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и SiO_2 . Таким образом необходимая концентрация $\text{Ca}(\text{OH})_2$ поддерживается за счет разрушения части самого гидросиликата кальция.

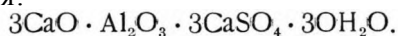
Если вода, соприкасающаяся с цементным камнем, выщелачивает $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и концентрация его падает ниже указанного предела, то однокальциевый гидросиликат будет непрерывно разлагаться, стремясь пополнить недостающее в воде количество гидрата окиси кальция. В этом отношении особенно агрессивно действуют соли магния вследствие образования при обменной реакции с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ нерастворимого гидрата окиси магния:



При обыкновенной температуре растворимость гидрата окиси магния составляет всего $1,5 \cdot 10^{-4}$ молей, или 0,009 г на 1 л, т. е. примерно в 150 раз меньше растворимости $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Ввиду этого равновесие сильно сдвигается в сторону образования $\text{Mg}(\text{OH})_2$ и обеднения раствора по содержанию $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Как указано выше, это обстоятельство вызывает разрушение однокальциевого гидросиликата. Кроме того получающийся при реакции CaCl_2 как очень легко растворимая соль также быстро вымывается водой. В результате всего этого происходит энергичное разрушение бетона.

Третья основная часть цементного клея—трехкальциевый гидроалюминат — первоначально при гидратации цемента образуется в виде геля. Позже гель, теряя воду, кристаллизуется. Гидроалюминат кальция, как и рассмотренный выше гидросиликат, тоже может существовать в воде только в присутствии свободного гидрата окиси кальция. Как только содержание этого гидрата опускается ниже предельного значения, гидроалюминат кальция неизбежно разрушается, образуя свободные Al_2O_3 и $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Следовательно присутствие в воде ионов магния будет сказываться на гидроалюминате кальция так же, как и на однокальциевом гидросиликате.

Кроме того в разрушении гидроалюмината кальция играет роль и содержание в воде ионов SO_4 , т. е. сульфатов; вступая в реакцию с сернокислым кальцием, трехкальциевый гидроалюминат дает сульфалюминат кальция — соль Деваля:



Эта соль, называемая «цементной бациллой», имеет молекулярный объем примерно в 2,5 раза больше исходных соединений. Ее образование ведет к возникновению внутренних напряжений, распирающих бетон изнутри, вызывающих появление трещин и в конце концов разрушающих бетон.

При прочих равных условиях скорость и эффективность всех этих реакций зависит от водопроницаемости бетона. Плотные бетоны омываются водой только с поверхности, и потому все указанные реакции могут происходить только в тонком поверхностном слое. Если же бетон порист, то фильтрующая сквозь него вода выщелачивает и разрушает цементный клей сравнительно быстро. Кроме того вода, попадающая в поры бетона, при замерзании механически разрушает его. Появляются новые капиллярные трещины, куда проникает вода при оттаивании. В результате обнажаются новые поверхности, не соприкасавшиеся раньше с водой. Все это вместе взятое приводит к усилению фильтрации, а вместе с ней — агрессивного действия воды и следовательно к быстрому разрушению сооружения.

Разрушительное действие воды на бетон может происходить по трем независимым направлениям:

1) простое выщелачивание растворимых соединений, главным образом гидрата окиси кальция, происходящее особенно энергично в мягких водах;

2) углекислая агрессия, т. е. разрушение защитной корочки карбоната кальция на поверхности сооружения и усиленный вынос CaO в виде бикарбоната;

3) сульфатная агрессия, т. е. образование в толще бетона соединений, имеющих больший молекулярный объем по сравнению с исходными; возникновение внутренних напряжений в бетоне, разрывающих его; вспучивание бетона, появление трещин и отслаивающихся частей.

В случае присутствия в воде значительного количества ионов магния агрессивное действие воды усиливается, так как вследствие удаления гидрата окиси кальция из сферы реакции происходит разрушение и остальных частей цементного клея.

Нечего и говорить о том, что присутствие свободных минеральных или органических кислот, образующихся при минерализации органических соединений (кислая реакция воды), также будет способствовать разрушению бетона.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ ГРУНТОВЫХ ВОД В РАЙОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Из изложенного выше вырисовывается комплекс тех соединений, которые следует искать в воде для оценки возможного ее агрессивного действия. Это будут:

- 1) реакция или степень кислотности воды;
- 2) бикарбонатная и свободная CO_2 ;
- 3) SO_3 ;
- 4) Cl ;
- 5) CaO ;
- 6) MgO ;
- 7) постоянная и устранимая жесткость.

В связи с этим, а также в соответствии с действовавшими в период строительства канала Москва — Волга общестроительными нормами производились химические анализы проб грунтовой воды в районе будущих бетонных сооружений канала.

Так как многие вопросы коррозии бетона были неясны (а некоторые из них остаются неясными и до сих пор), то при анализах определялось

наличие не только указанных, но и некоторых других соединений. С другой стороны, определение свободной угольной кислоты делалось не всегда, так как лаборатория не всегда могла высылать своих сотрудников за пробами воды, а в пробах, присылавшихся с трассы канала, значительная часть свободной CO_2 улетучивалась. Не определялась также величина водородного показателя (рН), — реакцию воды устанавливали пробой на лакмус.

Результаты произведенных анализов показали, что грунтовые воды районов строительства в общем не представляют явно выраженной угрозы для бетонных сооружений канала. Правда, в них во всех есть и сульфаты, и магний, есть конечно и уголекислота, но все это в таких небольших количествах, что их вредное воздействие может сказаться лишь в весьма длительные сроки и то в незначительных размерах. Вызывали сомнения незначительная временная жесткость некоторых вод (меньше 6 немецких градусов) и изредка встречающийся в них сероводород.

Следует однако выделить грунтовые воды одного узла, где расположены бетонные сооружения — плотина, шлюз и др. Химический анализ показал способность этих вод агрессивно действовать на бетон. Правда, у всех этих вод устраняемая жесткость около $12\text{--}13^\circ$, что уменьшает опасность выщелачивания и уголекислой агрессии; но большое содержание SO_3 заставляет предполагать возможность сульфатной агрессии.

3. ИЗУЧЕНИЕ АГРЕССИВНОГО ДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

Не ограничиваясь анализами вод, доставлявшихся с трассы канала, ЦБЛ исследовала также влияния различных искусственно приготовленных агрессивных сред. Первая из проведенных в этом направлении работ имела целью изучить выщелачивающее действие воды на различные составы цементов.

Вяжущее во всех случаях изготовлялось из портландцемента, тентиковского трепела и Вольского стандартного песка.

Таблица 29

	Цемент в %	Трепел в %	Песок в %
Влажность	0,83	4,11	0,17
Потеря при прокаливании . . .	1,62	2,84	0,48
SiO_2	21,88	79,49	93,21
Fe_2O_3	3,89	2,92	0,89
Al_2O_3	5,39	11,33	3,53
CaO	62,28	1,17	0,80
MgO	0,78	0,68	0,34
SO_3	1,40	1,07	1,10
Нерастворимый остаток	1,50	—	—
Органические вещества	—	0,27	0,17
CO_2	—	0,72	0,31

Результаты химического анализа этих составных частей приведены в табл. 29.

По определению пятикратным выщелачиванием содой трепел содержал 6,31% активной кремневой кислоты, а по методу поглощения извести активность была равна 197 мг. Трепел и песок размалывались в шаровой мельнице до состояния, при котором на сите с 4 900 отв/см² после просеивания

оставалось не больше 12%, и в таком виде употреблялись для приготовления смесей.

Гранулометрический состав цемента, песка и трепела после перемалывания приведен в табл. 30.

Отдельные компоненты составов перемешивались вместе в шаровой мельнице в течение 15 мин. Затворение производилось на дистиллированной воде. Водоцементный фактор во всех случаях был 0,55. Отношение вяжущего к заполнителю (песку) было 1 : 4.

Цемент		Трепел		Песок	
диаметр частиц в микронах	содержание в %	диаметр частиц в микронах	содержание в %	диаметр частиц в микронах	содержание в %
10,0—14,0	4,6	5,2—6,8	6,3	8,6—11,8	5,4
14,0—19,4	10,5	6,8—9,6	9,5	11,8—21,4	13,2
19,4—31,0	22,6	9,6—13,6	7,0	21,4—34,0	20,4
31,0—36,0	9,6	13,6—19,4	8,9	34,0—47,4	27,0
36,0—44,0	13,0	19,4—33,4	19,4	47,4—96,0	34,0
44,0—62,0	19,2	33,4—75,0	48,9		
62,0—112,0	20,3				
	99,8		100,0		100,0

Образцы для опытов изготовлялись в виде кубиков $2 \times 2 \times 2$ см. После изготовления они хранились в течение шести дней во влажной камере с атмосферой, лишенной CO_2 . По истечении этого срока часть образцов подвергалась выщелачиванию, а часть оставалась в камере до конца опыта, после чего испытывалась их прочность (на раздавливание). Такие же испытания производились и с выщелоченными кубиками.

Самое выщелачивание производилось движущейся прокипяченной (для удаления CO_2) дистиллированной водой в особой установке, изолированной от наружного воздуха.

Для выщелачивания каждой серии образцов бралось по 10 л воды. Кубики погружались в воду в подвешенном состоянии. Периодически через 12 дней вода сливалась и заменялась новой. Опыт производился при комнатной температуре и продолжался 30 дней. Сливаемая вода подвергалась химическому анализу. В ней определялись: электропроводность, содержание CaO , SiO_2 и сумма $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$. Для контроля анализировалась и наливаемая в банки дистиллированная вода.

Суммарное выщелачивание CaO и временное сопротивление (на сжатие) образцов различных серий сведены в табл. 31.

Таблица 31

№ серий	Состав вяжущего в %			Выщелочено CaO в мг на 1 образец	Временное сопротивление образцов в кг/см^2			Потеря проч- ности в %
	портланд- цемент	трепел	молотый песок		сухой 6-дневный	сухой 36-дневный	выщело- ченный	
I	60	15	25	193,4	3,8	33,0	24,7	25,2
II	60	20	20	191,8	6,8	39,4	31,9	21,5
II a ¹	60	20	20	214,6	18,5	80,5	75,8	6,5
III	60	25	15	194,7	12,9	50,6	41,8	17,4
V	50	13	37	186,3	7,4	37,0	30,7	17,0
VI	50	17	33	178,8	8,0	28,2	34,3	+ 21,6
VII	50	21	29	178,9	12,3	33,3	32,2	0,3
VIII	40	10	50	167,4	5,9	37,0	14,8	60,0
IX	40	13	47	179,9	8,3	32,0	32,0	0,0
X	40	17	43	169,4	12,5	42,0	35,7	15,0
XII	100	—	—	222,4	16,7	54,5	46,6	14,5
XIII	80	20	—	167,1	34,1	88,8	79,5	10,5
XIV	80	—	20	170,0	7,4	75,5	65,9	12,7

¹ В серии IIa отношение вяжущего к инертному было 1:2,4, а не 1:4, как в остальных.

Были произведены и другие опыты, отличающиеся от описанных следующим: 1) до погружения в воду образцы выдерживались во влажной, лишенной CO_2 камере не 6, а 30 дней; 2) выщелачивание производилось не 30, а 144 дня; 3) испытания прочности не производились; 4) определялась влажность всех образцов периодически через каждые 36 дней.

По истечении 144 дней опыт был продлен еще на 72 дня. При этом вода уже не сменялась каждые 12 дней, как раньше, — от нее только отбирались пробы для определения выщелоченной окиси кальция. Результаты этого опыта сведены в табл. 32 (в мг на суммарную поверхность одного образца— 24 см^2).

Таблица 32

№ серий	Состав вяжущего в %			Выщелочено СаО в сроки			Выщелочено	
	портланд-цемент	трепел	молотый песок	с 1 по 144 день	с 145 по 215 день	с 1 по 215 день	SiO_2	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$
I	60	15	25	234,1	36,0	270,1	21,8	19,8
II	60	20	20	218,1	34,2	252,3	25,1	15,7
IIa	60	20	20	273,9	88,6	362,5	20,7	17,2
III	60	25	15	191,3	36,1	227,4	27,1	9,2
V	50	13	37	228,3	32,9	261,2	25,8	13,4
VI	50	17	33	193,8	32,9	226,6	25,9	12,4
VII	50	21	29	181,3	30,3	211,6	24,5	7,5
VIII	40	10	50	210,5	30,2	240,7	20,6	12,3
IX	40	13	47	188,2	30,2	218,4	21,4	14,1
X	40	17	43	183,1	33,1	216,2	20,7	16,4
XII	100	—	—	339,3	41,3	380,6	31,9	15,1
XIII	80	20	—	201,1	122,9	324,0	25,9	16,0
XIV	80	—	20	279,6	96,6	376,2	36,2	16,7

Влажность образцов, хранившихся во влажной камере (определяемая высушиванием измельченного образца при 110°), с течением времени уменьшается незначительно. Что касается образцов, подвергавшихся выщелачиванию, то она, вообще говоря, выше, чем у образцов, не подвергавшихся выщелачиванию. При этом первоначально влажность образцов, изготовленных на чистом портландцементе, ниже, чем у образцов на других исследованных вяжущих, но с течением времени она становится выше влажности остальных образцов. Кроме того влажность образцов, изготовленных на чистом портландцементе, со временем увеличивается, тогда как влажность других уменьшается.

Проведенные опыты позволяют сделать следующие выводы:

1) раствор на чистом портландцементе показал наибольшее выщелачивание основного растворимого вещества — окиси кальция;

2) прибавка трепела уменьшает количество выщелачиваемой окиси кальция;

3) в более поздние сроки выщелачивание извести из пуццоланизированного цемента (серия XIII) идет интенсивнее, чем у образцов на других вяжущих (из других серий); возможно, что такой результат получился от того, что в исследованном вяжущем было мало трепела (20% от общего веса);

4) влияние молотого песка на выщелачивание окиси кальция незначительно;

5) максимальное выщелачивание извести из всех исследованных вяжущих происходит в первые дни; затем оно резко падает и через 80—100 дней от начала опыта более или менее стабилизуется;

6) из образцов, выдержанных во влажной камере в течение 30 дней, выщелачивание извести значительно меньше, чем для тех же образцов, выдержанных в течение шести дней;

7) выщелачивание водой SiO_2 и полуторных окислов $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ незначительно по сравнению с выщелачиванием CaO ; с течением времени оно колеблется, не обнаруживая однако тенденции к какому-либо закономерному изменению, что указывает на зависимость этого выщелачивания главным образом от растворимости в воде, а не от состава вяжущего;

8) гидравлические добавки не только уменьшают количество выщелачиваемой извести, но и увеличивают плотность бетона.

Кроме описанных опытов ЦБЛ провела большую работу по изучению степени агрессивного воздействия водных растворов различных солей на:

1) портландцемент (в дальнейшем обозначается «пц»); 2) тот же цемент, но с присадкой 20% трепела («пц + т»); 3) пуццолановый портландцемент («пуцц. пц»).

При этом изучалось агрессивное воздействие вод, являющихся средой для бетона, и вод, применявшихся для затворения бетона.

Испытанию подвергались кубики $3 \times 3 \times 3$ см. Водоцементный фактор раствора был 0,5. В качестве заполнителя употреблялся нормальный вольский песок. Отношение вяжущего к заполнителю 1 : 3,5.

Химический состав исходных материалов приведен в табл. 33.

Примененный трепел Тентиковского месторождения содержал 15,87% активной кремневой кислоты, определяемой по методу пятикратного выщелачивания 5%-ным раствором соды. Его гранулометрический состав таков:

остаток на сите с 900	отв/см ²	2,34%
" " " 4 900	"	14,40%
" " " 10 000	"	15,20%
прошло сквозь сито с 10 000	"	66,74%

Опыт производился в установке, которая в случае необходимости изолировалась от наружного воздуха при агрессивных средах с определенной концентрацией CO_2 . Агрессивная жидкость приводилась в движение особыми мешалками от трансмиссии. В сосуд одновременно погружалось 16 образцов (в подвешенном состоянии), из которых 12 служили для механических испытаний, а 4 — для химического анализа.

Раствор заливался в объеме 8 л, периодически (через каждые 12 дней) 4 л раствора сливались и заменялись свежим раствором. Химическому анализу подвергались сливавшиеся и исходные растворы. Кроме ингредиентов, характеризующих растворы при анализе, определялись также pH и CO_2 . Анализы сливаемых растворов производились в течение трех месяцев, после чего (до конца года) растворы сменялись, как и прежде, но химические анализы не делались. Состав агрессивных водных растворов в мг/л характеризуется табл. 34.

Было произведено 20 опытов. Из них: опыты серии 0 должны были установить вымывающее действие дистиллированной воды на «пц» и

Таблица 33

	Портланд-цемент в %	Пуццолановый портланд-цемент в %	Трепел Тентиковского месторождения в %
SiO_2	24,86	36,63	78,36
R_2O_3	9,02	8,61	14,72
CaO	63,61	48,90	1,15
MgO	1,33	0,69	0,82
SO_3	1,29	0,97	0,98
Потери при прокаливании	1,86	4,73	3,77
	101,97	100,53	99,80

Серия	№	Катион	SO ₄ "	Cl'	CO ₂	Число опытов	С цементами
0	1	—	—	—	—	2	„пц“ и „пц + т“
I	2	—	—	—	100	3	„пц“, „пц + т“ и „пущ. пц“
I	3	—	—	—	50	2	„пц“ и „пц + т“
II	4	Ca ⁺⁺	240	—	—	1	„пц“
III	7	Ca ⁺⁺	240	—	Обычн.	2	„пц“ и „пц + т“
III	8	Ca ⁺⁺	600	—	„	3	„пц“, „пц + т“ и „пущ. пц“
III	10	Ca ⁺⁺	240	—	100	1	„пц“
III	11	Ca ⁺⁺	240	—	150	1	„пц“
IV	12	Mg ⁺⁺	600	—	Обычн.	2	„пц“ и „пц + т“
IV	13	Na ⁺	600	—	„	1	„пц“
V	14	Mg ⁺⁺	—	442,5	„	1	„пц“
V	15	Mg ⁺⁺	—	592	„	1	„пц“

«пц + т»; опыты серии I должны были выяснить действие CO₂ в дистиллированной воде при двух концентрациях (50 и 100 мг/л) и в присутствии других ионов; серия II должна была показать действие раствора CaSO₄; серия III — действие растворов различных концентраций CaSO₄ при различном содержании CO₂; серия IV — влияние замены Ca⁺⁺ другим катионом, но при той же его концентрации; серия V — действие Cl' (в форме MgCl₂) при концентрации его, отвечающей концентрации SO₄" в опыте № 8. При этом растворы опытов № 8 и 14 имели одинаковую реакционную емкость: $R = \sum \left(\frac{a}{m} Z \right)$, растворы же опытов № 8 и 15 имели одинаковую ионную насыщенность:

$$N = \frac{1}{2} \sum \left(\frac{aZ^2}{m} \right),$$

где a — содержание ионов в мг/л;
 m — ионный или атомный вес;
 Z — валентность.

В результате проведенных опытов был получен огромный цифровой материал, самые общие выводы из которого сводятся к следующему.

Выщелачивание. Общее количество СаО, выщелоченного за 90 дней из образцов «пц», выше того количества, которое было выщелочено из образцов «пц + т». Эта разница однако незначительна (3 600—3 200). Это можно объяснить тем, что в первое время гидравлическая добавка еще не может связать свободную известь в гидросиликат кальция. Вначале вымывание СаО идет в обоих случаях примерно одинаково, но приблизительно через 1,5 месяца у образцов «пц + т» ясно обнаруживается тенденция к уменьшению выщелачивания.

Этот результат несколько противоречит тому, что было получено в первом опыте, в котором образцы «пц + т» отдавали в начале меньше СаО, чем образцы «пц». Тем не менее в обоих опытах общее количество СаО, выщелоченной из образцов «пц + т», было меньше выщелоченной из образцов «пц».

Углекислая агрессия. Присутствие CO₂ в агрессивной среде сказывается в том, что концентрация и общее количество выщелоченной СаО в сливаемых средах было меньше, чем в чистой дистиллированной воде. В условиях опыта это произошло, очевидно, вследствие того, что на поверхности погруженных в жидкость образцов образовались корочки из нерастворимого карбоната кальция. У «пц» в этом направлении действует только растворенная CO₂, у «пц + т» и у «пущ. пц» присоединяется еще действие гидравлической добавки, связывающей СаО в гидросиликат кальция.

В эти сроки действие CO_2 положительно. Однако по истечении некоторого времени (50—70 дней) наступает период образования бикарбоната кальция и отложенный карбонат начинает разрушаться.

В связи с изложенным концентрация СаО в средах при всех трех видах цемента сначала растет, но гораздо медленнее, чем в дистиллированной воде без CO_2 . Затем концентрация СаО резко падает, а после этого снова начинает повышаться. Как концентрация, так и общее количество выщелачиваемого СаО больше всего у «пц», меньше — у «пц + т» и еще меньше у «пущ. пц». Вторичное повышение концентрации СаО в среде (вследствие разрушения корочки карбоната) у «пц» больше, чем у двух остальных цементов.

Увеличение концентрации CO_2 в воде-среде тоже не остается без влияния. При больших ее концентрациях карбонатная корочка на поверхности образцов образуется энергично. Поэтому содержание СаО в агрессивной среде понижается. Но и новое дальнейшее повышение содержания СаО в связи с образованием бикарбоната тоже больше для больших концентраций CO_2 .

Общее количество поглощенной CO_2 , а значит, и степень карбонизации образцов были при концентрации CO_2 , (равной 50 мг/л, большими, чем при концентрации в 100 мг/л, хотя в последнем случае поглощение ее идет энергичнее в первое время.

Таким образом три исследованных цемента ведут себя почти одинаково, с той только разницей, что у «пц + т» и «пущ. пц», у которых гидравлическая добавка связывает СаО внутри образца и кроме того повышает его плотность, карбонизация понижается в направлении образования растворимого бикарбоната кальция. Нужно однако сказать, что гидравлическая добавка хотя и действует весьма благотворно, все же не устраняет полностью выщелачивания СаО.

Сульфатная агрессия. Действие иона SO_4^{--} изучалось при различных связанных с ним катионах (Ca^{++} , Mg^{++} и Na^+). Так как почти во всех опытах присутствовала и угольная кислота, то общий характер действия такой агрессивной среды выражался суммарно в описанном выше действии CO_2 и в поглощении ими ионов SO_4^{--} и Mg^{++} .

Следует отметить, что присутствие CaSO_4 в агрессивной среде очень мало отзывается на действии CO_2 . Выщелачивание СаО из образцов происходит почти так же, как в среде, не содержащей сернокислого кальция. Процесс карбонизации образцов, дальнейшее образование бикарбоната и связанное с этим падение содержания СаО в агрессивной среде с последующим его повышением происходят подобно описанному выше. Правда, при незначительных количествах CO_2 вторичного подъема содержания СаО в агрессивной среде не наблюдается. Необходимо также отметить, что по сравнению с образцами «пц» образцы на двух других видах цементов («пц + т» и «пущ. пц») благодаря действию гидравлической добавки даже в первые дни обнаруживают меньшую интенсивность выщелачивания СаО. Увеличение вводимого в среду CaSO_4 также не оказывает ощутимого влияния на характер и темпы выщелачивания СаО. Общее количество выщелоченного за время опыта СаО при исходной концентрации SO_4^{--} 240 мг/л составляло 2 593 мг на 1 кг цементного раствора, а при исходной концентрации SO_4^{--} 600 мг/л это количество было равно 2 636,7 мг. Разница, как видим, ничтожная.

При катионах Mg^{++} и Na^+ выщелачивание СаО начинается весьма интенсивно, но затем быстро снижается, стремясь к некоторому пределу. Что касается иона SO_4^{--} , то он поглощается образцами на цементах всех видов и примерно в одинаковой степени. Поглощение тем интенсивнее, чем выше концентрация вводимого в среду сульфат-иона: при исходной концентрации SO_4^{--} 240 мг/л образцами было поглощено 580,93 мг, а при концентрации 600 мг/л—7 468,2 мг. Очевидно, что отложение CaSO_4 в цементной массе происходит вследствие взаимодействия сульфат-иона с гидратом окиси кальция. Не исключена возможность образования

кроме сернокислого кальция и других сульфосоединений (сульфо-алюминаты).

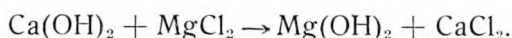
При катионе Mg^{++} происходит поглощение не только SO_4^{--} , но и Mg^{++} . Концентрация того и другого иона в среде сначала резко падает. Очевидно, идут в самих образцах обменные реакции:



В отличие от сред, содержащих катионы Mg^{++} и Na^+ , в среде с катионом Ca^{++} концентрация SO_4^{--} не подвергается таким резким колебаниям. В первое время отсутствует отмеченное выше резкое падение концентрации SO_4^{--} , сменяющееся впоследствии новым возрастанием. Зато общее количество SO_3 , поглощенное образцами за три месяца, значительно выше, чем в средах с катионами Mg^{++} и Na^+ .

В смысле действия агрессивной среды с $MgSO_4$ при обычном содержании CO_2 динамика химических процессов у «пц» и у «пц + т» довольно близка одна к другой. Однако необходимо отметить, что у «пц» общее количество выщелоченной CaO все же выше, чем у «пц + т». С другой стороны, «пц + т» поглотил из среды больше SO_3 , чем «пц». Наконец «пц + т» только поглощал SO_3 , а «пц» — сначала поглощал, а затем выделял SO_3 обратно в среду, что может в известной мере свидетельствовать о большей стойкости сульфосоединений, возникающих в «пц + т». Возможно впрочем и действие большой адсорбционной способности, обусловленной действием гидравлической добавки.

Действие хлористого магния, вводимого в среду в концентрациях, равных — в одном случае по реакционной емкости, а в другом — по ионной насыщенности — соответствующему раствору $CaSO_4$ (600 мг SO_4^{--} /л), сказалось в энергичном выщелачивании CaO . Общее количество CaO , выщелоченное из образцов за три месяца, было весьма высоким и составляло в одном случае 5 842 мг, а в другом — 7 582 мг. В среде с $CaSO_4$ за то же время выщелачивалось 2 636,7 мг. Такого большого выщелачивания CaO и следовало ожидать, принимая во внимание высокую растворимость $CaCl_2$, образующегося при реакции обменного разложения:



Общее количество MgO , поглощенного кубиками, в обоих случаях тоже значительно выше, чем в опыте с $MgSO_4$.

Наряду с химическими анализами сливаемых растворов производились механические испытания (на сжатие) кубиков, погруженных в эти растворы, а также образцов, изготовленных такими же методами, но находившихся в стоячих средах более высокой концентрации.

Для твердения бетона наиболее неблагоприятны те участки сооружения, которые находятся на линии уреза воды, т. е. частью в воде, частью под водой. В этих условиях агрессивные растворы поднимаются вследствие капиллярности по порам бетона вверх. Испаряя воду, они превращаются в растворы тех же агрессивных веществ, но уже более высокой концентрации. При этом может происходить даже кристаллизация растворенных солей, а значит, не исключена возможность и механических, разрывающих воздействий на бетон. Поэтому при описываемых опытах некоторое количество образцов погружалось в агрессивную среду полностью, остальные же образцы погружались в такие же среды только наполовину. Растворы в этих опытах менялись лишь раз в месяц. Для сравнения часть образцов хранилась во влажном воздухе, а другая — в дистиллированной воде.

Испытания прочности образцов производились через каждые три месяца. В результате этих испытаний были получены показатели, помещенные в табл. 35.

Таблица 35

Среда	Срок твердения в месяцах	Временное сопротивление сжатию в кг/см ²				
		портландцемент завода „Большевик“		пуццолановый портландцемент Брянского завода		портландцемент + 20% трепела
		погружение		погружение		погружение неполное
		полное	неполное	полное	неполное	
Дистиллированная вода	3	267,0	246,3	212,0	239,0	323,0
	6	271,6	308,0	241,0	225,0	321,0
	12	286,0	283,5	217,0	256,0	267,5
Речная вода	3	262,5	253,0	201,6	202,0	279,6
	6	273,0	306,0	245,0	242,0	292,0
	12	—	274,0	228,0	249,0	235,5
CaSO ₄ насыщенный	3	266,0	253,0	200,0	205,0	224,0
	6	277,0	253,0	235,6	238,0	308,0
	12	171,0	258,0	228,6	225,0	219,0
MgSO ₄ 5%	3	224,0	224,6	208,0	209,3	229,6
	6	234,0	205,0	257,8	270,0	265,1
	12	90,0 ¹	165,0 ¹	124,5 ¹	84,0 ¹	74,0 ¹
Na ₂ SO ₄ 5%	3	226,0	271,6	226,0	247,6	287,0
	6	243,0	238,0	275,5	231,0	253,0
	12	181,0 ²	155,5 ²	190,0 ²	246,0 ²	154,0 ²
MgCl ₂ 2%	3	252,0	249,3	172,0	236,0	275,3
	6	169,0	283,5	202,5	221,0	289,0
	12	113,0	182,0	178,0	206,5	240,5
Влажный воздух	3		193,6		180,6	227,0
	6		262,5		225,0	250,0
	12		351,0		232,0	272,0

¹ Сильно разрушены углы, грани и плоскости; в середине образца — беловатые иглы кристаллов.

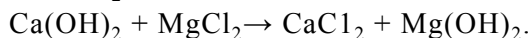
² Крошатся углы и грани.

Из полученных цифр можно сделать следующие выводы:

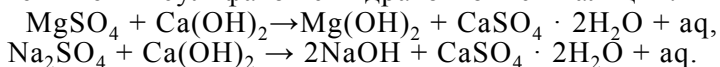
1) К годичному сроку почти во всех исследованных средах у образцов на всех трех видах цементов обнаружилось падение прочности.

2) У «пуцц. пц» падение прочности хотя и наблюдается, но менее интенсивное, чем у «пц».

3) Наиболее вредными для цементов всех трех видов являются агрессивные среды, содержащие магниевые соли, а также сульфат натрия при высоких концентрациях (2—5%). Резкое понижение прочности в среде, содержащей MgCl₂, объясняется высокой растворимостью CaCl₂ и вымыванием аморфной Mg(OH)₂, образующихся при реакции:



В среде же с MgSO₄ или Na₂SO₄ интенсивно протекают реакции обменного разложения этих сульфатов с гидратом окиси кальция:



В нормах указывалось допустимое содержание вредных примесей для воды затворения. Для воды, служащей средой, это содержание вредных примесей уменьшалось в два раза, и если этот предел нарушался, то нормы предлагали учитывать понижение прочности на 10%. Исследования ЦБЛ показали, что есть примеси, которые, будучи вредными в воде затворения, в воде-среде оказываются полезными (бикарбонат кальция), и наоборот. Следовательно для характеристики воды затворения и воды-среды необходимо знать не только количественные, но и качественные показатели.

Мало обоснован в нормах и суммарный предел содержания CaO и MgO — 500 мг/л. Если в воде-среде CaO присутствует в виде карбоната, то он может быть допущен в любых количествах, если же он связан с SO_3 , то он будет опасным и при концентрациях, меньших, чем указанные в нормах. То же можно сказать и относительно MgO .

Ограниченное нормами содержание свободной CO_2 —100 мг/л без указания на количество одновременно присутствующего бикарбоната кальция — тоже мало говорит о возможности коррозии. Если бикарбоната кальция много, то, как это установлено опытами Тильманса, и большие количества свободной CO_2 , не будут оказывать агрессивного действия.

Нормы предлагали производить точный химический анализ воды только тогда, когда при ее полевом исследовании устанавливалось содержание вредных примесей: кислая реакция по лакмусу, присутствие SO_4 '' (проба BaCl_2). Между тем кислая по лакмусу реакция говорит о водородном показателе, меньшем 4. Следовательно остаются без внимания заведомо агрессивные воды с водородным показателем от 4 и до 6,5.

В опубликованных трудах конференции по коррозии бетона, созванной отделением технических наук Академии наук СССР в марте 1936 г., проведено уже более строгое разграничение между водой затворения и водой-средой. Вредные примеси и предельное их содержание устанавливаются на основании большого количества экспериментальных работ в области коррозии бетона. Но и эти труды несвободны от недостатков. В них в частности слабо отражена роль магния. Продолжающиеся исследовательские работы в области коррозии помогут со временем заполнить эти пробелы и лучше оградить наши бетонные сооружения от разрушительного влияния воды.

ГЛАВА VIII

ТЕРМОАКТИВНАЯ ОПАЛУБКА

При отрицательных температурах бетонные и железобетонные работы на строительстве канала Москва — Волга производились с применением следующих методов:

- 1) термос для конструкций с модулем поверхности не выше 5; на время укладки бетона устанавливались временные разборные тепляки,
- 2) тепляки для конструкций с модулем поверхности, большим 6,
- 3) пропаривание,
- 4) термоактивная опалубка.

Первые три метода общеизвестны и их подробного описания не требуется. Ниже описывается только метод термоактивной опалубки. Этот метод был впервые испытан на Туломской ГЭС. На строительстве же канала Москва—Волга он был подробно разработан в ЦБЛ и широко применен при бетонировании конструкций, которые не могли быть возведены по способу термоса, т. е. имевших модуль поверхности больше 5 (колонны, балки, плиты и пр.).

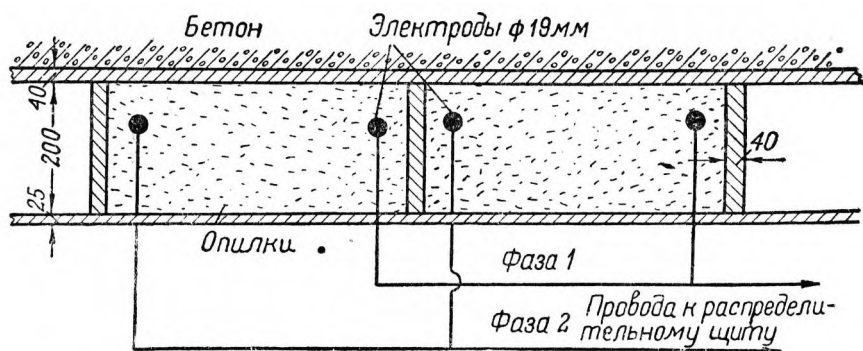
Метод термоактивной опалубки, примененный на строительстве Туломской ГЭС, состоял в следующем. Пространство между щитами опалубки было заполнено опилками, смоченными раствором поваренной соли, а вдоль щитов были установлены электроды из листового железа. При

пропускании электрического тока через опилки, засыпанные между электродами, температура в слое опилок повышалась, что и защищало уложенный бетон от действия отрицательных температур. Широкого распространения этот метод однако не получил вследствие того, что требовал большого расхода дефицитного кровельного железа.

ЦБЛ строительства канала поставила многочисленные эксперименты для выбора иных электродов, а также для установления сроков нагревания и остывания опилок и зависимости от концентрации раствора поваренной соли, влажности опилок, формы электродов и расстояния между ними. В результате удалось установить возможность использования электродов из обрезков арматурного железа, а также выявить оптимальный режим работы термоактивной опалубки.

Опыты производились с током напряжением 220 и 380 в.

При предварительных опытах применялись следующие аппаратура и материалы: деревянный ящик с внутренними размерами $20 \times 20 \times 60$ см, плоские электроды из автомобильной стали размером 15×22 см, толщиной 1 мм и стержневые электроды из арматурного железа разного диаметра; вольтметры и амперметры, сосновые опилки с первоначальной влаж-



Фиг. 35. Схема устройства термоактивной опалубки

ностью 36%; растворы поваренной соли различной концентрации: насыщенный раствор, растворы с содержанием соли 38, 19, 3 и 4%.

Опилки исследовались при увлажнении их раствором в 3, 5, 10 и 20% по объему. Первоначальная влажность опилок не учитывалась. Опилки увлажнялись поливкой с тщательным перемешиванием вручную.

Опыты производились по следующей методике: в ящике на определенном расстоянии укреплялись электроды; ящик с трамбованием наполнялся опилками, увлажненными раствором; в опилках устанавливался термометр.

В результате опытов было установлено, что:

1) с увеличением концентрации раствора сила тока сильно возрастает (достигая при опытах 140 а), нагревание опилок до $+96^\circ$ происходит в течение нескольких секунд; между электродами и опилками происходит сильное искрение; по мере уменьшения концентрации процесс нагревания опилок проходит спокойнее; при концентрации раствора, соответствующей плотности его 1,039, нагревание опилок до $+96^\circ$ происходило в течение 8—10 мин. и сила тока не превышала 18 а;

2) увеличение количества раствора в опилках также ведет к ускорению нагревания при повышении силы тока: при содержании в опилках раствора в количестве 5% по объему нагрев до $+89^\circ$ происходил в течение 22 мин. при наибольшей силе тока 5 а, в опилках же с количеством раствора 20% нагревание до $+95^\circ$ происходило за 3 мин. при силе тока 50 а;

3) расстояние между пластинчатыми электродами меньше 20 см приводит к сильному парообразованию и искрению у электродов; пластин-

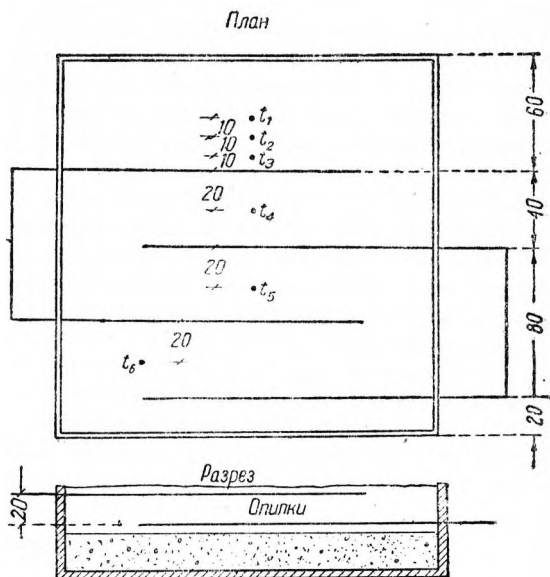
чатые электроды можно заменить электродами из круглого железа диаметром 19—20 мм; уменьшение диаметра электродов приводит к искрению между опилками и поверхностью электродов.

Предварительными опытами было установлено, что оптимальным является раствор с содержанием соли 4% и плотностью 1,039. Количество раствора в опилках было принято 8—10% по объему. При укладке в опалубку опилки должны уплотняться трамбованием. Общая схема устройства термоактивной опалубки показана на фиг. 35.

После получения предварительных результатов были проведены опыты прогрева плит размером 2 × 2 м. Расположение электродов и мест замера температур показано на фиг. 36. Электроды — из круглого железа $d=19$ мм; раствор соли — плотностью 1,039; количество раствора—9% объема опилок. Прогрев производился в течение 45 мин. током напряжением 220 в. Наблюдения за температурой и силой тока производились каждую минуту. Температура наружного воздуха во время опыта колебалась от +5 до +6°.

Обогрев происходил спокойно, искрения и образования пара не наблюдалось, но зато для подъема температуры потребовалось значительное время.

Произведенные в лаборатории повторные опыты обогрева плит и колонны внесли некоторые коррективы в предварительные выводы и дали основной материал для составления временной инструкции на устройство термоактивной опалубки. Ниже приводятся основные положения этой инструкции.



Фиг. 36. Расположение электродов

1. ОПИЛКИ

Для устройства термоактивной опалубки пригодны обычные опилки хвойных пород, в которых могут быть куски коры не крупнее 5 см. Влажность опилок — около 35—40%. Для придания опилкам электропроводности они смачиваются раствором поваренной соли. При напряжении тока в 220 в концентрация раствора — 58 г хлористого натрия на 1 л и при напряжении 380 в — 25 г на 1 л.

К опилкам с влажностью 35—40% добавляется раствор в количестве 10—15% по объему, т. е. 100—150 л на 1 м³ опилок. Раствор нужно готовить в горячей воде. Подливание раствора в опилки лучше производить в стороне с тщательным перемешиванием. В отдельных случаях при сильных морозах можно засыпать опилки в опалубку, поливая их раствором и перемешивая на месте: в этом случае уменьшается потеря тепла опалубкой.

Опилки укладываются слоями толщиной 30 см и тщательно и равномерно уплотняются. Плотная укладка опилок обеспечивает им хороший контакт с электродами и создает в их среде равномерный тепловой режим. При плохом уплотнении опилок может уменьшаться сила: тока.

Смерзшиеся комья опилок ухудшают контакт с электродами и создают неровный тепловой режим опалубки. Поэтому при укладке опилок смерзшиеся комья должны удаляться или разминаться. Если же правильно

уложенные опилки замерзли уже в опалубке при установленных электродах, то ток может быть включен. В этом случае вначале сила тока будет меньше, но по мере нагревания она достигнет нормальной величины. Для того чтобы ускорить получение нормальной силы тока, допускается поливка верхнего слоя опилок, между электродами, горячим раствором соли.

Ни в коем случае нельзя допускать непосредственного соприкосновения опилок с бетоном: между бетоном и опилками необходимо всегда оставлять слой изолирующего материала (например дерева). Отсутствие такого изолирующего слоя приводит к тому, что ток с громадными потерями энергии проходит через бетон и не только не дает нужного теплового эффекта, но и создает жизнеопасное напряжение на частях сооружения, имеющих связь с подогреваемым элементом.

Толщина уплотненного слоя опилок должна быть 20 см.

При обогривании горизонтальных поверхностей опилки должны быть защищены толем, мешковиной, брезентом или соломенными матами от атмосферных осадков и от чрезмерной теплоотдачи.

Если опилки, температура которых при обогреве поднималась до 90—95°, успели высохнуть, то их необходимо увлажнить чистой, желательно горячей, водой. Увлажнение должно быть равномерным, что хорошо достигается при горизонтальных элементах; в вертикальной термоактивной опалубке опилки меньше подвержены высыханию и при 15% добавленного раствора редко требуют дополнительного увлажнения.

2. ЭЛЕКТРОДЫ

В качестве электродов можно применять круглое железо диаметром не меньше 19 мм, которое не должно быть покрыто маслом или грязью.

При напряжении тока 220 в расстояние между электродами должно быть от 40 до 80 см, при напряжении 380 в — от 65 до 100 см (если этому не мешают конструктивные условия элемента).

Контакт электрода с проводом, подводящим ток, должен быть плотным и надежным. При неплотном контакте в нем создается большое переходное, меняющееся, сопротивление, нарушающее равномерность про-

цесса и вызывающее искрение и нагрев контакта, могущий привести к пожару. Все контакты должны быть выполнены открытыми, за их состоянием следует обеспечить постоянное наблюдение.

Электроды не должны касаться деревянных элементов опалубки. В исключительных случаях в местах касания необ-

ходимо устраивать тепловую изоляцию между электродом и деревом (например асбестоцементными трубами). Короткие электроды могут наращиваться только электросваркой. Контакты должны быть защищены от попадания на них раствора соли, так как образующиеся при высыхании раствора кристаллы соли повышают сопротивление контактов.

Опытом была проверена скорость остывания опилок. Ящик 50 × 50 × 20 см с опилками и 9%-ным раствором был подогрет до + 30°, после чего помещен в холодильную камеру с температурой около —20°. Температура опилок измерялась в центре ящика и у торцевой стенки. Результаты измерения температуры показаны в табл. 36.

Таблица 36

Время измерения температуры	Температура в °С	
	в центре ящика	у торцевой стенки
В момент установки в холодильник	+ 30	+ 30
Через 6 час.	+ 19	+ 9
" 19 " 	+ 6	+ 1
" 30 " 	+ 2	+ 0,5

Эти данные свидетельствуют о том, что опалубку можно прогревать 1—2 раза в сутки (в зависимости конечно от качества опалубки, температуры воздуха и наличия ветра); как показали опыты, на подогрев опилок требуется меньше часа. Эти два момента составляют весьма ценное преимущество термоактивной опалубки, позволяя расходовать электроэнергию в часы минимальной нагрузки сети.

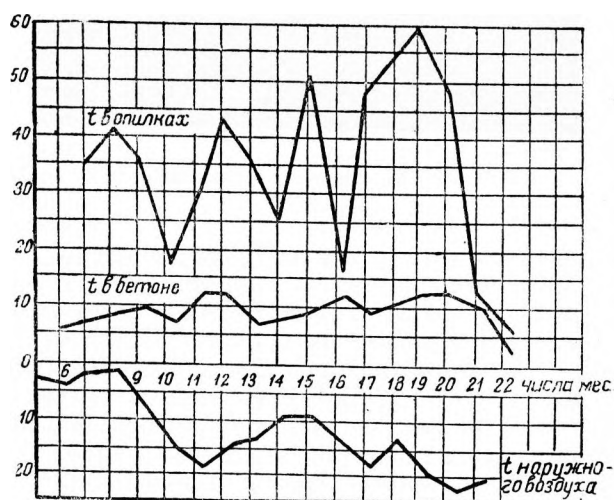
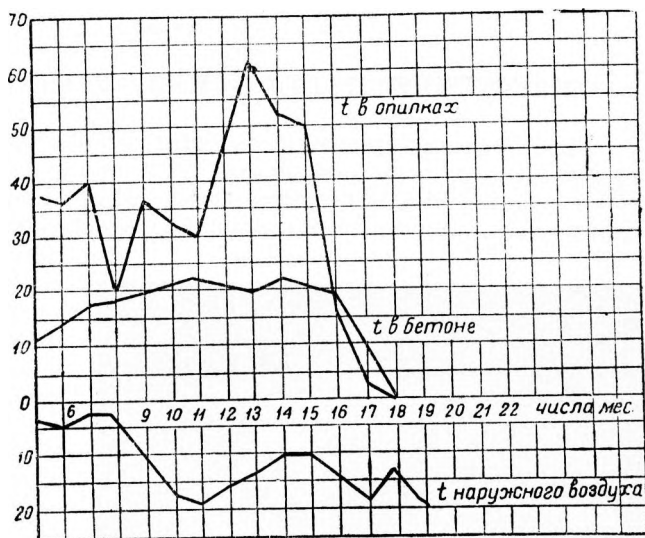
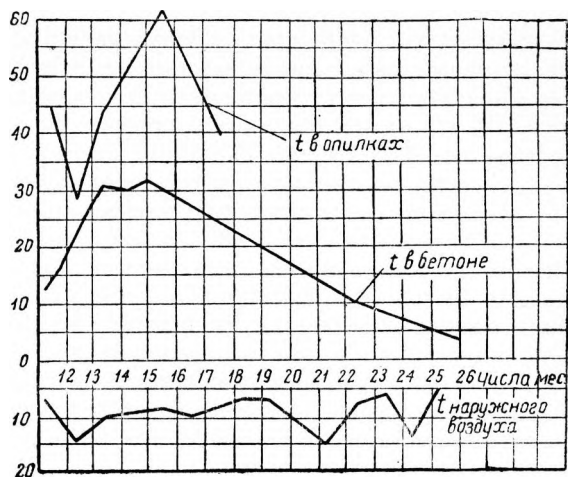
Специальными опытами изучалось влияние термоактивной опалубки на качество бетона.

Полученные данные показали, что влияние опалубки — исключительно тепловое. Прочность бетона, заключенного в термоактивную опалубку, зависит исключительно от поддерживаемой в нем температуры. Обогревание и охлаждение бетона в термоактивной опалубке происходят плавно, без скачков, что также является преимуществом этого способа обогрева бетона.

На строительстве канала методом термоактивной опалубки было прогрето около 4 500 м³ бетона, укладываемого главным образом в колонны, балки, перекрытия, тонкие стенки, плиты и т. п. Хотя этот метод применялся преимущественно в зимних условиях, он, принципиально говоря, может быть применен и в летних условиях, когда нужно ускорить твердение бетона.

Фактический режим прогрева и температура бетона в производственных условиях характеризуются графиками фиг. 37.

Термоактивная опалубка, находящаяся под током, представляет опасность для жизни людей. Поэтому при работах с нею должны быть приняты специальные меры по технике



Фиг. 37. Среднесуточные температуры твердения бетона в термоактивной опалубке: Сверху вниз в подкрановой балке здания ГЭС на р. Сходне; в блоке здания скорых фильтров водопроводной станции; в перемычке здания смесителя

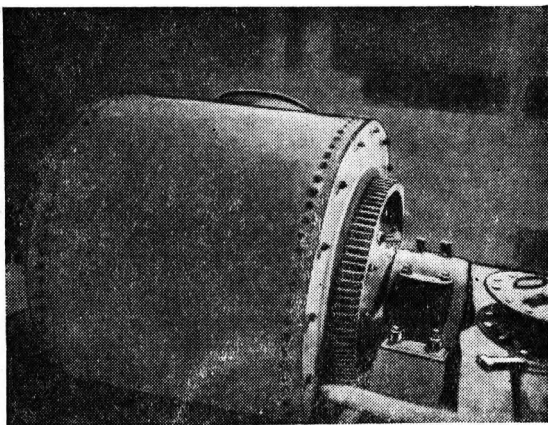
безопасности. Персонал, обслуживающий прогрев, необходимо снабдить резиновыми сапогами и перчатками. Во время прогрева никто кроме обслуживающего персонала не должен допускаться к прогреваемым элементам. На время нахождения опалубки под током место работы необходимо оградить. Ток можно включать лишь после проверки готовности элементов и после соответствующего звукового или светового сигнала.

В зимних условиях требуемую прочность бетона чрезвычайно важно получить в возможно более ранние сроки твердения. Для этого, кроме цемента высоких марок, уплотнения бетонной смеси вибрированием и создания высокотемпературного режима, на строительстве канала применялись также ускорители твердения, главным образом хлористый кальций. Опуская подробности применения этого ускорителя, укажем лишь, что, как показала практика, различные цементы неодинаково твердеют при добавке хлористого кальция; оптимальная дозировка хлористого кальция для разных цемента колеблется от 1 до 4%.

ГЛАВА IX

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕМЕНТ И ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ БЕТОНА

Вязущее для гидротехнических сооружений должно, как известно, обладать следующими основными свойствами: малой экзотермичностью, малыми усадочными деформациями, достаточной водостойкостью, воздухо-



Фиг. 38. Шаровая мельница

стойкостью, устойчивостью против совместного действия воды и мороза, прочностью и водонепроницаемостью. Кроме того бетонные смеси на этом вяжущем должны быть удобообрабатываемыми. Работник Строительства инж. Шестоперов С. В. и консультант лаборатории инженер Кувькин Б. А. при участии проф. Юнга В. Н. разработали новый тип вяжущего, свойства которого значительно приближаются к перечисленным. Новое вяжущее было подробно исследовано в ЦБЛ.

Это вяжущее состоит из молотого портландцементного клинкера, молотого песка и трепела. Вернее, собственно вяжущее состоит из портландцемента и трепела, песок же, по

крайней мере в первой фазе твердения, служит заполнителем, составляющим остов цементного камня. Роль этого остова — воспринять деформации, связанные с усадочными и температурными явлениями, и оказать некоторое влияние на процесс твердения.

Бетоны, приготовленные на этих «гидротехнических» цементах, были исследованы в ЦБЛ в различных смесях составляющих и сравнены с бетоном на чистом портландцементе. Различные пропорции составляющих испытанных бетонов показаны в табл. 37.

Примененный трепел Тентиковского карьера высушивался, размалывался в шаровой мельнице (фиг. 38) до остатка 12% на сите в 4 900 отв/см² и затем поступал на смешение. Песок перемалывался в той же мельнице и до той же тонкости, что и трепел. Для приготовления различных цементов составляющие в течение 15 мин. перемешивались в шаровой мельнице порциями до 400 л.

Таблица 37

Составляющие в % от общего веса	Серия	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
	Цемент		60	60	60	60	50	50	50	40	40	40	40	100	80
Трепел		15	20	25	—	13	17	21	10	13	17	—	—	20	—
Молотый песок		25	20	15	—	37	33	29	50	47	43	—	—	—	20
Количество портланд- цемента в кг/м ³		180	180	180	180	150	150	150	120	120	120	120	300	240	240

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Нижеприводимые табл. 38 и 39 характеризуют исходные материалы, примененные в «гидротехническом» цементе.

Таблица 38

Химический состав

Элементы	Содержание в %		
	портланд- цемент	трепел	песок
SiO ₂	21,88	79,49 (6,31 ¹)	93,22
Fe ₂ O ₃	3,89	2,92	0,89
Al ₂ O ₃	5,39	11,33	3,53
CaO	63,28	1,17	0,80
MgO	0,78	0,68	0,34
SO ₃	1,40	1,07	1,10
CO ₂	—	—	0,31
Нерастворимый осадок	1,40	—	—
Органические вещества	—	0,27	0,17
Потери при прокаливании	1,62	2,84	0,48
Влажность	0,83	4,14	0,17

Таблица 39

Гранулометрический состав

Портландцемент		Трепел		Песок	
предельный диаметр фракций в микронах	содержание фракций в % ²	предельный диаметр фракций в микронах	содержание фракций в % ³	предельный диаметр фракций в микронах	содержание фракций в % ⁴
122—62	20,5	75,0—33,4	48,9	96,0—47,4	34,0
62—44	19,2	33,4—19,4	19,4	47,4—34,0	27,0
44—26	13,0	19,4—13,6	8,9	34,0—21,4	20,4
36—31	9,6	13,6—9,6	7,0	21,4—11,8	13,2
31—19,4	22,6	9,6—6,8	9,5	11,8—8,6	5,4
19,4—14	10,5	6,8—5,2	6,3	—	—
14—10	4,6	—	—	—	—

¹ Активной кремнекислоты, определенной методом пятикратного выщелачивания — 6,31%, а методом поглощения извести — 197 мг/л.

² Вероятнейший диаметр частиц $I_{\Gamma} = 27$.

3 " " " " $2\Gamma = 7,5$.

4 " " " " $2\Gamma = 40$.

До изготовления образцов все цементы подвергались полному стандартному испытанию. Для испытания на прочность, воздухоустойчивость, сопротивляемость совместному действию воды и мороза изготавливались кубики $20 \times 20 \times 20$ см, для испытания на водостойкость — кубики $2 \times 2 \times 2$ см, для определения деформаций $2 \times 2 \times 2$ м и для испытания на водонепроницаемость — призмы $20 \times 20 \times 10$ см.

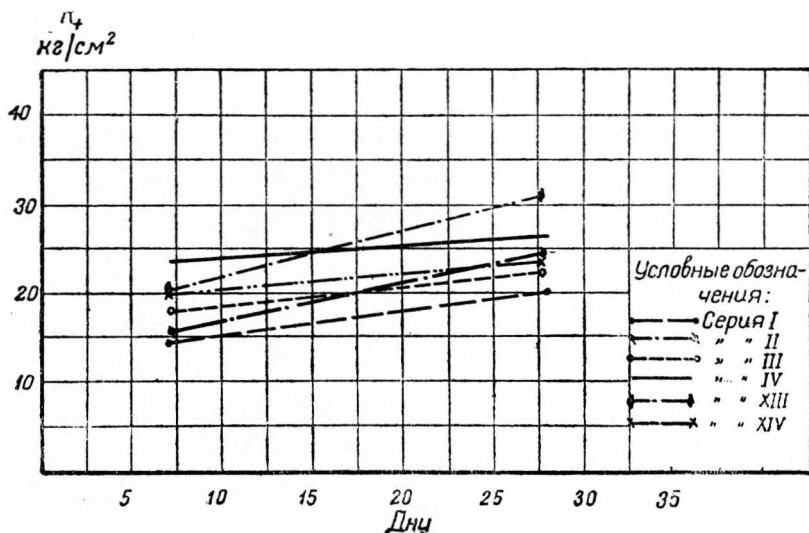
Бетон во всех случаях уплотнялся вибрированием. Для получения сравнимых результатов расход вяжущего для всей серии был определен в 300 кг на 1 м^3 бетона. Количество воды было различным: водоцементное отношение определялось из условия получения смеси одинаковой удобообрабатываемости.

2. ПРОЧНОСТЬ БЕТОНОВ НА «ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ» ЦЕМЕНТЕ

На фиг. 39 показан один из графиков, характеризующих временное сопротивление растяжению (раствор 1:3 на Вольском песке), а на фиг. 40 — временное сопротивление сжатию бетона на различных вяжущих.

Данные этих (и других аналогичных) графиков позволяют сделать следующие выводы:

а) Бетон с расходом портландцемента 300 кг/м^3 (XII серия) имеет весьма высокое временное сопротивление сжатию.



Фиг. 39. Временное сопротивление растяжению растворов 1:3

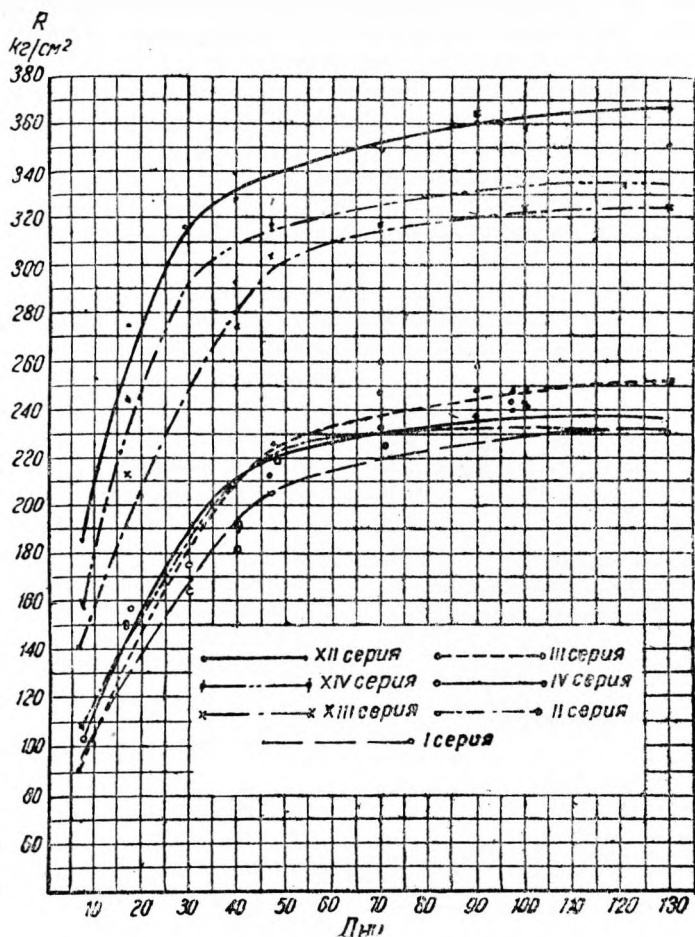
б) При расходе портландцемента 180 кг/м^3 (IV серия) бетон во все сроки твердения дает меньшие показатели прочности. Это объясняется тем, что при расходе портландцемента 180 кг/м^3 водоцементный фактор из условия сохранения одинаковой удобообрабатываемости был взят большим (0,79 вместо 0,49 при расходе цемента 300 кг/м^3).

Влияние на прочность бетона различного $\frac{W}{C}$ при различном расходе цемента весьма показательно для образцов обеих серий (табл. 40).

в) Прочность бетонов на «гидротехническом» цементе несколько уступает прочности серии IV.

Так, если временное сопротивление серии IV к 30-дневному возрасту принять за 100% (177 кг/см^2), то прочность серий на «гидротехническом» цементе составит соответственно:

серия VI 171 кг/см^2 — 97%₀
 IX 124 — 70%₀



Фиг. 40. Временное сопротивление сжатию бетона на различных вяжущих

Однако по абсолютной величине прочность бетонов даже серии IX, содержащих на 1 м^3 лишь 120 кг портландцемента, удовлетворяет требованиям гидротехнического строительства, превышая прочность бетонов марок 90 и 110.

Таблица 40

3. МОРОЗОСТОЙКОСТЬ И ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТЬ БЕТОНА НА «ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ» ЦЕМЕНТЕ

Опыты показали, что 25-кратное замораживание и последующее оттаивание снижают прочность насыщенных водой образцов в возрасте 7 и 30 дней.

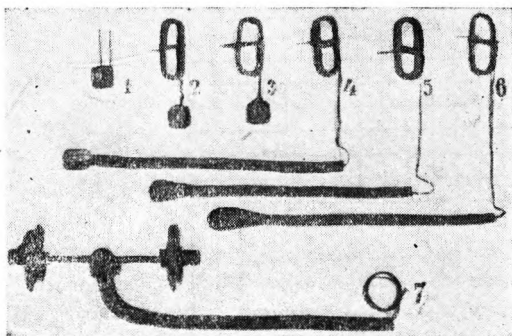
Потеря прочности у 7-дневных образцов составляет 16—26%, причем эти потери проявляют некоторую тенденцию увеличиваться с уменьшением содержания портландцемента в сложном вяжущем. Наряду с этим

Возраст образцов в днях	Прочность образцов при расходе портландцемента		
	300 кг/м^3 и $\frac{W}{C} = 0,49$ (XII серия) в кг/см^2	180 кг/м^3 и $\frac{W}{C} = 0,79$ (IV серия) в кг/см^2	в % к XII серии
7	185	103	56
17	274	157	58
30	319	177	56
47	304	220	72
70	350	227	65
90	359	236	66

замороженный в 7-дневном возрасте бетон после 30 дней хранения в нормальных условиях активно восстанавливает свою прочность. Это восстановление прочности выражается в 27—70% по сравнению с образцами, не помещенными в нормальные условия хранения.

У образцов, замороженных в 30-дневном возрасте, потеря прочности резко снижается: в среднем она составляет всего 0,7% от нормальной прочности. Что касается восстановления прочности, то у бетона, замороженного в 30-дневном возрасте, оно происходит менее интенсивно, это объясняется тем, что к моменту замораживания бетон уже успевает достигнуть определенной зрелости.

Показатели водонепроницаемости, полученные при испытании бетонов на сложном вяжущем, оказались вполне аналогичными показателям прочности при замораживании. У образцов, замороженных в 7-дневном возрасте, водонепроницаемость снижается, а после выдержки образцов в нормальных условиях — восстанавливается. Аналогично и образцы, замороженные в 30-дневном возрасте, сначала дают небольшое снижение водонепроницаемости, а затем при последующем 30-дневном нормальном хранении полностью выдерживают испытание на водонепроницаемость.



Фиг. 41. Последовательность подготовки телетензометра:

1 — катушка сопротивления 1 000 ом; 2 — припаян провод; 3 — катушка изолирована лентой; 4 — катушка изолирована пергаментом; провод — резиновой трубкой; 5 — катушка изолирована чатертоном; 6 — термометр сопротивления; 7 — телетензометр в готовом рабочем виде

4. ДЕФОРМАЦИЯ БЕТОНА

Деформации бетона измерялись на кубах $2 \times 2 \times 2$ м с помощью телетензометров (струнный метод проф. Н. Н. Давиденкова), дающих суммарную деформацию от усадочных и температурных явлений.

На фиг. 41 показана схема подготовки катушки сопротивления и присоединения ее к телетензометру[^]

В каждом блоке были заложены три телетензометра: два горизонтальных — внизу и вверху блока и один вертикальный — в центре блока. Все телетензометры находились на расстоянии 0,5 м от наружных поверхностей блока. Состав вяжущего блоков показан в табл. 41.

Результаты измерения деформаций сведены в график (фиг. 42).

Из полученных результатов можно сделать следующие краткие выводы:

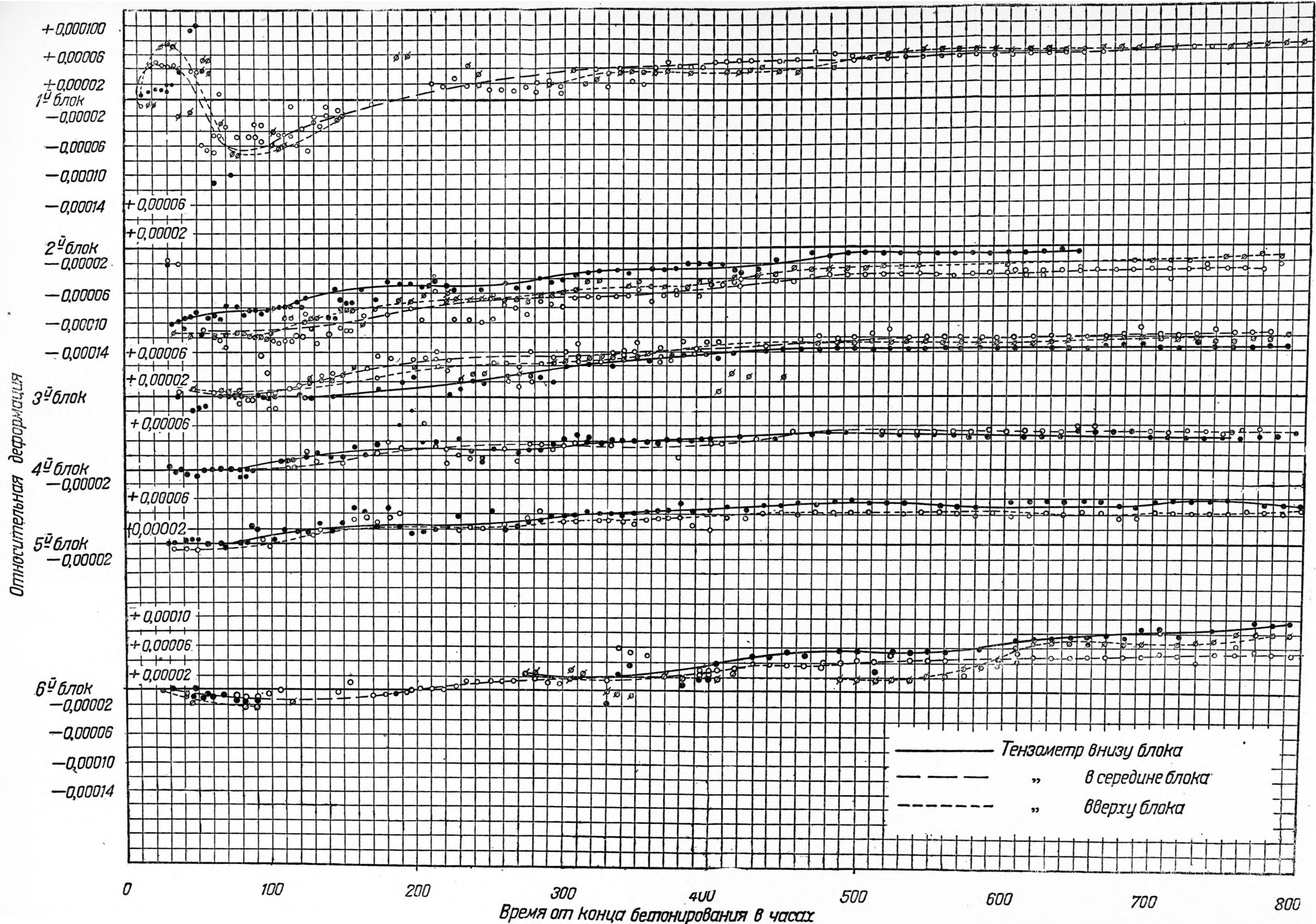
а) в течение первых 100 час. бетоны на «гидротехнических» цементах (блоки № 3, 4 и 5) почти не дают деформаций;

б) бетон блока № 6, как и блока № 2, приготовлен на чистом портландцементе при одинаковом расходе — 280 кг/м^3 ; но в то время, как блок

Таблица 41

№ блоков	Расход вяжущего в кг/м^3	Состав (портландцемент : трепел : молотый песок)	Примечание
1	400	100 : 0 : 0	—
2	280	100 : 0 : 0	—
3	300	60 : 20 : 20	II серия ¹
4	300	50 : 17 : 33	VI " 1
5	300	40 : 13 : 47	IX " 1
6	280	100 : 0 : 0	Блок тепло укутан, в двойной опалубке с засыпкой сухими опилками

¹ См. табл. 37.



Фиг. 42. Кривые деформаций бетона в блоках

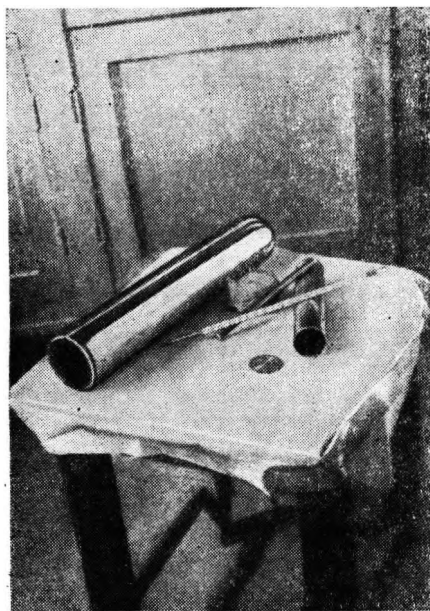
№ 2 дает деформации, большие, чем блоки № 3, 4 и 5 из бетонов на «гидротехнических» цементах, деформации блока № 6 почти не отличаются от них; это объясняется влиянием теплого укутывания блока № 6;

в) молотый песок уменьшает усадочные деформации;

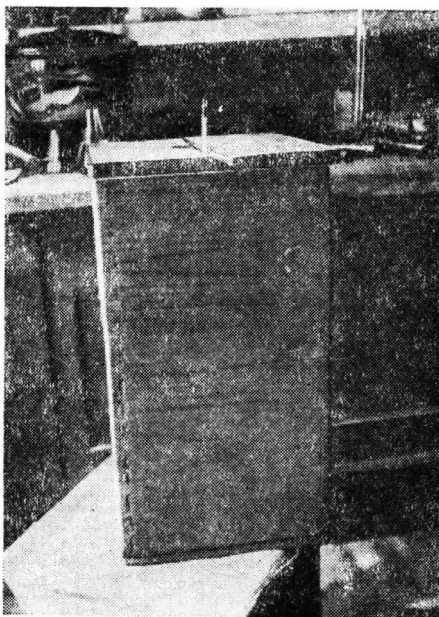
г) так как у бетонов на «гидротехнических» цементах усадочные деформации малы, то опасность появления трещин в больших массивах значительно уменьшается.

5. ЭКЗОТЕРМИЯ

Для получения данных, характеризующих экзотермию в «гидротехнических» цементах, наблюдения за развитием тепла проводились с момента затворения — сначала над твердеющим цементным тестом, а затем над цементным камнем.



Фиг. 43. Прибор для исследования температурных изменений в твердеющем бетоне



Фиг. 44. Фанерный ящик — футляр для дюаровского сосуда

Исследования температурных изменений были поставлены по методу, предложенному Р. Грюн и В. Келер¹.

Метод состоит в следующем. В дюаровский сосуд помещается медный полый цилиндр со съемным дном. Цилиндр наполняется цементным тестом, в которое погружается медная гильза с термометром. Размеры цилиндра: $H = 200$ мм, $d = 35$ мм; размеры гильзы: $H = 150$ мм и $d = 8$ мм. Прибор в разобранном виде показан на фиг. 43.

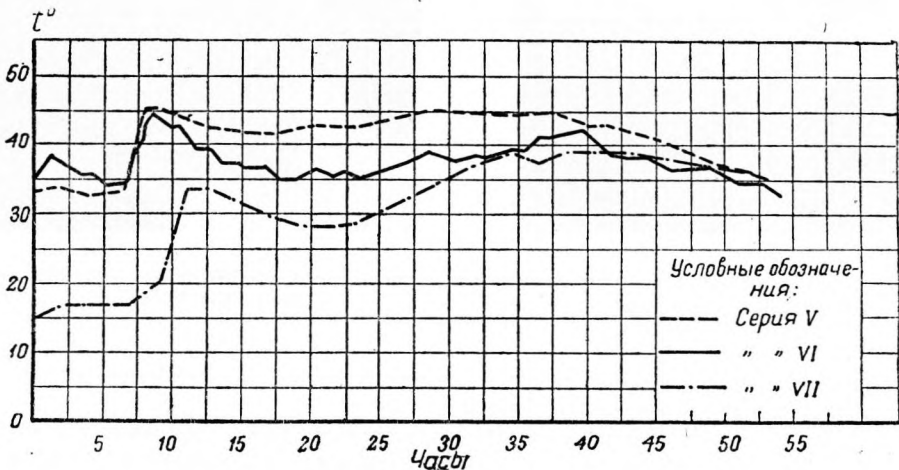
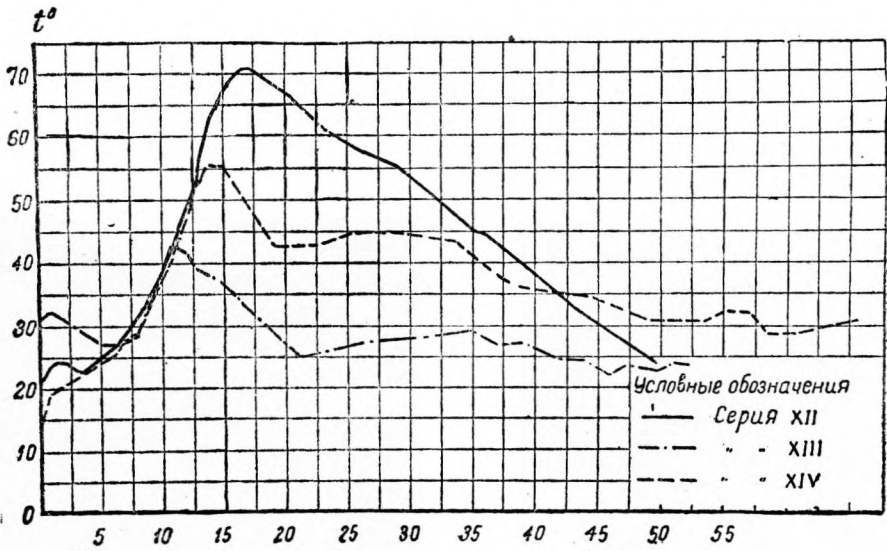
После сборки прибора дюаровский сосуд плотно закрывается пробкой, сквозь которую проходит гильза с термометром. В таком виде сосуд помещался в фанерный ящик-футляр (фиг. 44), наполненный термоизоляционным материалом.

Отсчеты по термометрам брались через каждые полчаса, а в особо интересные моменты — и чаще. Некоторые характерные результаты наблюдений над изменением температуры в цементном тесте представлены на фиг. 45.

¹ R. Grün, W. Köhler, «Bauingenieur» № 23/24, 1936.

Как видно из графиков, развитие тепла протекает неодинаково в различных вяжущих. В чистом портландцементе (обозначенном пц) максимальный подъем температуры достигается через 18 час. с момента затворения, в образцах же из «гидротехнического» цемента это достигается через 7,5—10 час.

У температурных кривых намечаются две ступени подъема. У образцов «гидротехнического» цемента первая ступень больше по абсолютной ве-



Фиг. 45. Изменение температур цементного теста в начальные сроки твердения:

вверху — образцы из чистого портландцемента; портландцемента и трепела; портландцемента и молотого песка; внизу — образцы из «гидротехнического» цемента

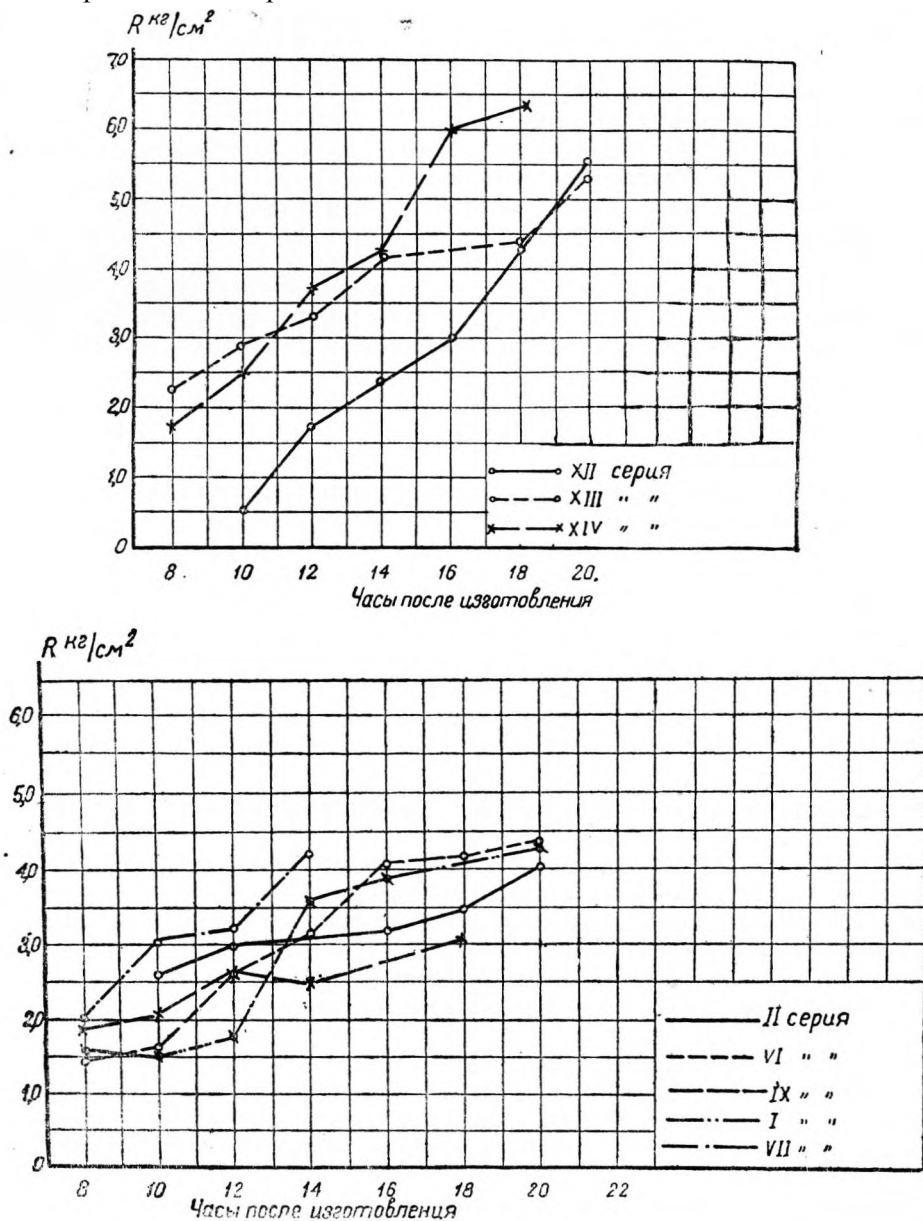
личине, чем у портландцемента: разница же между значениями первой и второй ступени «гидротехнического» цемента меньше, чем у портландцемента. Это обстоятельство имеет большое практическое значение, поскольку на первой ступени до начала схватывания подъем температуры не может вредно влиять на структуру бетона и монолитность последнего от этого подъема не пострадает. В период же дальнейшего твердения бетонный монолит не будет претерпевать значительных температурных деформаций, потому что температура поднимается медленно и незначительно.

Более спокойное и равномерно распределенное во времени выделение тепла способствует более равномерному прогреву всего массива. Благодаря этому уменьшается возможность значительного температурного перепада от ядра массива к периферии. Поэтому и напряжения в бетоне, вызываемые температурным градиентом, будут невелики.

С точки зрения экзотермичности наиболее благоприятной оказалась серия VI, содержащая 50% портландцемента, 17% трепела и 33% молотого песка.

6. ВЛИЯНИЕ НА БЕТОН НАГРУЗКИ ОТ СОБСТВЕННОГО ВЕСА

При укладке в большие массивные блоки бетон уже в самые ранние сроки твердения подвергается сдавливанию вышележащими слоями. Это



Фиг. 46. Прочность центрофугированных образцов из: сверху — чистого портландцемента; портландцемента и трепела; портландцемента и молотого песка; внизу — „гидротехнических“ цементов

вызывает необходимость оставлять твердеющий бетон в опалубке в течение 3—4 суток, причем, если бетон изготовлен на медленно твердеющих вяжущих, например на пуццолановых и «гидротехнических» цементах, то выдерживание в опалубке требуется еще более длительное.

Нагрузка недостаточно затвердевшего бетона ведет к разрушению гелевых образований, характеризующих схватывание в начальные стадии твердения цементов. Это нарушает структуру твердеющего бетона, а в дальнейшем уменьшает его прочность.

Для изучения влияния нагрузки от собственного веса бетона (особенно на вяжущем из пуццоланового и «гидротехнического» цемента) были поставлены специальные опыты, проводившиеся методом моделирования напряжений на центрифуге системы проф. Г. И. Покровского. Эта центрифуга дает возможность, моделируя напряжения, увеличивать их в 100—300 раз.

Моделирование производилось следующим образом: в каретку центрифуги укладывался образец бетона (кубик или призма) и центрифуга вращалась некоторое время с определенной скоростью. После этого образец вынимался из каретки и испытывался на прочность.

Испытанию были подвергнуты: два сорта портландцемента, шесть составов «гидротехнического» цемента, один состав цемента с трепелом и один состав цемента с песком. Из каждого состава было изготовлено по 30 кубиков $10 \times 10 \times 10$ см и 18 призм $10 \times 10 \times 20$ см. Половина всех образцов подвергалась центрифугированию в различные сроки — через 8, 10, 12, 14, 16, 18 и 20 час. после изготовления. Образцы до испытания не вынимались из опалубки. Каждое испытание производилось на трех образцах, и из полученных данных вычислялось среднее значение.

Если после центрифугирования образцы не имели заметных признаков разрушения, то их подвергали раздавливанию. Параллельно на раздавливание испытывались также кубики и призмы, не подвергавшиеся центрифугированию.

На фиг. 46 показаны кривые прочности центрифугированных образцов.

Такими испытаниями было определено наименьшее время, в течение которого образцы нужно было хранить в опалубке для того, чтобы они выдерживали нагрузку в 117 раз больше, чем вес слоя бетона, равного высоте образца, т. е. $0,1 \cdot 117 = 11,7$ м.

Это минимальное время пребывания образцов в опалубке составило для образцов: из чистого портландцемента (серия XII)—20 час.; из портландцемента и молотого песка (серия XIV) — 16 час.; из портландцемента и трепела (серия XIII) — 14 час. и из «гидротехнических» цементов (серии I, II, VI, VII и IX) — от 12 до 16 час. от начала твердения.

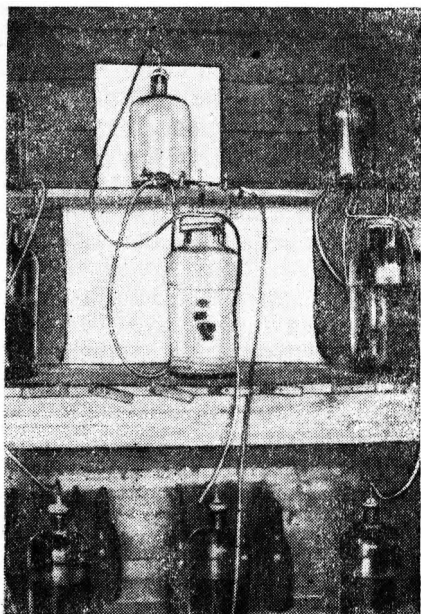
7. ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ РАСТВОРОВ НА «ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ» ЦЕМЕНТАХ

Исследуя различные растворы на выщелачивание, ЦБЛ применяла в качестве выщелачивающего агента прокипяченную (без углекислоты) дистиллированную воду, имеющую максимальную способность растворять различные соединения из цементов. Во всех испытываемых растворах отношение вяжущего к отощателю — кварцевому песку — было 1 : 4. Зерна песка проходили сквозь сито с отверстиями 0,6 мм и оставались на сите 0,3 мм.

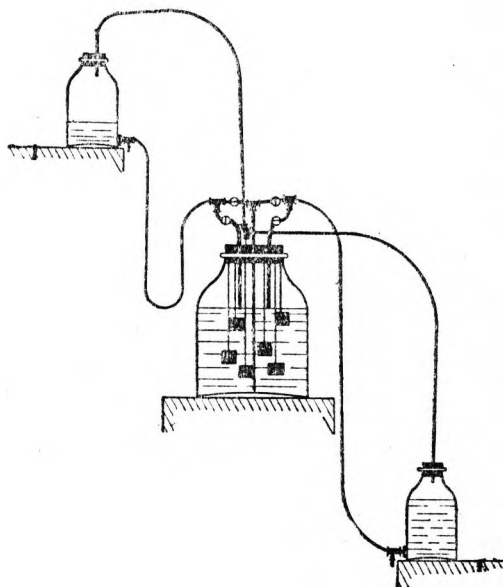
Перед выщелачиванием образцы в течение 30 дней выдерживались во влажной, без углекислоты, среде. Для выщелачивания бралось такое количество воды, при котором оно протекает достаточно интенсивно. Вода сменялась каждые 12 дней, в течение которых она перепускалась пять раз в сутки.

Принятая методика выщелачивания образцов в движущейся воде заключалась в следующем: выщелачивание образцов происходило под действием воды, медленно двигавшейся по поверхности цементного раствора. Это приближало условия испытания к условиям, обычным для работы

бетона гидротехнических сооружений. Температура воды была 14—18°. На фиг. 47 показан общий вид, а на фиг. 48—схема установки для испытания образцов на выщелачивание.



Фиг. 47. Общий вид установки для испытания образцов на выщелачивание



Фиг. 48. Схема установки для испытания образцов на выщелачивание

При испытаниях через каждые 12 дней определялось количество окиси кальция, выщелачиваемое из образцов различных серий. Данные этого определения в мг на 24 см² (площадь одного образца) показаны в сокращенной табл. 42.

Таблица 42

Время от начала выщелачивания в днях	«Гидротехнические» цементы состава портландцемент : трепел : : молотый песок			Чистый портланд- цемент (серия XII)	Портландцемент : : трепел 80 : 20 (серия XIII)	Портландцемент : : молотый песок 80 : 20 (серия XIV)	Примечание
	60 : 20 : 20 (серия II)	50 : 17 : 33 (серия VI)	40 : 13 : 47 (серия IX)				
12	64,80	60,65	50,80	111,3	45,00	50,70	Результаты серий I и III, V и VII, VIII и X близки к результатам II, VI и IX (соответственно) и поэтому не приводятся
36	19,55	16,95	169,50	31,4	20,60	18,20	
60	17,20	11,25	11,45	20,0	21,70	25,60	
84	12,60	9,40	11,20	15,7	10,30	30,40	
108	11,20	9,95	11,55	18,2	11,35	23,60	
132	7,20	7,00	8,55	13,5	10,15	9,45	
168	7,90	7,10	4,8	3,6	21,60	16,50	
180	7,20	2,40	4,70	9,7	28,80	24,00	
204	2,60	2,60	—	3,9	33,50	12,90	
216	—	2,60	2,60	1,3	5,50	5,10	
Всего	252,25	226,65	218,35	280,55	324,0	366,15	

Один из графиков, полученных при испытании на выщелачивание, показан на фиг. 49.

Наряду с выщелачиванием при испытаниях исследовались электропроводность выщелачивающейся жидкости с извлеченными ею веществами и влажность подвергнутых вымыванию образцов. Опыты показали следующие результаты:

1) Максимальное выщелачивание основного растворимого вещества — окиси кальция — показал чистый портландцемент (серия XII). Минимальное выщелачивание показал

раствор из 50% портландцемента, 21% трепела и 29% молотого песка (серия VII). Сравнительно немного выщелачиваются также растворы на «гидротехнических» цементах серий VI, IX и X. Образцы из 80% портландцемента и 20% трепела (серия XIII), показавшие удовлетворительные результаты до 144-го дня, далее до 216-го дня интенсивно выщелачивались.

Образцы из 80% портландцемента и 20% молотого песка (серия XIV) показали (при соответствующем пересчете) такое же выщелачивание, как и чистый портландцемент.

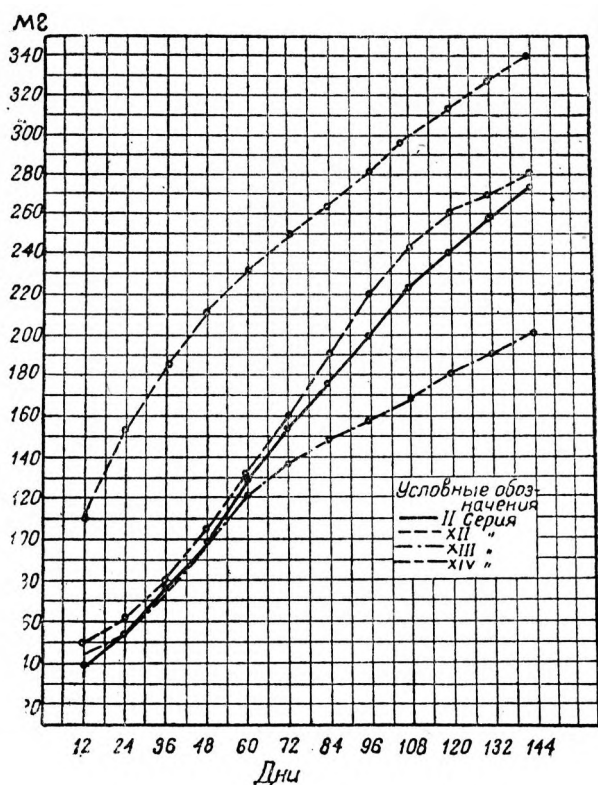
2) Выщелачивание образцов из «гидротехнического» цемента тем меньше, чем больше в них трепела. Что касается молотого песка, то его присутствие не уменьшает количества выщелачиваемой окиси кальция, либо даже увеличивает выщелачивание. Уменьшение выщелачивания окиси кальция в присутствии трепела объясняется

тем, что активная кремнекислотатрепела связывает известь в нерастворимое соединение. Увеличение же выщелачивания при добавке молотого песка объясняется увеличением внутренней поверхности и поэтому более интенсивным гидролизом цементных зерен и выделением окиси кальция.

3) Все исследованные вяжущие показали максимальное выщелачивание окиси кальция в первые дни; затем выщелачивание резко падает и через 84—96 дней более или менее стабилизируется (исключение составляет лишь серия XIII, показавшая увеличение выщелачивания после 144-го дня).

4) Выщелачивание кремнекислоты и полуторных окислов незначительно и зависит не столько от состава вяжущего, сколько от растворимости полуторных окислов и кремнекислоты в воде.

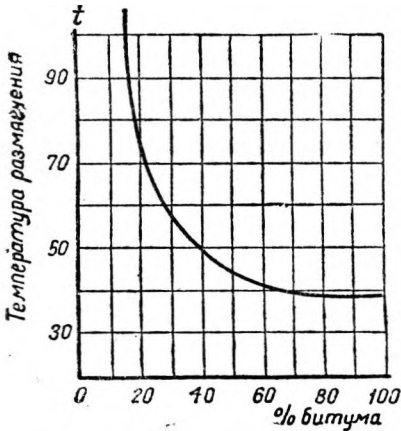
5) Судя по влажности подвергнутых вымыванию портландцементных образцов, их пористость со временем выщелачивания увеличивается; пористость же образцов, изготовленных на «гидротехническом» и пуццоланизированном цементах, уменьшается. Последнее может быть объяснено тем, что объем нерастворимых новообразований в этом случае гораздо больше, чем объем вымываемой окиси кальция. Поэтому поры, оставшиеся после выщелачивания окиси кальция, с избытком заполняются новообразованиями.



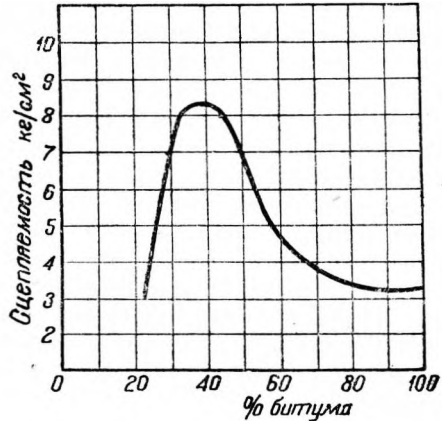
Фиг. 49. Кривые выщелачивания образцов растворов различного состава

8. ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ БЕТОНА

До строительства канала Москва — Волга битумная защитная изоляция не получила широкого применения из-за плохой связи битума с бетоном. Поэтому в области гидроизоляции основной задачей Строительства было изыскание способов получения наилучшей связи битума с бетоном.



Фиг. 50. Зависимость температуры размягчения смеси от содержания битума



Фиг. 51. Зависимость сцепляемости битумных масс от добавки песка

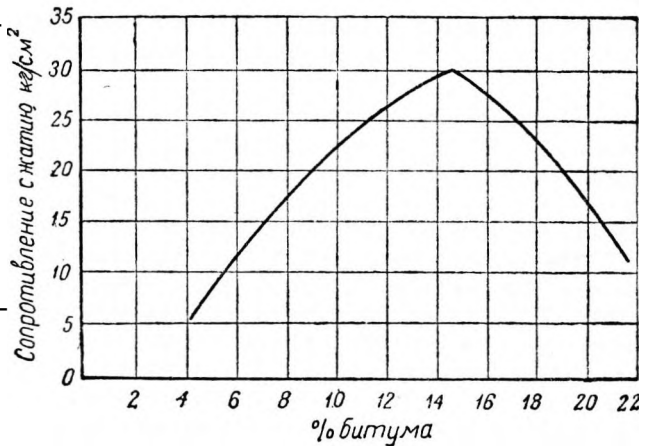
До известной степени это было достигнуто тем, что битум наносился на бетон в растворенном в бензине виде.

Битумы, растворенные в бензине, легко проникают в капилляры бетона. При испарении бензина весь поверхностный слой бетона оказывается покрытым битумом, и если такую обмазку нанести несколько раз, то поверхность бетона и все поры на глубину 1—3 мм окажутся заполненными битумом.

Наибольшее применение на строительстве канала Москва—Волга получил битум № 3 с температурой размягчения по «кольцу и шару» не ниже 50° , пенетрацией 40—70 мм и дуктильностью не ниже 40. Битумы марок № 1 и 2 размягчаются легко, а 4 и 5 — хрупки и малодуктильны.

Свойства битумных масс зависят от количества битума, а при употреблении заполнителей — от различной степени их дисперсности. От изолирующих масс требуются водонепроницаемость, значительная пластичность, наивысшая температура размягчения, максимальная сцепляемость с бетоном.

Наибольшую сцепляемость — выше 20 кг/см^2 — показали массы из 30—35% битума и 70—65% заполнителя. Температура размягчения такой массы — около 70° . Это значит, что при защите от прямого воздействия солнечных лучей возможность вытекания массы практически отпадает.



Фиг. 52. Сопротивление сжатию битумной смеси с различным процентом добавки песка

Ввиду того что тепловой режим в основаниях гидротехнических сооружений характеризуется невысокими температурами, швы на большой глубине заполнялись битумными массами более тощего состава: 22% битума и 78% заполнителя.

Для защиты бетона от проникания грунтовых вод, содержащих вредные примеси, служат битумные маты, склеенные тем же составом, которым залиты шпонки и швы. Наложенный на бетон мат схватывается не только с бетоном, но и с пропитывающим его битумом, причем сопряжение получается настолько прочным, что при попытке отдрать мат от бетона вместе с матом отрывается тонкий, пропитанный битумом слой бетона. Для удобства переноса маты армировались мешковиной, рогожей и т. п.

Битумные маты применялись как гидроизоляционный слой, подстилающий бетон стенок канала. В этом случае схватыванию битума с бетоном благоприятствует теплота, возникающая за счет экзотермии цемента.

Для облицовки стенок Водопроводного канала были применены битумные массы состава 7—8% битума и 93—92% песка, в свою очередь состоявшего из $\frac{2}{3}$ более крупных и $\frac{1}{3}$ мелких и пылевидных частиц. В 3—5-см слое такие массы водонепроницаемы, обладают сопротивлением свыше 50 кг/см² и температурой размягчения свыше 100°.

Проведенное в ЦБЛ исследование технических свойств цементированных битумных масс позволило установить следующие три основные зависимости:

1) зависимость температуры размягчения (битум—мелкозернистый песок) от состава смеси; как видно по кривой на фиг. 50, с увеличением содержания битума температура размягчения смеси падает;

2) зависимость сцепляемости битумных масс от добавки к ним песка, изображенную на фиг. 51;

3) зависимость сопротивления битумной смеси сжатию от добавки к ней песка (отсеянного до 0,3—0,6 мм и отмытого) — фиг. 52.

ГЛАВА X

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ БЕТОННОЙ ЛАБОРАТОРИИ 1. СОСТАВ И СТРУКТУРА ЛАБОРАТОРИИ

Центральная бетонная лаборатория (ЦБЛ) Строительства была организована в 1934 г. с некоторым запозданием. Поэтому далеко не все разработанные ЦБЛ мероприятия удалось применить на строительстве, а с другой стороны, и не все актуальные вопросы строительства были охвачены научно-лабораторными исследованиями ЦБЛ.

По объему работ ЦБЛ представляла собой большой самостоятельный отдел Управления строительства с многочисленными отделениями в районах. ЦБЛ была подчинена заместителю главного инженера, начальнику технического сектора строительства.

Штат сотрудников ЦБЛ изменялся в зависимости от объема работ. Наибольший штат состоял из 87 человек, работавших в группах: вяжущих материалов, отошателей, бетона, механических испытаний, холодильной, химических исследований, гидроизоляции, исследований и инструкторов.

Штаты лаборантов центральной и полевых лабораторий комплектовались исключительно из работников, подготовлявшихся на специально организованных курсах. Что же касается работников высших квалификаций (техников и инженеров), то в них ощущался большой недостаток. Принимаемых на работу инженеров приходилось заново знакомить с особенностями и требованиями лабораторной работы, затрачивая на это много времени.

ЦБЛ располагалась в специальном здании и имела ряд подсобных помещений — кладовую, мельницу и т. п. Общая площадь помещений ла-

боратории — около 675 м² — не соответствовала объему ее работ, и поэтому работать приходилось в чрезвычайно стесненных условиях, а в ряде отделений даже в три смены.

Оборудование центральной и полевых лабораторий позволяло производить любые стандартные испытания. Особо нужно отметить холодильную установку, на которой ЦБЛ провела множество исследований морозостойкости бетонов и исходных материалов.

Большим недостатком, тормозившим работу лаборатории, было отсутствие слесарно-механической мастерской. Проводившиеся в лаборатории экспериментальные работы часто требовали переделки аппаратуры, изготовления разных приспособлений и пр.; механизмы лаборатории нуждались в систематическом наблюдении и планово-предупредительном ремонте. Все это требовало небольшой, но хорошо оборудованной мастерской.

В зависимости от числа мест единовременной укладки, от объемов укладываемого бетона и от конструкций бетонных заводов штат полевых бетонных лабораторий состоял из 13—20 человек.

В техническом и методическом отношениях полевые бетонные лаборатории подчинялись ЦБЛ, а в административном — руководству района. Принятая на Строительстве система подчиненности правильно определила взаимоотношения производителей и работников лабораторий.

Кроме основной научно-исследовательской работы по технологии бетона, по контролю качества бетона и его исходных материалов ЦБЛ выполняла работы по определению качества камня для отмосток, гидроизоляционных материалов, горючих и смазочных веществ, производила химические анализы различных материалов, испытывала отдельные конструкции (подферменники, прокладки и др.), составляла инструкции на производство работ и пр.

К окончанию строительства, когда широко развернулись архитектурно-отделочные работы, к лаборатории предъявлялись требования на исследование и испытание отделочных материалов. Из-за отсутствия достаточного числа работников и оборудования лаборатория не могла полностью удовлетворить эти требования. Принципиально говоря, на стройках, подобных строительству канала Москва — Волга, нерационально загружать бетонную лабораторию, работающую над решением чрезвычайно ответственных задач, различными побочными работами. Для этого целесообразно организовать специальные лаборатории.

2. СИСТЕМА КОНТРОЛЯ

Помимо описанных ЦБЛ провела испытания и исследования: арматурного железа и электросварных стыков; качества цементов: прочности бетона в сооружениях: основных строительных свойств отощателей и т. д.

Кроме чисто исследовательской работы ЦБЛ осуществляла техническое руководство бетонными работами непосредственно на участках и контроль за выполнением этих работ в соответствии с преподанными инструкциями.

ЦБЛ ввела в практику строительства ежедневную сводку по качеству бетонных работ на каждом сооружении.

Для обеспечения систематического контроля за материалами и качеством бетонных работ полевые бетонные лаборатории (их было 17 во всех строительных районах и узлах) организовали контрольные посты на каждом бетонируемом сооружении (за исключением мелких объектов). Полевые лаборатории производили испытания материалов, поступавших для бетонных работ, — цемента, песка, гравия, трепела, воды; осуществляли контроль за хранением цемента, за приготовлением бетона по проектным составам ЦБЛ и правильностью технологического процесса на бетонных заводах, за качеством укладки бетона и зимой — за температурой в блоках и т. д. Они пользовались правом браковать материалы, не удо-

претворявшие техническим требованиям, запрещать производство работ при нарушении утвержденных инструкций и т. п.

Ввиду исключительного разнообразия поступавших материалов (цемента со многих заводов, инертных из многих карьеров) полевым лабораториям пришлось произвести огромное количество испытаний: 2,9 тыс. полных испытаний гравия, 2,8 тыс. полных испытаний песка, 15,8 тыс. проверок загрязненности и влажности песка, 17 тыс. проверок загрязненности и влажности гравия, 12,6 тыс. испытаний цемента на сроки схватывания и 12,8 тыс. испытаний цемента на равномерность изменения объема.

При контроле качества бетонной смеси, приготавливаемой из материалов весьма различных свойств, и при укладке этой смеси требовалась исключительная бдительность. Поэтому полевые бетонные лаборатории организовали непосредственно на строительных площадках суточное дежурство сменных лаборантов, требовавших от производителей работ тщательной обработки бетонной смеси и укладки ее без расслоения; они же фиксировали сроки вибрирования, контролировали по специальному графику уход за бетоном и т. д.

Проверка прочности укладываемого бетона состояла в набивке от каждых 500 м³ бетона шести контрольных кубиков бетона для испытаний.

Вся работа центральной и полевых бетонных лабораторий тщательно документировалась, благодаря чему к окончанию строительства был собран огромный материал, детальнейшим образом характеризующий производство и качество всех бетонных работ. Для систематизации этого материала были разработаны формы ряда документов, облегчающие обработку сведений, характеризующих производство и качество бетона в каждом сооружении и отдельных его частях. К таким документам относятся:

- а) ведомости лабораторных испытаний цемента, песка, гравия, трепела, воды, гидроизоляционных материалов, контрольных бетонных образцов, арматурного железа и сварных стыков арматуры;
- б) журналы производства бетонных, гидроизоляционных и цементационных работ;
- в) сводные ведомости данных о бетоне, гидроизоляции, цементационных работах, а также об уложенной в сооружения арматуре;
- г) журналы температур составляющих бетона и самого бетона при производстве бетонирования в зимних условиях;
- д) схемы разбивки сооружений на локи;
- е) исполнительные чертежи распределения марок бетона в сооружениях;
- ж) схемы расположения цементационных скважин и данные о поглощении ими цементного молока;
- з) пояснительные записки по приготовлению и качеству бетона;
- и) книги распоряжений и замечаний по производству работ.

По заключению правительственной приемочной комиссии «все указанные документы за крайне редкими исключениями велись чрезвычайно подробно и тщательно, чем строительство канала Москва — Волга выгодно отличается от очень многих других крупных строений. Полнота и тщательность ведения документации по организации и производству строительных работ» дали возможность экспертам правительственной приемочной комиссии «с достаточной точностью и полнотой составить себе картину ведения бетонных работ и суждение об их качестве»¹.

3. ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Огромный накопленный ЦБЛ опыт позволяет в результате даже первоначальной обработки большого количества материалов выявить неправильность ряда положений, общепринятых в технике бетонного дела и в частности в методах испытания бетона.

¹ Сводное заключение бетонной группы гидротехнической секции.

Эти положения могут быть разделены на две категории: 1) положения по лабораторной работе, и 2) положения по производственному контролю за качеством бетона.

Принятая во всех лабораториях методика заключается в том, что все свойства бетона изучаются на образцах небольшого размера: кубиках $20 \times 20 \times 20$ см, а реже $30 \times 30 \times 30$ см и призмах $20 \times 20 \times 60$ см и др. Приготовление и хранение образцов предусмотрены в определенных одинаковых условиях, называемых стандартными. Порочность такой методики совершенно очевидна. Ведь характер твердения бетона в образцах различного объема различен при одних и тех же внешних условиях и конечно отличается от твердения гидротехнического бетона, укладываемого массивами, объемом в сотни и даже тысячи кубометров. Например если призму $20 \times 20 \times 60$ см распилить на 8 частей и по ним (призмы $10 \times 10 \times 30$ см) определить модуль упругости, отнеся одни показания к поверхности распила, а другие — к поверхности, полученной при изготовлении образца, то обнаружим расхождения в результатах испытаний до 60%.

Этого конечно и следовало ожидать, так как при гидратации вяжущего, сопровождающейся выделением тепла, а также образованием и дальнейшим уплотнением гелей, объем твердеющего бетона изменяется. В различных слоях конструкции эти объемные изменения, будучи различны по величине, а иногда и по знаку, вызывают внутренние напряжения, вследствие чего бетон в конструкции затвердевает уже напряженным.

Общепринятая методика не учитывает и количественный фактор массивности блока, и производственные условия приготовления и уплотнения бетона. Несмотря на это, полученные по такой методике лабораторные данные безоговорочно переносятся на производственный массивный бетон. Правда, неизвестны случаи, когда бетонные сооружения разрушались бы из-за неправильной методики определения прочности их бетона. Однако это свидетельствует главным образом об избыточной прочности, но не о качестве методики. Производственная практика знает весьма много случаев, когда из-за неправильной методики лабораторных исследований бетон на производстве получался значительно менее плотным, чем это предполагалось в лаборатории.

В лаборатории канала Москва — Волга изучение бетона впервые было проведено на образцах $2 \times 2 \times 2$ м, изготовленных в деревянной опалубке производственным оборудованием. На этих образцах изучались деформации бетона при твердении, температурный режим, вопросы удобообработываемости и т. д.

Отметим, что результаты, характеризующие удобообработываемость одной и той же бетонной смеси, получились различные при уплотнении кубиков $20 \times 20 \times 20$ см на лабораторном вибростоліке и при уплотнении больших образцов поверхностным вибратором.

Большие образцы лаборатории строительства канала Москва — Волга переданы сейчас лаборатории строительства Куйбышевского гидроузла для изучения прочности, упругих свойств и физических характеристик бетона. Изучение, которое предполагается проводить на образцах, получаемых из больших кубов, путем их распиловки, позволит найти зависимость тех или иных показателей от расположения образца по отношению к поверхности укладки и дать бетону более правильную оценку, не искаженную напряженным состоянием поверхностных слоев его. Распиловка бетона позволит также получить немаловажные данные о фактической структуре бетона, которые до сего времени определялись косвенным путем.

Изучение массивного бетона на образцах больших размеров должно быть введено в лабораторную практику, для чего нужно разработать специальную методику изготовления и испытания образцов. Этому требует и применение в гидротехнических бетонах камневидного заполнителя больших размеров — 160—220 мм.

Схема испытания намечается следующей: прочность состава бетона предварительно проверяется на мелких образцах обычными лабораторными методами. После этого изготавливается образец размером $1 \times 1 \times 1$ или $1,5 \times 1,5 \times 1,5$ м, на котором изучаются: температурный режим, деформации при твердении и удобообрабатываемость; временное же сопротивление сжатию, модуль упругости, водонепроницаемость, водопоглощение, плотность и морозостойкость определяются на малых образцах, полученных распиловкой или высверливанием из большого образца. Изучение макрошлифов дает дополнительную характеристику структуры бетона.

Принятый в настоящее время метод попеременного 15—25-кратного замораживания кубиков дает условную оценку морозостойкости материалов, предназначенных для возведения промышленных или гражданских сооружений со сроком службы в несколько десятков лет. Гидротехнические же сооружения находятся в гораздо более жестких условиях — на них оказывают попеременное влияние вода и мороз и кроме того срок их службы определяется значительно более длительным временем. Поэтому конечно неправильно безоговорочно переносить общепринятую методику испытаний морозостойкости на материалы гидротехнических сооружений.

Анализ полученных ЦБЛ многочисленных (около 6,5 тыс.) испытаний позволяет установить следующие положения, которые могут стать основой специальной методики испытаний на морозостойкость бетонов гидротехнических сооружений.

1) Оценка морозостойкости по наружному виду образцов не может дать правильных результатов вследствие субъективности ее. Оценивать морозостойкость необходимо по совокупности всех свойств и физических характеристик испытываемых образцов: прочности, модуля упругости, водонепроницаемости, объемного веса, веса самого образца и истираемости.

2) Попеременное 25-кратное замораживание при температуре -17° и оттаивание при температуре $+15^\circ$ весьма мало отражаются на прочности образцов 30-дневного возраста из обычных, принятых на строительстве составов бетона. Но увеличение числа циклов замораживания резко и неожиданно меняет картину: некоторые бетоны с расходом цемента $450\text{—}475 \text{ кг/м}^3$ и с прочностью 480 кг/см^2 показывают первые признаки разрушения после 60 циклов замораживания, тогда как бетоны с меньшим расходом цемента — 280 кг/м^3 и с меньшей прочностью 300 кг/см^2 показывают первые признаки разрушения только после 200 циклов. До некоторого предела попеременное замораживание и оттаивание сказываются на образцах весьма незначительно, но после этого, определенного для каждого состава предела действие попеременного замораживания и оттаивания усиливается и образцы начинают интенсивно разрушаться, резко меняя свои свойства.

3) Многочисленные наблюдения показывают, что под влиянием попеременного замораживания и оттаивания разрушение обычных образцов — кубиков — начинается с углов и ребер. Возникает вопрос: правильно ли выбрана кубическая форма образца? Совершенно очевидно, что при испытании цилиндрических образцов, имеющих меньше острых выступающих частей, температура внутри их распределяется равномернее, и поэтому и температурные напряжения меньше скажутся на прочности бетона. Таким образом напрашивается вывод: испытание морозостойкости материалов для элементов небольших сечений (колонн, балок и т. п.) можно производить на кубиках; для элементов же больших размеров, в которых объем материала, прилегающего к ребрам, мал по сравнению с объемом всего элемента, испытания должны производиться на цилиндрах. При этом есть основания предпочитать замораживание цилиндров большой длины с тем, чтобы перед испытанием части, прилегающие к основаниям цилиндра (с ребрами), были спилены как более страдающие от попеременных замораживаний (фиг. 53).

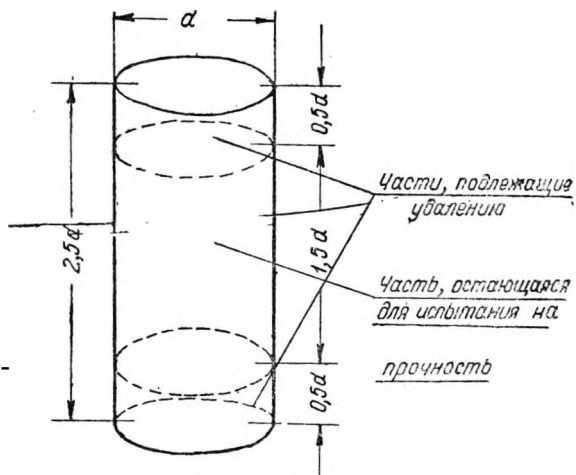
4) Самое сложное в испытании морозостойкости — это нахождение соответствия между числом попеременных замораживаний и действитель-

ными сроками службы сооружения в различных климатических условиях. Для замораживаний в настоящее время еще не найден масштаб перехода от лабораторных условий к естественным. Это остается одной из важнейших задач, требующих от технологов бетона решения.

Водонепроницаемость является важнейшей характеристикой гидротехнического бетона. Общепринято считать, что бетону можно обеспечить водонепроницаемость в том случае, если расход вяжущего на 1 м^3 бетона ручной укладки будет не меньше 280 кг, а водоцементный фактор — не выше 0,65.

Опыты на строительстве канала Москва—Волга доказали необоснованность этого критерия. Правда, при повышении водоцементного фактора образцы толщиной в 10 см начинают пропускать воду, но ведь в действительности размеры сооружений обычно гораздо большие, и вряд ли можно ожидать, что такие сооружения, даже выполненные из бетона с водоцементным фактором больше 0,65, будут водонепроницаемыми. С этой точки зрения исследование бетона в больших образцах также должно внести ясность в вопрос. Подлежит изучению и вопрос о зональном распределении материала в сооружении.

Применяемые на производстве бетонных работ методы контроля позволяют устанавливать с достаточной точностью правильность дозирования заданных составов бетона, качество приготовленной бетонной смеси, неизменяемость бетонной смеси при транспортировке, качество уплотнения бетона при укладке и прочность бетона. Однако методы этого контроля



Фиг. 53. Цилиндрический образец для испытания бетонов на морозостойкость

таковы, что ответ на тот или иной вопрос может быть получен только тогда, когда бетон уже уложен в сооружение, уже затвердел и для исправления выявленных дефектов требует сложных дополнительных работ. Таким образом применяемый метод контроля является по существу лишь методом последующего определения качества уложенного бетона. Метода же предупредительного контроля мы еще не имеем, что является значительным пробелом в технике бетонного дела.

Качество бетона в сооружении в огромной степени зависит от правильно определенной степени удобоукладываемости бетонной смеси. При расслоении любая бетонная смесь становится дефектной; никакими средствами нельзя уплотнить пустоты между зернами крупного отощателя готового бетона. Поэтому под удобоукладываемостью следует понимать затрату труда на укладку нерасслоившейся смеси. Это в основном относится к железобетону.

Впрочем термин «удобообрабатываемость» еще только входит в практику и обыкновенно его подменяют термином «пластичность». Между тем существующие методы определения пластичности весьма грубы и дают возможность только приблизительно определить действительную пластичность смеси; кроме того эти методы не могут дать ответа на вопрос: можно ли бетонную смесь данной пластичности доброкачественно уложить в данную конструкцию. Поэтому подбор составов бетона по его пластичности производится в соответствии с весьма неопределенными указаниями «Технических условий и норм»: «консистенция устанавливается

полевой лабораторией совместно с производителем работ путем составления пробных замесов».

При такой неопределенности чрезвычайно трудно правильно выбрать требующуюся пластичность, и неудивительно, что этот вопрос обычно становится предметом постоянных споров между производственниками и лаборантами. Производственники всегда стремятся иметь бетон максимальной пластичности, не считаясь с тем, что лишняя пластичность требует избытка воды и соответственно избыточного расхода вяжущего, не говоря уже о других более серьезных последствиях, связанных с увеличением количества воды в бетоне.

В настоящее время при широком внедрении новых видов вяжущих, тесто которых значительно отличается от теста портландцемента, характеристика бетонной смеси по ее пластичности становится не только неточной, но и неправильной.

Совершенно необходимо разработать метод, позволяющий выбирать такую степень удобоукладываемости бетона, при которой в производственных условиях можно было бы получать действительно доброкачественно уложенный бетон.

Степень уплотнения бетонной смеси на строительстве канала Москва—Волга контролировалась следующими способами: по наружному виду (наличию раковин или каверн); по фильтрации при нагнетании воды в специально пробуриваемые в конструкции скважины, а для вибрированного бетона—еще и испытанием образцов, отбираемых дырчатыми формами при укладке (форма Миклашевского).

Несостоятельность определения плотности бетона массивных конструкций по наружному виду очевидна: наружные слои всегда могут быть уложены относительно тщательно. Испытание фильтрацией нагнетаемой в скважины воды чрезвычайно трудоемко и также весьма неточно, поскольку местные неплотности могут остаться необнаруженными, и, наоборот, каверны в одном слое могут быть отнесены ко всему бетону. Наконец последний, наиболее удобный метод, предложенный Миклашевским, имеет тот недостаток, что расположение форм фиксирует внимание работников на определенных участках, в связи с чем фактически регистрируется нерядовой бетон.

Необходимо заняться разработкой такого метода контроля уплотнения бетона, который позволял бы определять плотность еще до начала схватывания бетона. Метод этот должен быть простым, нетрудоемким и дающим ответы с быстротой, достаточной для того, чтобы обнаруженные дефекты могли быть выправлены до укладки следующего слоя.

Наконец вопросом, подлежащим упорядочению и разрешению, является определение прочности бетона в сооружении. Современная оценка прочности по испытанию образцов (приготавливаемых в количестве 3 шт. на каждые 250—500 м³ бетона) ни в коей мере не отвечает действительной прочности бетона в сооружении, причем отклонения могут быть как в сторону увеличения, так и в сторону снижения действительной прочности. Кроме того подобная оценка требует множества однотипных испытаний. На строительстве канала например было испытано 6,5 тыс. контрольных образцов бетона сооружений.

Возникает вопрос: есть ли необходимость в этом? Нужно ли в условиях точной дозировки однородных и испытанного качества материалов выбирать такое количество образцов? Нельзя ли уменьшить число испытываемых образцов, увеличив, быть может, число испытаний вяжущего? Несомненно, что при наличии хорошего способа контроля уплотнения ныне применяемый метод контроля прочности можно значительно упростить.

Все перечисленные вопросы должны быть разрешены и оформлены в виде технических условий на бетон гидротехнических сооружений.

II. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАБОТ

ГЛАВА I

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ПЛОЩАДКИ

1. ЗАДАЧИ И СОСТАВ БЕТОННОГО КОМБИНАТА

На строительстве канала Москва—Волга строительная площадка каждого бетонного сооружения или группы близко расположенных сооружений оборудовалась рядом устройств, составлявших бетонный комбинат. В задачу бетонного комбината входило выполнение всех операций, связанных непосредственно с приготовлением бетона, а также проведение работ, необходимых для подготовки фронта бетонной кладки.

Таким образом в функции бетонного комбината входили: прием на площадку гравия, песка, трепела и цемента; хранение некоторого запаса этих материалов; обработка материалов — промывка гравия, растаривание и просеивание цемента и т. д.; подача материалов на бетонный завод; осуществление трепельной присадки к цементу; подогрев составляющих материалов в зимнее время; приготовление бетона; заготовка арматуры и опалубки; приготовление битумной смеси и матов для гидроизоляционных работ.

В соответствии с этим бетонный комбинат представлял собой сложное хозяйство, в состав которого входили подъездные пути, складские площадки открытого типа, надземные или траншейные бункеры, гравиемочный завод или установка, устройства для приема и обработки цемента, цементные хранилища, трепельная установка, бетонный завод, котельная для подогрева материалов, арматурный и опалубочный дворы, битумная мастерская и т. д. Схема одного из таких бетонных комбинатов (у шлюза № 5) показана на фиг. 54. Однако чрезвычайная разнохарактерность объемов работ и сроков возведения сооружений, местных условий, разнообразие источников снабжения материалами и способов их доставки на сооружения, разнотипность строительного оборудования и т. д. определили необходимость в каждом отдельном случае устанавливать индивидуально состав комбината, его размещение, а также конструкции и производительность его элементов.

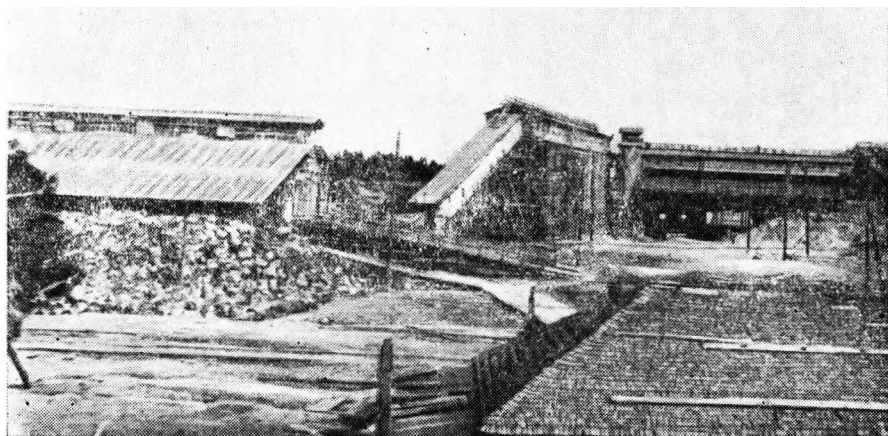
2. ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК

Размещение бетонного хозяйства, в особенности на крупных сооружениях, требует довольно обширных территорий. Так например, бетонный комбинат одной бетонной плотины (фиг. 55) без пристаней занимал площадь около 6,5 га, комбинат шлюза № 5 — 4,5 га, шлюза № 1 — 3,5 га, шлюза № 9 — 3,0 га и т. д. Для того чтобы максимально сократить расстояния транспорта бетона, для бетонного хозяйства выбирались площадки, находящиеся по возможности в непосредственной близости к сооружению.

На северных участках строительства, где канал проходит по сравнительно мало населенной местности, получение необходимых площадок под

бетонное хозяйство не представляло больших трудностей. В худшем случае приходилось отчуждать пахотные и огородные земли или же производить лесосводку и выкорчевку пней. Значительно сложнее обстояло дело на более населенных южных участках канала и в особенности на участках около Москвы. В этих районах отчуждение больших площадок оказывалось далеко не всегда возможным. Поэтому бетонный комбинат в ряде случаев приходилось размещать на отдельных, оторванных одна от другой, неудобных и стесненных площадках, что разобщало элементы единого бетонного хозяйства и увеличивало протяженность транспортных линий.

Весьма разнообразными были строительные площадки и с точки зрения геологических и гидрогеологических условий. Особенно неблагоприятные условия имелись на площадках при шлюзах № 2, 4 и 5. Часть элементов бетонного комбината узла сооружений при шлюзе № 2 распола-



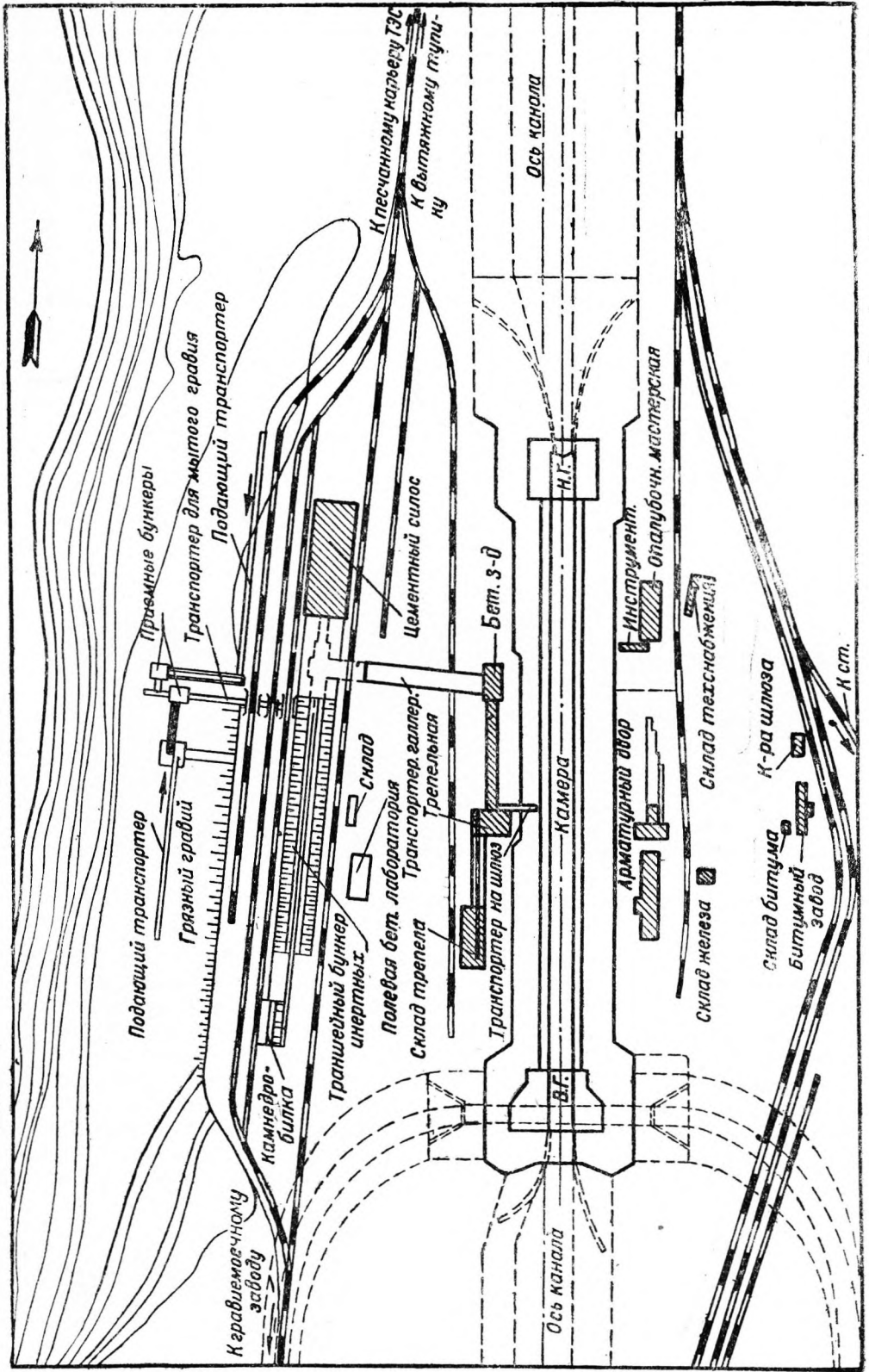
Фиг. 55. Бетонный комбинат плотины

галась на низкой заболоченной площадке. Заглубленный всего только на 2 м туннель сборного транспортера приемных бункеров пришлось оборудовать на всем протяжении двухсторонним дренажем и водоотливными колодцами. Бетонные комбинаты при шлюзах № 4 и 5 были размещены на низких пойменных террасах рек. Бетонные заводы, цементные силосы и другие сооружения этих комбинатов пришлось возводить на искусственном свайном основании, причем глубина забивки свай доходила до 12 м. Правда, поставленный для осушения котлована шлюза № 5 глубинный водоотлив понизил уровень грунтовых вод на участке комбината почти на 3 м, что позволило заглубить приемные бункеры для гравия и песка до 4 м.

В значительно лучших условиях был комбинат шлюза № 1. Он был расположен на узкой седловине, шириной всего 70—80 м, между руслом реки и глубоким котлованом под сооружение. Уровень грунтовых вод на этой площадке был чрезвычайно низким. Это позволило заглубить до 10 м без искусственного водопонижения приемные бункеры для заполнителей и устроить цементные хранилища траншейного типа.

Схема бетонного комбината шлюза № 1 показана на фиг. 56.

Водоснабжение строительных площадок не вызывало в большинстве



Фиг. 56. Схема бетонного комбината шлюза № 1

случаев затруднений. В качестве источников воды широко использовались: на северных участках — реки Волга, Сестра, в центральных районах — реки Яхрома, Икша, Клязьма, Уча и др., в южной части канала — Москва-река, Сходня и др., а на отдельных сооружениях, расположенных у Москвы, частично и московский водопровод. Кроме того на некоторых участках использовалась вода из скважин глубинного водоотлива, качества которой почти всегда удовлетворяли требованиям к воде как затворителю бетонной смеси. Некоторые затруднения в получении воды имелись лишь на узле шлюза № 2 и в районе Водопроводного канала. Отдаленность естественных водоемов и небольшой дебит скважин глубинного водоотлива вынудили пойти в обоих случаях на устройство специальных артезианских скважин.

Энергоснабжение площадок на северных участках строительства производилось тепловыми электростанциями, специально построенными. Центральные и южные районы строительства были приключены к сетям Мосэнерго.

Для подвоза материалов строительные площадки большинства основных сооружений и узлов имели собственные подъездные ветки нормальной колеи, примыкавшие к проходящим в районе строительства железнодорожным магистралям.

В частности на этих участках основной транспортной магистралью служили различные железные дороги.

3. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ БЕТОННЫХ ХОЗЯЙСТВ

На сооружениях, на которых бетонные работы были начаты в 1934 г. и в начале 1935 г., бетонное хозяйство было децентрализовано. Объясняется это главным образом отсутствием в тот период крупнолитражных бетоньерок и соответствующего оборудования для транспорта и укладки бетона.

Поэтому например на шлюзах № 3 и 8, на которых бетонные работы начались еще осенью 1934 г., была принята система нескольких мелких бетонных заводов.

С 1935 г., по мере обеспечения строительства крупнолитражными бетоньерками емкостью в 1000 и 2 200 л, а также транспортным оборудованием, на всех последующих крупных сооружениях было организовано централизованное бетонное хозяйство с одним заводом.

Выгоды и преимущества от этого очевидны. К ним относятся: возможность механизировать все операции по переработке материалов, доставке их на завод и транспортировке бетона; значительно лучшее использование оборудования бетонного завода и уменьшение суммарного литража бетоньерок; сокращение эксплуатационного штата; уменьшение

Таблица 43

Сооружение	Тип бетонного хозяйства	Количество бетонных заводов	Суммарный литр-раж агрегатов по загрузке	Строительная кубатура зданий бетонных заводов	Кубатура бетонной кладки	Способ перемещения бетона	Время, затраченное на основную кладку бетона, в месяцах
Шлюз № 3	Децентрализованный	4	8 500	10 000	130 000	Тачки	15
„ № 5 и насосная станция	Централизованный	1	11 000	3 715	132 500	Транспортеры	6

строительной кубатуры временных сооружений; уменьшение объемов утепляемых и отапливаемых в зимнее время зданий; удобство управления хозяйством и возможность осуществления лучшего контроля за качеством приготовления бетона.

Для того чтобы дать ясное представление о разнице между централизованным и децентрализованным видами бетонных хозяйств, в табл. 43 приводятся некоторые данные, характеризующие бетонные хозяйства шлюзов № 3 и 5.

4. СОГЛАСОВАНИЕ РАБОТЫ БЕТОННОГО КОМБИНАТА С ДРУГИМИ ВИДАМИ РАБОТ

При выборе площадки под бетонный комбинат оказалось необходимым размещать отдельные его элементы так, чтобы это размещение не препятствовало ведению других работ, производимых одновременно с бетонной кладкой (в особенности земляных); чтобы территория, на которой находится комбинат, не занималась постоянными сооружениями и наконец чтобы размещение комбината наилучшим образом отвечало его технологическому процессу.

В ряде случаев все эти требования не удалось выполнить, что объясняется краткостью сроков постройки канала, необходимостью одновременно вести проектирование и постройку сооружений и невозможностью составить заблаговременно проект организации работ. Все это затрудняло, а в некоторых случаях и просто исключало возможность рационального построения бетонного хозяйства.

Для иллюстрации укажем например, что при шлюзах № 3 и 6 не удалось построить бетонные комбинаты, которые обслуживали бы и строительство насосных станций. Поэтому, несмотря на наличие невдалеке расположенных готовых, да к тому же и незагруженных заводов, пришлось в последующем организовать на насосных станциях собственные бетонные хозяйства. В нескольких случаях отдельные части бетонных комбинатов оказались расположенными в зоне постоянных сооружений, что задерживало земляные работы, а иногда заставляло даже перестраивать ту или иную часть бетонного комбината. В таком положении оказались например цементное хозяйство шлюза № 3 и арматурные цехи шлюзов № 3 и 4.

Имели место случаи, когда к началу бетонных работ планировка всего узла еще не была выяснена, и потому из опасений разместить комбинат в зоне постоянных сооружений бетонное хозяйство приходилось располагать вне узла. По этим соображениям например бетонный завод и складские устройства при шлюзе № 4 были вынесены на расстояние 200 м от нижней головы шлюза, что вызвало излишне длинные перевозки бетона, в особенности при его подаче к строительству насосной станции.

Опыт показал, что размещение бетонного хозяйства и работы по отрывке и обратной засыпке котлованов должны быть четко согласованы. Если кавальеры расположены непосредственно у котлована сооружения для удобства обратной засыпки, то это сильно усложняет работу бетонного хозяйства. В этом отношении характерен шлюз № 7, кавальеры у которого были отсыпаны со стороны расположения комбината вдоль всей бровки котлована. В результате этого внутривладосточные подъездные пути бетонного хозяйства пришлось прокладывать, проводя большие земляные работы, частично в самих же кавальерах. Следует чрезвычайно осторожно подходить к размещению сооружений бетонного комбината в пределах пазух котлованов. На строительстве канала имели место несколько случаев, когда отдельные сооружения, построенные на откосах котлованов, задерживали работы по обратной засыпке. Достаточно характерным является пример шлюза № 6, где по всей длине пазухи котлована была устроена эстакада для развозки бетона в вагонетках. Вначале предполагалось, что обратная засыпка будет производиться после окончания бетонирования камерных стенок. Однако имевшие место случаи выпирания грунта из-под основания и появившиеся в связи с этим опасения за уло-

женный бетон заставили сделать обратную засыпку уже после возведения двух первых ярусов камерных стенок. В связи с этим оказалось необходимым разобрать эстакаду и перестроить всю систему подачи бетона, что вызвало большой перерыв бетонной кладки на шлюзе.

5. РАЗМЕЩЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОМБИНАТА

С целью максимального сокращения расстояний транспортировки бетона, а также по условиям прямопоточности материалов и продукции бетонный завод обычно располагался непосредственно около центра бетонной части сооружения.

В высотном отношении завод размещался в соответствии с принятым способом транспортировки бетона, который определяет отметки выхода бетона с завода. Поэтому имели место случаи, когда завод располагался как непосредственно на площадке, так и на откосе котлована для сооружения. Районные заводы, бетон с которых развозился автомашинами и вагонетками, во всех случаях устраивались на уровне площадки комбината.

При перемещении бетона ленточными транспортерами отметка выхода бетона не имеет столь существенного значения, так как транспортеры могут обеспечить подачу бетона почти на любой ярус сооружения. Поэтому заводы одной бетонной плотины, шлюзов № 1, 2 и 5 легко оказалось возможным разместить на уровне строительных площадок. Однако имелись и исключения. В условиях сооружения шлюза № 7, размещенного в котловане глубиной до 30 м, при относительно благоприятных геологических условиях оказалось все же наиболее целесообразным построить бетонный завод на откосе котлована. Это позволило значительно сократить протяженность транспортерных линий, а также обойтись без подъема материалов в бункеры завода.

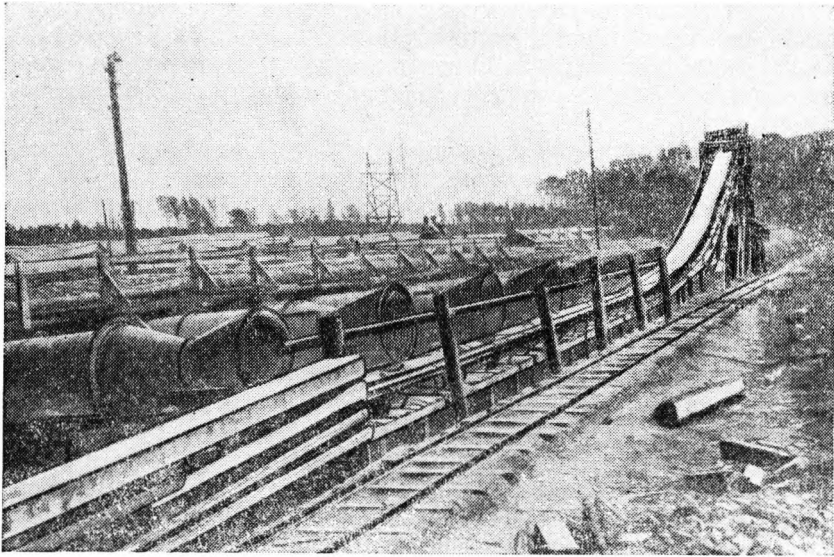
Отметка выхода бетона приобретает наиболее существенное значение в случае транспортировки бетона в вагонетках и рикшах и особенно на сооружениях с глубокими котлованами. Расположение завода на уровне строительной площадки приводит в этом случае к необходимости многократного опускания бетона по хоботам, что ведет к расслоению смеси, или заставляет применять малопроизводительные и дорого стоящие шахтные подъемники или бремсберги. Поэтому в подобных случаях завод располагался на откосе котлована так, чтобы верх загрузочных бункеров находился на уровне строительной площадки, а уровень бетонерок устанавливался на высоте 6—7 м от дна котлована с расчетом однократного опускания бетона по деревянному хоботу. Таким образом и были устроены заводы шлюзов № 3 и 9, заградительных ворот, трубы для пропуска под каналом одной реки и ряда других сооружений. Однако опыт строительства канала показал, что к размещению бетонных заводов на откосах котлована необходимо подходить весьма осторожно.

Откосы котлована обычно осуществляются с таким минимальным заложением, которое обеспечивает их устойчивость и предупреждает появление оползней лишь на время постройки сооружения. Это однако не исключает деформации откосов из-за дождливой погоды, оттепелей, неисправной работы водоотлива, разработки нижних слоев котлована взрывным способом и т. д. На строительстве канала было несколько таких случаев.

Поэтому при устройстве бетонного завода на откосе устраивалась специальная широкая площадка, а строительные конструкции возводились во многих случаях на сваях. Следует учесть, что динамическая работа бетономешалок также, повидимому, отзывается на устойчивости откосов. Во всяком случае при обследовании деформаций некоторых откосов не удалось установить другие причины.

Складские площадки или траншейные бункеры для заполнителей располагались в полном соответствии с подъездными путями, по которым

доставлялись материалы из карьеров. На площадках сооружений, снабжавшихся исключительно немывтым гравием, складская площадка или бункеры для него располагались в непосредственной близости к гравиемоечной установке. Таковы были площадки Волжского и Яхромского узлов. На ряде сооружений оказалось необходимым построить небольшие гравиемоечные установки, рассчитанные на переработку только некоторой части гравия, так как остальная часть поступала промытой. Таковы узлы шлюзов № 2, 4, 7 и 8 и большинства сооружений Химкинского и Восточного районов. Во всех случаях гравиемойки устанавливались возможно ближе к источнику водоснабжения, а также с учетом возможности отвода грязной воды. На фиг. 57 показан общий вид гравиемоечной установки (летней).



Фиг. 57. Летняя гравиемоечная установка на шлюзе № 2

Для приема и хранения цемента каждый район строительства имел прирельсовую центральную базу, которая снабжала цементом все небольшие бетонные заводы

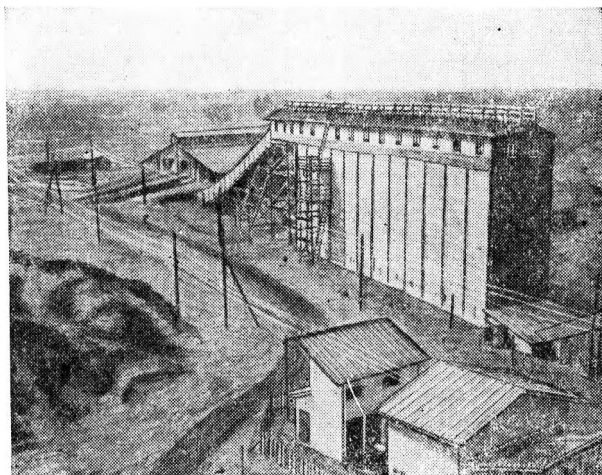
Крупные комбинаты имели собственное цементное хозяйство, принимавшее цемент непосредственно с железнодорожных путей, минуя районные базы. Цементное хозяйство располагалось на площадке следующим образом: помещения для приема цемента (в большинстве случаев в них производилось и растаривание) устраивались вдоль подъездных путей, причем в непосредственной близости оставлялась площадка для порожней тары и клепки. При этом вблизи бетоносмесительной установки располагались хранилища рассортированного цемента. Просеивание цемента, являясь промежуточной операцией между первыми двумя, осуществлялось либо в растарочных складах, либо в основных хранилищах, либо в расположенном между ними специальном помещении. В зависимости от местных особенностей каждого комбината элементы цементного хозяйства объединялись в одном помещении (комбинаты шлюзов № 1 и 7), двух помещениях (комбинат бетонной плотины) или же устраивались раздельными (комбинат шлюза № 5). На фиг. 58 показаны цементный силос и растарочная одного из бетонных комбинатов.

Установка для приготовления трепельно-водной суспензии размещалась в зависимости от способа поступления трепела и метода перемещения суспензии.

При принудительной подаче суспензии с помощью насосов наиболее рациональным оказалось размещение установки непосредственно у подъездных путей, у места выгрузки трепела, так как при этом исключалось перемещение трепела внутри комбината. В других случаях для установки устраивалась специальная пристройка к бетонному заводу. Размещение трепельной установки согласовывалось также с системой водоснабжения и удаления отходов.

В специальной пристройке к бетонному заводу либо в самом заводе размещались и устройства для подогрева заполнителей и воды в зимнее время. Это решение применялось, когда для подогрева использовался пар. При огневом же подогреве печи устраивались в специальном помещении на небольшом расстоянии от бетонного завода, обусловленном только требованием пожарных разрывов между зданиями.

Котельная установка, обслуживавшая бетонное хозяйство, помещалась, как правило, вблизи основного потребителя пара — устройства для подогрева материалов. В случае, когда потребители пара находились на большом расстоянии один от другого (например при обогреве паром бетона, отоплении паром тепляков и транспортных галлерей, обслуживающих подачу бетона), при одном сооружении устраивались две и даже три котельные. Делалось это для уменьшения длины трубопроводов и потерь пара. Расположение котельной увязывалось также с подачей топлива и водоснабжением.



Фиг. 58. Цементный силос одного из бетонных комбинатов

Площадка для арматурного цеха выбиралась на участке с ровным рельефом, либо специально с уклоном по ходу процесса заготовки арматуры вблизи подъездной ветки, по которой намечалось подавать железо. При планировке этой площадки учитывалась необходимость вытяжки, переворачивания, переноски и других операций с готовой арматурой, представляющей собой гибкие фасонные стержни длиной до 50 м.

В зависимости от способов доставки леса площадка для заготовки опалубки устраивалась вблизи лесозавода, лесобиржи или подъездных путей. Для того чтобы предупредить возможное засорение гравия, песка и трепела опилками, стружками и щепой, опалубочный цех и другие деревообрабатывающие предприятия размещались в отдалении от складов этих материалов, устраиваемых обычно открытыми.

Кроме технологических и производственных условий в размещении элементов бетонного хозяйства немалую роль играли противопожарные требования. Это обстоятельство имело особое значение в связи с тем, что большинство сооружений комбината выполнялось из сгораемых материалов.

6. ОСОБЕННОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ БЕТОННЫХ КОМБИНАТОВ

Бетонный комбинат одной плотины (фиг. 59) был размещен в пределах перемычки со стороны верхнего бьефа непосредственно за понуром сооружения. Выбор такой площадки наиболее полно отвечал требованиям незатопляемости, удобной связи бетонного хозяйства плотины с другим берегом и причалами для гравия и песка.

Кроме того на этой площадке удалось разместить основные элементы комбината на местах, свободных от постоянных сооружений, и ограничиться сравнительно небольшим количеством пересечений транспортными линиями незаконченных строительных работ.

Гравий поступал на комбинат главным образом из карьеров Орудьево, Сандово и Табор, расположенных вдоль Савеловской линии Ярославской ж. д., а также из карьера у с. Топорок в 40 км выше по реке. Песок, в большей части речной, добывался землечерпалками в русле Волги.

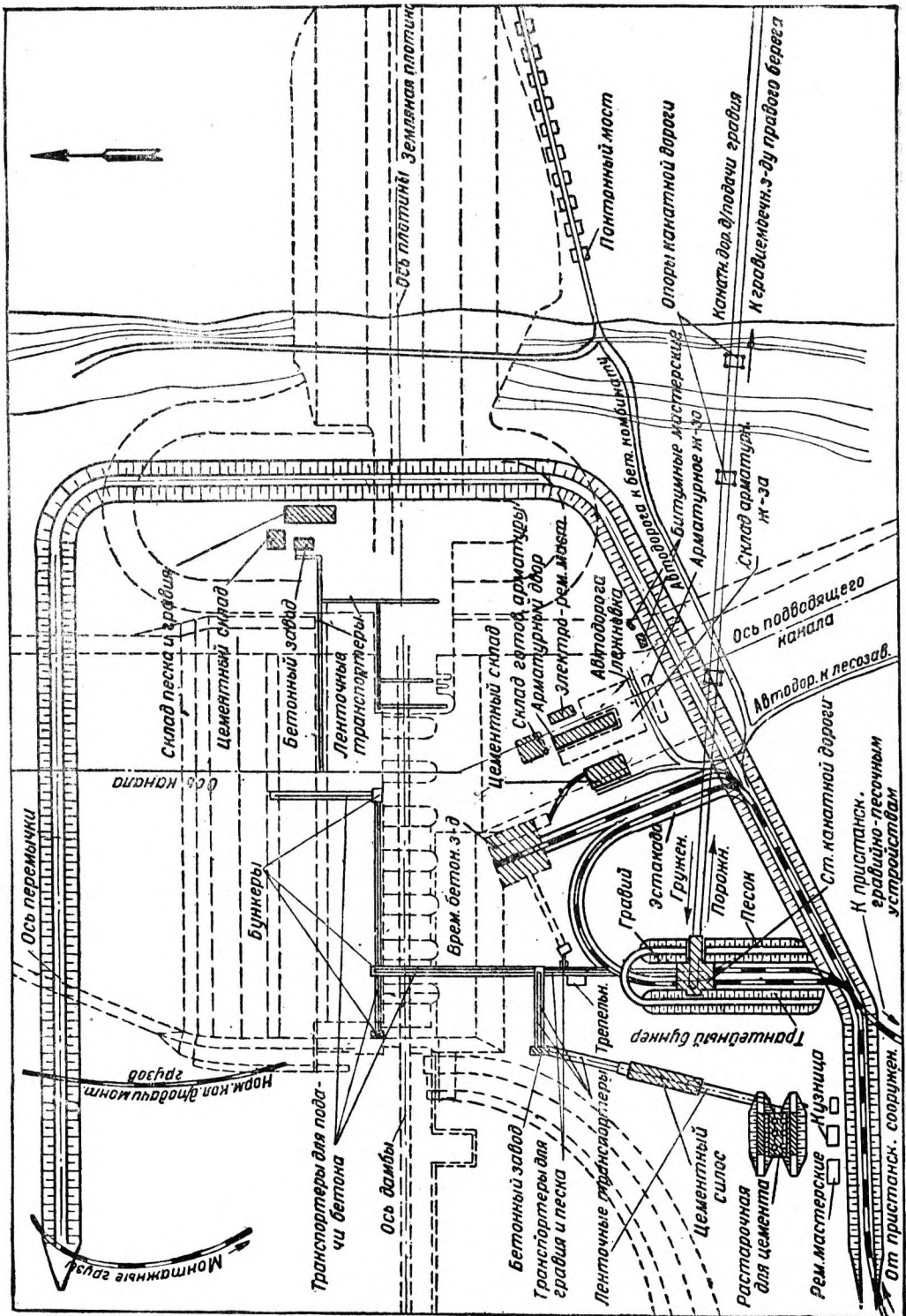
На левом берегу реки не было подъездных путей, связанных с общей сетью железных дорог. Поэтому гравий, поступающий из карьеров, разгружался на правобережной площадке вблизи створа сооружений. В непосредственной близости к разгрузочной площадке был устроен гравиемочный завод, так как большая часть поступавшего из карьеров гравия была непромытой. Гравиемочный завод из 10 цилиндрических гравиемоек СССМ был рассчитан на круглосуточную работу и производительность 1 000 м³ в сутки. При нем были большие помещения для просушки гравия в зимнее время. Бункеры гравиемочного завода загружались непосредственно с железнодорожной платформы или при помощи бремсберга. Чистый гравий транспортерами подавался в бункеры, откуда по мере надобности выгружался в автомашины и вагонетки канатной доски. До осени 1935 г. доставка гравия на левый берег производилась автомашинами через понтонный мост. С осени же 1935 г. была сдана в эксплуатацию подвесная канатная дорога производительностью 2 000 м³ в сутки. Такой способ подачи гравия снизил стоимость его транспортировки в 3,5 раза.

Прием песка и гравия, поступавшего водным путем, производился на причалах, расположенных на левом берегу в 1,5 км выше створа сооружений. Причалы были устроены на трех металлических понтонах (рефулерных), оборудованных ленточными транспортерами, зачаченных к свайным кустам. При общей длине понтонов 250 м и средней длине баржи 25 м под одновременную разгрузку могло становиться 9 барж. Производительность пристанских устройств составляла около 135 м³/час. На берег гравий подавался системой наклонных транспортеров с подвижным звеном, воспринимавшим колебания горизонта воды в пределах 3 м. В гравийном транспорте таким звеном являлся передвижной транспортер типа «Стрекоза», а в песчаном — транспортер, установленный на дощатую ферму, шарнирно прикрепленную к понтону и к эстакаде неподвижного наклонного транспортера. С наклонных транспортеров гравий и песок загружались в бункеры, которые служили не только для дальнейшей погрузки материалов в вагонетки «Вестерн», но частично и для переработки материала.

Дело в том, что по воде прибывали чистые, не требовавшие переработки пески, чистый гравий со значительной примесью песка, а также гравий, загрязненный глинистыми частицами. В соответствии с этим бункеры и снабжались устройствами для распределения и частичной переработки материалов. Чистые гравий и песок загружались непосредственно в погрузочные бункеры; гравий с примесью песка пропускаться по лотку с ситом с отверстиями 4 мм и через грохоты; загрязненный же гравий направлялся в гравиемочку шахтного типа производительностью 20 м³/час.

Переработанные материалы доставлялись на площадку по узкоколейной железной дороге вагонетками «Вестерн» емкостью в 2,5 м³ с мотовозной тягой. Для приема гравия и песка с пристанских устройств, а также для приема этих материалов с правого берега на площадке комбината был сооружен бункер траншейного типа вместимостью 4 500 м³. Для разгрузки гравия и песка над траншеей были устроены оборотная станция канатной дороги и эстакада под два узкоколейных пути.

Цемент поступал главным образом по железной дороге и лишь частично водой. Для приема цемента на обоих берегах были устроены базисные склады. На площадку комбината цемент подавался автомашинами,



Фиг. 59. Схема бетонного комбината платины

для которых с правого берега был переброшен понтонный мост. Автомашины разгружались в специальном помещении — растарочной, где в нижнем этаже помещались бураты для просеивания цемента. Просеянный цемент направлялся ленточным транспортером в силос, емкость которого — 3 150 т была определена из условия 10-дневного запаса.

В первый период строительства, зимой 1934 г., на площадке работал временный бетонный завод, оборудованный шестью 1 000-л бетономешалками, выгружавшими бетон в вагонетки «Коппель». Необходимость постройки этого завода были вызвана задержкой в получении оборудования, главным образом транспортеров. Весной 1935 г. был пущен в эксплуатацию постоянный бетонный завод, оборудованный десятью 1 000-л бетономешалками, а также ленточными транспортерами. Для максимального приближения бетонного завода к плотине его расположили непосредственно за бровкой котлована под понур между силосами и траншейным бункером и соединили с ними транспортерами на наклонных эстакадах. Под наклонной эстакадой гравийных и песчаных транспортеров была помещена трепельная установка.

Бетонное хозяйство шлюза № 1 (фиг. 56) размещалось на площадке между сооружением и откосом берега реки, а арматурный и опалубочные цехи — на участке, вытянутом вдоль котлована под шлюз. Комбинат снабжался гравием из карьеров исключительно по железной дороге. Для подачи гравия и других материалов на площадке комбината была устроена сеть внутренних путей, соединенных со станцией ж. д., являвшейся конечным пунктом ветки, проложенной Строительством в производственных целях.

Гравий поступал преимущественно немывтым, так как из-за недостатка воды карьеры обогащали лишь незначительную часть продукции. В первое время гравий промывался на центральном правобережном гравиемочном заводе Волжского района, обслуживавшем также сооружения левого берега. Впоследствии на шлюзе были устроены две лотковые гравиемойки, полностью обеспечивавшие нужды комбината.

Гравиемойки располагались на откосе берега реки, вдоль которого был устроен железнодорожный путь для подачи немывтого гравия. Такое размещение гравиемоек вызывалось стремлением приблизить их к источнику водоснабжения, облегчить отвод отработанной воды, а также использовать откос для разгрузки гравия. Вдоль отсыпанных на откосе штабелей гравия в части, примыкавшей к лоткам, были устроены на наклонных эстакадах сборные транспортеры, загружавшие гравиемойки. Сами же транспортеры загружались вручную. Водоснабжение гравиемоек осуществлялось насосной станцией, построенной в непосредственной близости к ним — на уресе реки.

Песок поступал также преимущественно по железной дороге из местных карьеров, расположенных вблизи теплоэлектростанции района. Летом 1934 г. небольшое количество песка было добыто землечерпанием на перекатах и подано к комбинату в шаландах. Для приема и хранения некоторого запаса гравия и песка на площадке комбината был устроен траншейный бункер вместимостью 6 500 м³. При двухсторонних путях 130-м длина бункера обеспечивала фронт в 260 м, т. е. одновременную разгрузку примерно 30 платформ. Из лотковых гравиемоек гравий подавался в бункер транспортером, проходившим на эстакаде, над бункером, по всей его длине. Промытые в карьерах гравий и песок, прибывавшие на обычных железнодорожных платформах, перегружались в бункеры вручную. С правобережного гравиемочного завода промытый гравий подавался обычно в думпкарах. Для использования прибывших в массу гравия булыги и фракций больше 80 мм перед траншейным бункером была построена небольшая камнедробильная установка производительностью около 20 м³/час, полученный щебень загружался транспортером в специальный крайний отсек бункера.

Цемент поступал по железной дороге непосредственно в силос комби-

ната, минуя районные базисные склады. Силос был траншейного типа емкостью 3 600 т с двухсторонними крытыми платформами, предназначенными для разгрузки вагонов. Длина силоса — 50 м, а также двухсторонние пути давали возможность 'ставить под разгрузку одновременно до 12 вагонов. Растаривание и просеивание цемента производилось в верхнем этаже силоса.

Бетонный завод, оборудованный десятью 1000-л бетономешалками, помещался в центре шлюза, непосредственно за бровкой котлована. Материалы подавались на завод тремя транспортерами, расположенными в одной наклонной галлерее, верхней частью примыкавшей к южному торцу завода, а нижней частью — к туннелю со сборными транспортерами траншейного бункера и силоса.

Трепельная установка помещалась в пристройке к северному торцу здания завода. Трепель подавался к заводу в бадах на вагонетках узкой колеи; подъем бадей производился при помощи крана-укосины.

Бетонный завод шлюза № 1 приготавливал бетон также для туннеля под шлюзом, креплений откосов берега реки и частично для аванпорта. С южной стороны завода был устроен специальный раздаточный бункер, загружавшийся ленточным транспортером. Этот бункер выдавал бетон на автомашины, которые перевозили его на крепления откосов и в аванпорт.

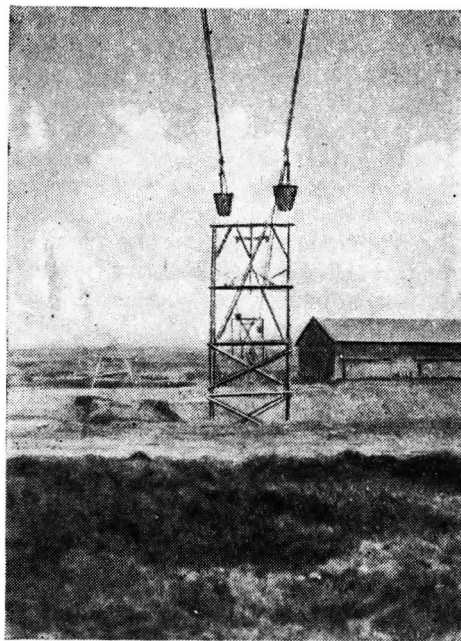
Бетонный комбинат шлюза № 5 (фиг. 54) был устроен с расчетом обслуживания также строительства насосной станции при шлюзе. В соответствии с максимальной месячной интенсивностью бетонной кладки по графику и с учетом ее неравномерности суточная производительность комбината была принята в 2 500 м³.

Все сооружения комбината размещались на территории пойменной части реки, ограниченной с одной стороны откосом подводящего канала к насосной станции, с другой — территорией электрической подстанции и с третьей — рекой.

Арматурный цех шлюза был помещен на узкой полосе между котлованом шлюза и железной дорогой; арматурный цех насосной станции — на территории электрической подстанции.

Основным источником, снабжавшим комбинат гравием, был карьер расположенный с восточной стороны шлюза на расстоянии 700 м от его оси. В качестве резервных источников использовались два других карьера, находившихся на 1—2 км южнее шлюза. Песок для бетона доставлялся из отвалов гидромеханизации на карьере, а также из более отдаленных карьеров, находившихся в 10 км южнее шлюза. Поскольку гидромеханическая разработка карьера и наличие обогатительных фабрик на других карьерах обеспечивали поставку чистого гравия, промывочных устройств на площадке комбината не было. Для приема и хранения запаса гравия и песка на площадке комбината был устроен траншейный бункер общей вместимостью 2 500 м³.

Материалы доставлялись на площадку следующими способами. Для подачи гравия из резервных карьеров было устроено шоссе. Отвалы песка



Фиг. 60. Канатная дорога бетонного комбината шлюза № 5

на карьере были соединены с траншейным бункером узкоколейной железнодорожной веткой. Между этим карьером и площадкой была устроена также подвесная канатная дорога, постройка которой определялась главным образом экономическими соображениями: при перемещении с этого карьера 300 тыс. м³ сыпучих (включая 100 тыс. м³ некачественного песка для обратной засыпки сооружений) подача канатной дорогой оказалась в 2 раза дешевле железнодорожных перевозок и в 3,5 раза дешевле автотранспорта. Над траншейным бункером была устроена промежуточная станция канатной дороги; конечная оборотная станция в предположении последующей доставки некачественного песка для засыпок была помещена на другой стороне котлована под шлюз.

Канатная дорога бетонного комбината шлюза № 5 показана на фиг. 60.

Для доставки цемента и трепела от железнодорожной линии была подведена временная железнодорожная ветка нормальной колеи. В пределах площадки ветка разделялась на два пути, уложенных по насыпи, возведенной вдоль реки для нужд земляных работ. Между путями располагались два здания, предназначенные для приема и растаривания цемента. При длине каждой растарочной 40 м одновременный фронт разгрузки составлял 20 вагонов. Из растарочных цемент направлялся ленточными транспортерами в буратную для просева на приводных цилиндрических ситах. Просеянный цемент подавался транспортером в цементный силос емкостью 2 500 т (7-суточный запас), где хранился и откуда выдавался на транспортеры для доставки на бетонный завод.

Трепельная установка помещалась на откосе той же насыпи, в непосредственном примыкании к железнодорожному пути, с которого производилась разгрузка трепела. Расположение установки в отдалении от бетонного завода вызвало необходимость перекачивать трепельно-водную суспензию на расстоянии около 200 м, но в то же время позволило избежать перемещения трепела внутри площадки.

Бетонный завод, оборудованный пятью бетономешалками по 2 200 л, был помещен в центре узла сооружений и соединялся с траншейным бункером и цементным силосом ленточными транспортерами, смонтированными на наклонных деревянных эстакадах.

Производственное и противопожарное водоснабжение комбината производилось из постоянно действовавшего глубинного водоотлива и из реки. Водопроводная сеть, разводившая воду по отдельным потребителям, питалась от водонапорной башни, устроенной в центре площадки комбината.

На нужды бетонных работ расходовалось в сутки до 1 800 м³ воды и до 15 тыс. квт-ч электроэнергии.

ГЛАВА II

ХОЗЯЙСТВО КАМНЕВИДНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ

На площадках строительства канала прием, хранение и переработка инертных производились различными способами, зависевшими главным образом от величины сооружений.

На небольших сооружениях ограничивались устройством вдоль приемного железнодорожного пути или автодороги дощатого настила и заградительной стенки, предохранявшей пути от засыпки; погрузка материалов и транспортировка их на завод совершались вручную.

При крупных сооружениях, требовавших приема и переработки больших масс материалов, оказалось необходимым организовать значительный разгрузочный фронт (для 30—40 железнодорожных вагонов) и механизировать перегрузку инертных на внутривозвращаемый транспорт для последующей подачи их на бетонные заводы.

Схема механизированных складских устройств исходила в основном из принципа создания для путей внешнего и внутреннего транспорта такой разности отметок, при которой перегрузка могла бы идти самотеком. Запасы инертных материалов хранились как в карьерах, на месте добычи, так и на самих строительных площадках, где объем складов рассчитывался на 1—5-суточный запас (исключение составлял склад при шлюзе № 1, рассчитанный на полумесячный запас).

1. ТИПЫ ГРАВИЕМОЕЧНЫХ УСТРОЙСТВ

Установки для промывки гравия были оборудованы главным образом цилиндрическими гравиемойками модели СССМ-30 производительностью 4—5 м³/час.

Гравиемойки обычно питались через промежуточные бункеры, загружавшиеся в большинстве случаев передвижными ленточными транспортерами типа «Стрекоза» или бремсбергами. Прием мытого гравия производился через промежуточные лотки либо непосредственно в вагонетки или рикши, либо на вторые транспортеры, погружавшие его в бункеры, откуда гравий загружался в вагонетки или рикши бетонных заводов. На крупных установках стационарный ленточный транспортер собирал мытый



Фиг. 61. Схема лотковой гравиемойки Волжского района

гравий (фиг. 57) непосредственно из раструбов ряда параллельно установленных гравиемоек. Недостаток и небольшая производительность цилиндрических гравиемоек модели СССМ-30 вызвали ряд рационализаторских предложений. В результате на строительстве канала нашли успешное применение гравиемойки новых конструкций, предложенных инженерами Логуновым, Квесис, Кобяковым, и наиболее производительная — лотковая гравиемойка Волжского района.

Принцип работы этой гравиемойки заключается в следующем (фиг. 61). Грязный гравий из штабелей загружается вручную через загрузочные отверстия заборного ограждения на стационарный ленточный транспортер шириной 750 мм, подающий гравий на лоток шириной 1,2 м, установленный с уклоном 0,15 на деревянной эстакаде. Вода, идущая мощным потоком по лотку, увлекает поступающий грязный гравий и, перемещая по дну, промывает его. Дно лотка покрыто листами котельного железа толщиной 5 мм. В конце эстакады делается излом лотка книзу, в пределах которого на дне лотка устраивается металлическая решетка с ячейками 5×5 мм, через которые стекает грязная вода. Под решеткой помещен лоток, отводящий грязную воду. Промытый таким образом гравий сваливается по крутой части лотка в бункер, из которого и производится загрузка транспортеров, доставляющих мытый гравий к месту потребления.

Производительность лотковой гравиемойки — 20—40 м³/час. В зависимости от степени загрязнения расход воды колеблется от 10 до 20 м³ на 1 м³ гравия, что значительно превышает количество воды, потребляемое другими типами гравиемоек.

Гравиемойка системы инж. Логунова представляет собой наклонно поставленный лоток длиной 8—10 м, в котором в шахматном порядке косо

к боковым стенкам расставлены деревянные перегородки. Гравий и вода подаются в лоток с верхнего конца. Отчасти под влиянием собственного веса, а главным образом увлекаемый быстро протекающей водой гравий проходит извилистый путь между перегородками, промывается и в чистом виде попадает в приемный бункер, расположенный внизу лотка. Отработанная вода удаляется из него через мелкую сетку, вделанную в дно лотка на некотором расстоянии от его нижнего конца. Производительность установки — 4—5 м³/час; расход воды — до 12 м³ на 1 м³ промытого гравия.

Гравиемойка системы инж. Квесис представляет собой также наклонно установленный лоток, внутри которого вместо перегородок имеются ступеньки. Ширина лотка — 60 см, уклон — 0,25. Подаваемый по эстакаде на тачках или поднятый транспортером гравий поступает в приемный ящик с тремя бортами и горизонтальным дном, обитым листовым железом. Струя воды, направляемая рабочим в ящик, силой напора сбрасывает гравий на лоток. Увлекаемый водой гравий продвигается вниз по ступенчатому лотку и промывается. Отработанная вода вместе с отходами отводится через устроенную в конце лотка колосниковую решетку. На этой же решетке гравий встречает чистую воду и, уже окончательно промытый, поступает на приемную площадку или в бункер. Так как из-за ударов и трения гравия деревянные ступеньки лотка быстро изнашиваются, инж. Квесис применил ступеньки весьма простой конструкции, позволяющей быстро заменять изношенные ступеньки. Вода, подаваемая 2-дюймовой трубой, может обслужить два рядом расположенных лотка. Производительность лотка — 6—7 м³/час; расход воды — 10—12 м³ на 1 м³ гравия.

Предложением инж. Кобякова был удачно решен вопрос об изготовлении собственными силами качалок-гравиемойек (по типу СССМ). Принцип работы этих гравиемойек состоит в том, что гравий продвигается по наклонной качающейся плоскости, встречая на своем пути в четырех точках струи чистой воды.

В нормальных условиях производительность этой гравиемойки оказалась не менее 5—6 м³/час; воды она потребляет меньше, чем гравиемойки Логунова и Квесис, гравий получается хорошо промытым (засоренность 0,6—0,7%). Все это позволяет рекомендовать гравиемойку инж. Кобякова для дальнейшего распространения.

Кроме вышеописанных типов на строительстве в небольшом количестве были использованы цилиндрические гравиемойки типа «Хютенверк». Эти гравиемойки также работали удовлетворительно и особой сложностью не отличаются. Производственная характеристика различных гравиемойек, примененных на строительстве, приводится в табл. 44.

Таблица 41

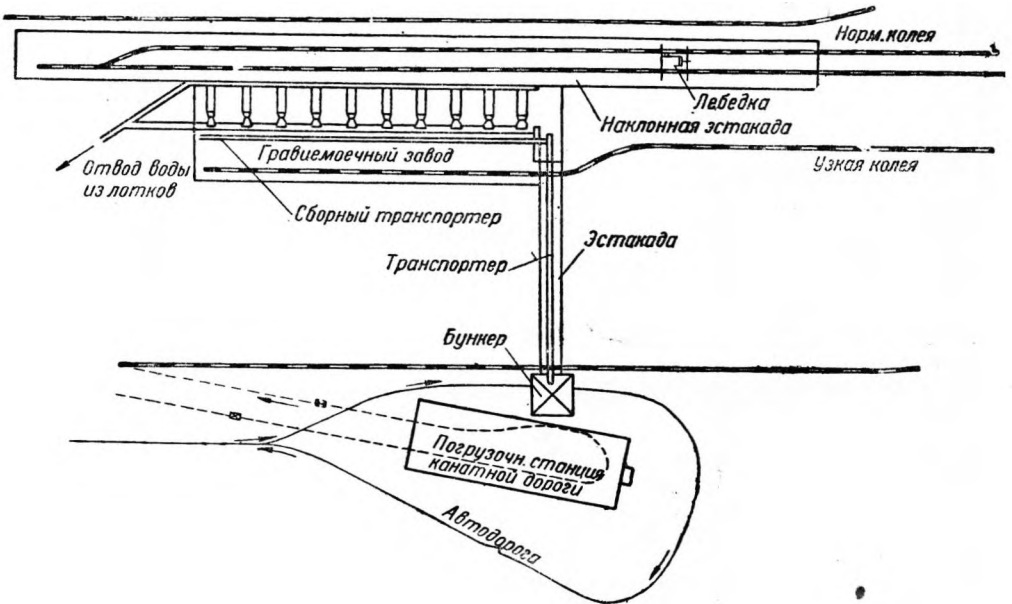
Гравиемойка	Характеристика		
	средне- сячная про- изводитель- ность в м ³ /час	потребная мощность в л. с.	Расход воды на 1 м ³ гравия в м ³
СССМ-30, цилиндрическая, с переда- чей гравия в барабане по спирали .	4	5—6	До 3,0
„Хютенверк“	4	5—6	„ 3,0
Качалка на деревянной раме системы инж. Кобякова	5—6	4,5	От 3,0 до 7,0
Лотковая, ступенчатая системы инж. Квесис	6—7	—	До 12,0
Промывной лоток системы инж. Ло- гунова	4—5	—	„ 12,0
Лотковая Волжского района	20—40	—	От 10 до 20

2. ГРАВИЕМОЕЧНЫЕ ЗАВОДЫ

Одним из наиболее крупных и типичных был гравиемоечный завод одного района, снабжавший гравием строительство одной бетонной плотины и примыкающих к ней сооружений шлюзов и пр. Завод этот был построен зимой 1934 г. на правом берегу реки.

Местоположение завода (фиг. 62) определялось: возможностью доставки гравия по железной дороге и удобством его разгрузки; наличием воды в нужном для промывки количестве; близостью и удобством доставки промытого гравия на площадки основных потребителей; возможностью использования для отвода вод склонов ручья и берега реки; удобством снабжения завода горячей водой и паром от рядом расположенной тепловой электростанции.

Здание завода представляет собой сооружение каркасного типа (фиг. 63) размерами в плане $15,20 \times 42,89$ м. На расстоянии 4 м одна от



Фиг. 62. Схема расположения гравиемоечного завода

другой были установлены 10 гравиемоек СССМ-30 общей производительностью $700\text{—}800$ м³/сутки. Каждая гравиемойка обслуживалась загрузочным бункером, сложенным из брусьев 16×16 см.

Поступавший на промывку гравий складывался либо непосредственно в бункеры, либо в отвалы на близлежащей ровной площадке. Для того чтобы можно было подавать гравий из вагонов непосредственно в бункер, перед заводом была устроена насыпь высотой 4,60 м, а по ней проложена железная дорога. Из отвалов же гравий погрузался в вагонетки «Коппель» и по эстакаде, проходившей над бункерами, подавался в последние.

Промытый гравий поступал через лотки с сеткой на 750-мм ленту транспортера, смонтированного вдоль фронта гравиемоек и передававшего материал наклонному стационарному транспортеру, расположенному перпендикулярно к сборному транспортеру. С наклонного транспортера гравий попадал в загрузочные бункеры емкостью 30 м³, откуда через питатели грузился на платформы нормальной колеи, в автомашины и вагонетки канатной дороги.

В случае заполнения бункера и перебоев в работе транспорта гравий обычно передавался на склад передвижным транспортером, либо вагонет-

они укреплялись деревянным настилом, уложенным на пластинах, расположенных через 1,25 м параллельно оси бункера.

В траншее имелся двухъячейковый туннель из сплоченных впритык брусчатых рам. Для предотвращения проникания воды деревянный брусчатый туннель был огражден с боков глинобитной засыпкой. Вдоль бункера по оси траншеи шла дренажная канава с уклоном 0,005, отводившая попадавшую в бункер воду к водосборному колодцу, из которого она откачивалась насосом.

В каждой ячейке туннеля имелся стационарный ленточный транспортер длиной 105,3 м и с шириной ленты 750 мм. В конце бункера материал перегружался на транспортеры, которые подавали его к бетонному заводу. Транспортерные ленты питались из бункера через выпуски, оборудованные лотками и затворами. Над туннелем по всей его длине шла двупутная эстакада шириной 4,5 м, по которой на мотовозной тяге двигались составы вагонеток «Вестерн», привозившие с пристаней гравий и песок. Над средней частью бункера размещалась оборотная разгрузочная станция канатной дороги, доставлявшей гравий с гравиемочного завода через реку в траншейный бункер. Вагонетки канатной дороги имели объем 0,6 м³.

Существенным недостатком траншейного бункера были слишком большие откосы песчаной отсыпки, на которых постоянно оставался мертвый запас материалов. Этот запас приходилось вручную перебрасывать к выпускам бункера.

На строительстве шлюза № 1 перегрузочный бункер был устроен в траншее глубиной 7,5 м, длиной 130 м и с откосами 1 : 1, укрепленными сплошным настилом из пластин. Объем бункера — 6 600 м³. Схема его показана на фиг. 66.

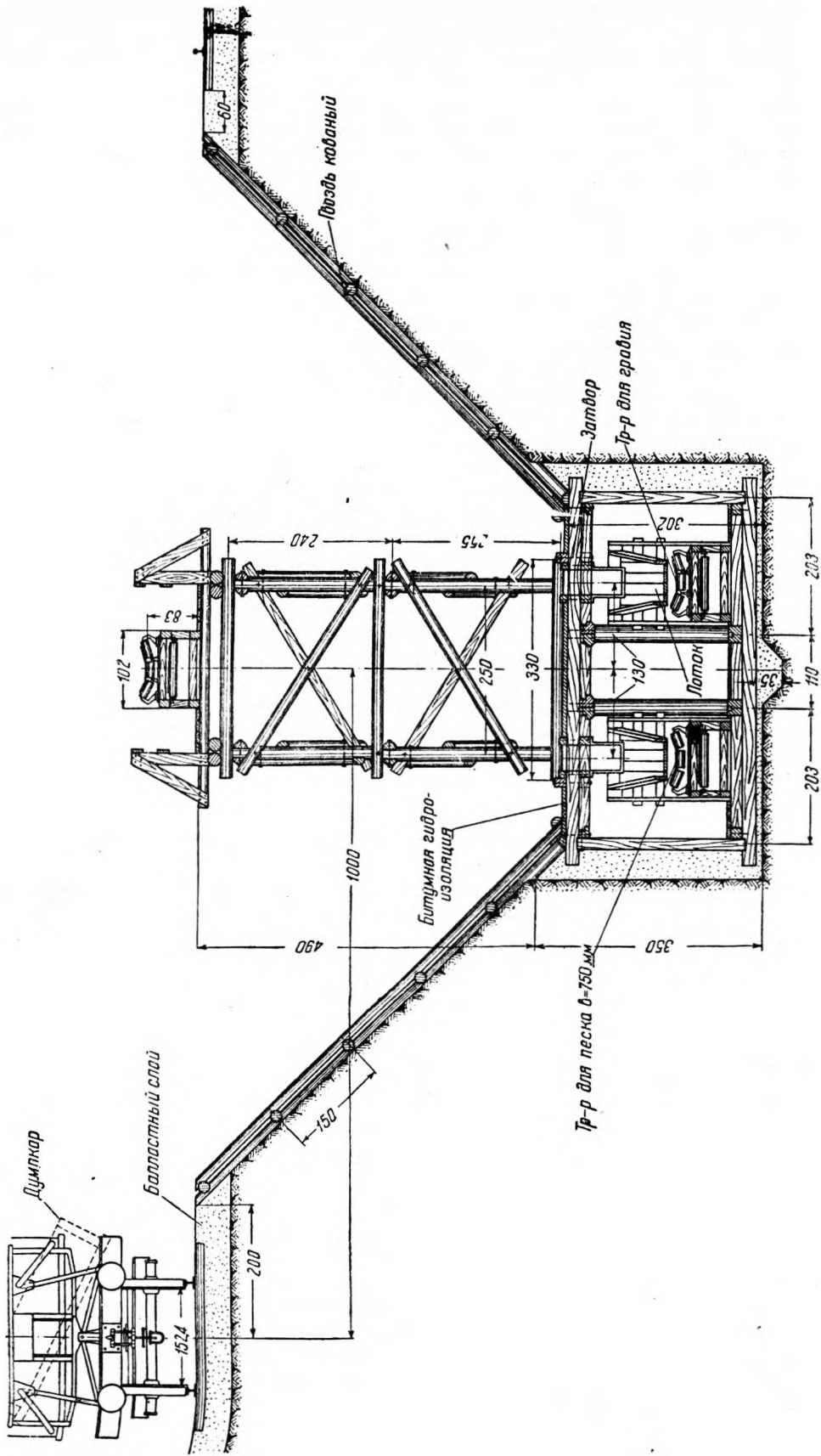
На дне траншеи, как и на траншейном бункере бетонной плотины, имелся туннель из брусчатых рам, собранных впритык, причем средняя часть туннеля поддерживалась двумя рядами бревенчатых стоек. Инертные доставлялись железнодорожными вагонами типа «думпкар» с опрокидными кузовами. Пути для думпкаров устраивались с обеих сторон траншеи. Дополнительное питание бункера производилось с гравиемочной установки с помощью ленточного транспортера с шириной ленты 750 мм. Транспортер, помещенный на эстакаде над бункером, распределял поступающий гравий по длине траншеи. В туннеле в два ряда через каждые 3 м по длине располагались выгрузочные отверстия, оборудованные секторными затворами и лотками, питающие два транспортера с шириной ленты 750 мм.

Для предохранения траншеи от воды пазухи туннеля забивались глиной, перекрытие туннеля покрывалось слоем толя по битуму, а под рамами имелась гравийная подстилка с дренажем в средней части. Воды, собранные в дренаж, выводились в расположенный за пределами бункера специальный колодец, из которого постоянно откачивалась вода.

В бункере в расстоянии 90 м от его задней стены была устроена перегородка из обшитых досками стоек. Перегородка позволяла загружать бункер двумя видами инертных — песком и гравием.

Сборные транспортеры траншейного бункера через перегрузочные деревянные лотки подавали материал на вторые транспортеры, доставлявшие инертные на бетонный завод. Вторые транспортеры были установлены под прямым углом к сборным. Приводные станции транспортеров траншейного бункера были редукторного типа, а натяжные станции — винтовые.

Аналогичные бункеры с незначительными изменениями применялись на бетонных комбинатах шлюзов № 2, 7 и насосно-очистительной станции. На фиг. 67 показана схема бункеров на строительстве шлюза № 2. Эти бункеры состояли из ряда параллельных траншей глубиной 2,5 м, расположенных вдоль железнодорожных путей нормальной колеи. Вертикальные стенки бункеров закреплялись бревенчатыми рамами, обшитыми по контуру пластинами. Несколько ниже уровня земли рамы перекрывались сплошным дощатым настилом. Обшивка стоек с внутренней



Фиг. 66. Граншейный бункер на строительстве шлюза № I

стороны досками создавала прямоугольного сечения бункер, высота которого — около 2 м соответствовала высоте площадки вагона, а ширина — 2,8 м обеспечивала возможность свободного обслуживания с обеих сторон расположенного в траншее транспортера.

В перекрытиях бункеров через каждые 1,5 м устраивались питательные отверстия, оборудованные металлическими секторными затворами. Под затворами на дне траншей на специальной деревянной раме располагались ленточные стационарные транспортеры, перемещавшие материал в бункеры бетонного завода. Ширина ленты этих транспортеров соответствовала их производительности. Например лента транспортера на шлюзе № 2 была шириной 600 мм, на шлюзе № 7 — 750 мм. Если уровень грунтовых вод был выше подошвы траншей, то под рамами устраивались специальные дренажные кюветы, выведенные в колодец, расположенный за пределами бункеров. Из колодца вода откачивалась насосами.

Схема работы бункеров описанного типа заключалась в следующем: гравий или песок выгружался вручную из вагонов или с платформ в бункеры, откуда через питательные, снабженные секторными затворами отверстия поступал на сборные ленточные транспортеры, передававшие материал на бетонный завод.

Не помещавшийся в бункере излишек прибывающего гравия или песка складывался возле бункера на специальных настилах из досок или пластин. Если бункер освобождался от инертных, а вагоны несвоевременно пополняли запасы, инертные подавались из рядом расположенных резервных складов — вручную или при помощи передвижных ленточных транспортеров.

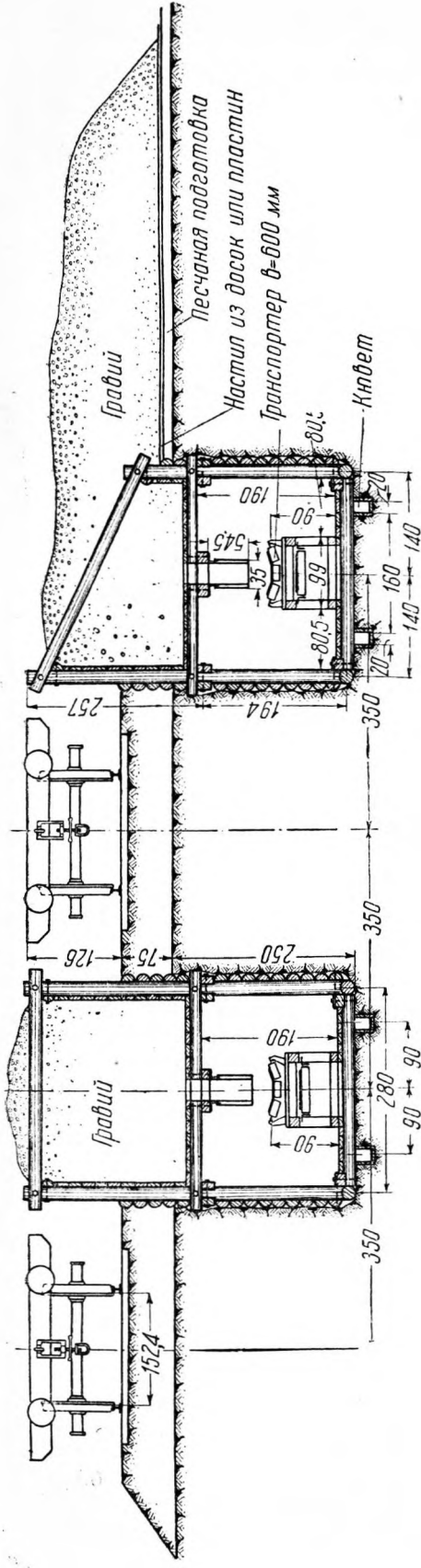
Следует отметить, что зимой довольно часто приходилось принудительно проталкивать гравий и песок через выпуски, так как материал смерзлся и либо вовсе забивал отверстия, либо образовывал своды, прекращавшие свободное продвижение инертных. Это в значительной степени усложняло эксплуатацию подобных установок в зимнее время.

Основная характеристика описанных траншейных бункеров приведена в табл. 45.

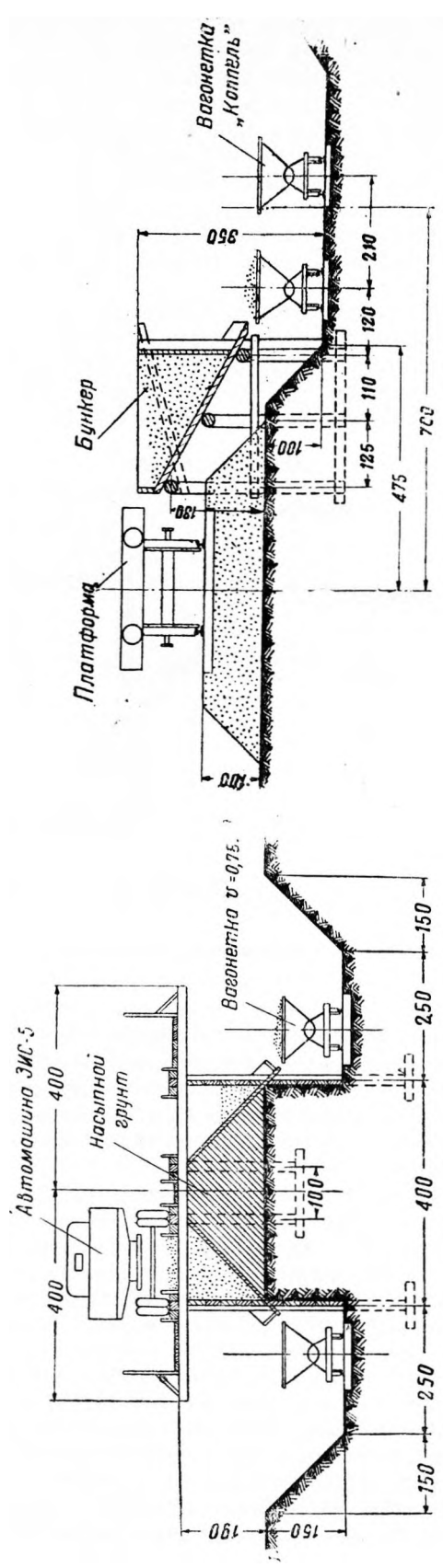
Таблица 45

Бункер	Разгрузочный фронт в лог. м	Емкость в м ³	Расход материалов на изготовление		Расход материалов на 1 м ³ емкости бункера	
			леса в м ³	поковок в кг	леса в м ³	поковок в кг
			Бетонной плотины	205	5 500	850
Шлюза № 1 (глубокая траншея) .	240	6 500	1 250	3 500	0,19	0,55
Шлюзов № 2 и 7	360	2 000	550	3 150	0,27	1,58

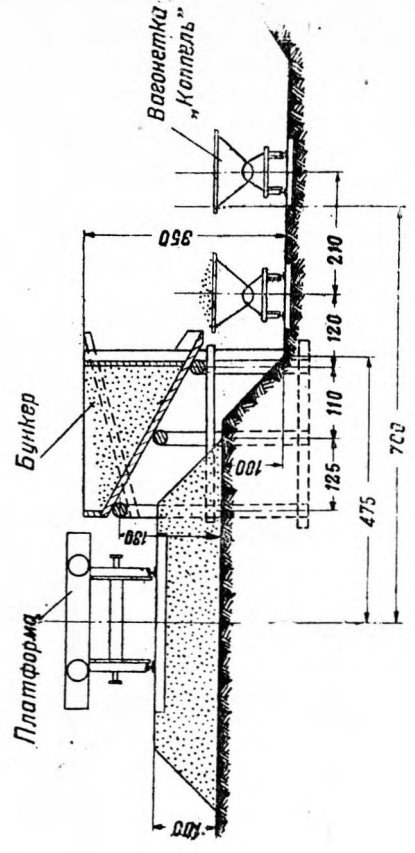
Как видим по удельному расходу леса и поковок, устройство бункеров в глубоких траншеях экономически наиболее целесообразно. Однако необходимо считаться с тем обстоятельством, что устройство таких бункеров возможно лишь при низком уровне грунтовых вод на строительной площадке и устройстве дренажа в основании траншеи. Следует также учитывать, что полезный объем траншей обычно не используется полностью, так как даже при откосе 1 : 1 (который возможен далеко не во всех случаях) часть сыпучих материалов остается на откосах и самотеком к разгрузочным воронкам не поступает.



Фиг. 67. Траншейный бункер на строительстве шлюза № 2



Фиг. 68. Схема перегрузочных устройств при подаче инертных автомашинами



Фиг. 9. Схема перегрузочных устройств при железнодорожной подаче инертных

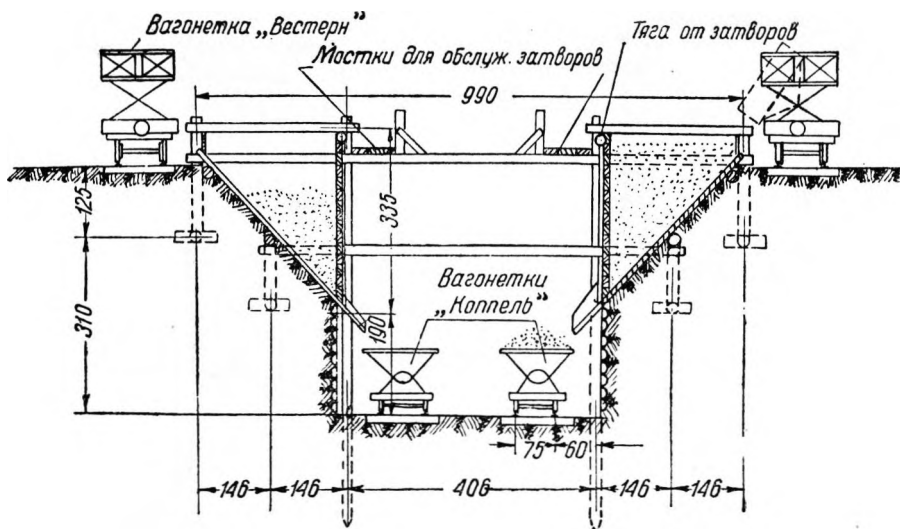
Таковы схемы перегрузочно-складских устройств при подаче инертных ленточными транспортерами.

Схемы, применявшиеся при подаче инертных на бетонные заводы вагонетками «Коппель», имели место при небольшой емкости хранилищ на бетонных заводах малой производительности.

Перегрузочные устройства в этом случае более просты. На фиг. 64 уже было показано перегрузочное устройство на строительстве одних заградительных ворот, рассчитанное также на промывку гравия.

Ниже описываются перегрузочные бункеры, применявшиеся на бетонных заводах одного района, куда инертные доставлялись автомашинами (фиг. 68).

К торцам бункера примыкали наклонные эстакады для въезда и съезда автомашин. Верхняя часть эстакад располагалась на высоте 1,9 м над поверхностью земли. Бункеры устраивались треугольного сечения с наклонным днищем. С обеих сторон бункера были открыты траншеи глубиной около 1,5 м и шириной по дну 2,50 м, на дне которых были проло-



Фиг. 70. Схема перегрузочных бункеров на бетонном комбинате шлюза № 9

жены узкоколейные пути для вагонеток «Коппель». Автомашины разгружались вручную, но бункеры были приспособлены и к условиям работы самосвалов, разгружавшихся сзади и широко применявшихся на строительстве. Выгрузочные отверстия в бункерах перекрывались затворами, управлявшимися при помощи троса с верхних служебных мостиков. Верхнее строение бункера было рассчитано на двупутное движение автомашин.

Если инертные подавались на строительную площадку железнодорожными платформами, а к бетонному заводу — вагонетками «Коппель», то применялась схема перегрузочных устройств, показанная на фиг. 69.

На бетонном комбинате шлюза № 9, куда гравий и песок подавались из карьеров вагонетками «Вестерн» на мотовозной тяге, перегрузочные бункеры были устроены в выемке подводящего к шлюзу канала (фиг. 70). Так как отметка путей заводского транспорта совпадала с уровнем третьего этажа бетонного завода, то доставка инертных на завод осуществлялась без подъема вагонеток. В дне канала имелась траншея длиной 100 м. На обоих откосах траншеи на свайно-столбчатом основании устраивались бункеры с дном, наклоненным под углом 45° к горизонту.

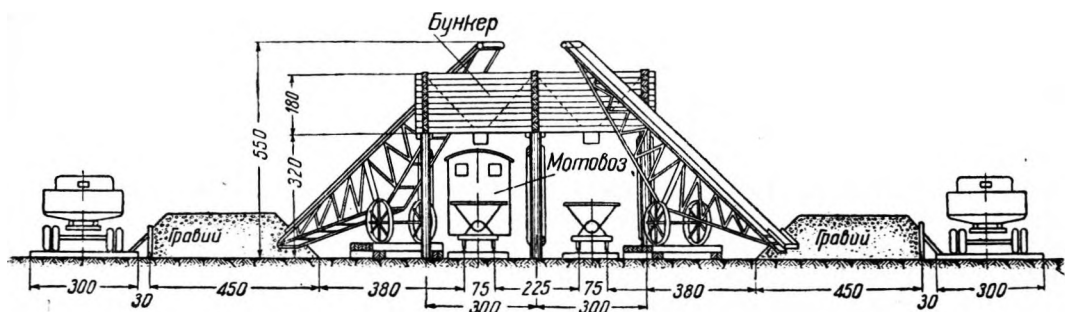
Оба бункера были разделены по длине на две неравные части: большая часть — две трети длины — отводилась под гравий, а меньшая — под песок. На дне траншеи под каждым из бункеров помещался узкоколейный

путь для вагонеток «Коппель», доставлявших инертные на бетонный завод. Вагонетки загружались через питательные отверстия в передней стенке бункера, закрытые специальными затворами, управление которыми производилось со служебных мостиков с помощью тяг. Для того чтобы погрузка не требовала расцепки составов вагонеток, расстояние между питательными отверстиями устраивалось в соответствии с длиной вагонеток.

В зимнее время бункеры утеплялись и материалы в них подогревались паром до температуры $5-10^{\circ}$.

Если бетонные заводы требовали более вместительных складских устройств, то применялась схема, показанная на фиг. 71. Такая схема была осуществлена на бетонном комбинате шлюза № 6.

Между двумя параллельно уложенными лежневыми путями для автомашин устраивалась площадка шириной около 20 м, на которую с автомашин выгружались привезенные инертные. Для предохранения путей от засыпки вдоль них со стороны выгрузки устанавливались деревянные защитные стенки. В центре площадки прокладывались две нитки узкоколей-



Фиг. 71. Схема перегрузочных бункеров для заполнителей на бетонном комбинате шлюза №6

ных путей для вагонеток «Коппель», которые подвозили инертные к бункерам бетонного завода. Над путями через каждые 10—15 м на деревянных опорах устанавливались перегрузочные бункеры. Материал в бункеры подавался передвижными транспортерами типа «Ленинец», перемещавшимися вдоль складских площадок.

Следует отметить, что эта схема может быть значительно улучшена заменой деревянных стационарных бункеров легкими передвижными металлическими.

Трепел, поступавший на строительные площадки в большинстве случаев по железной дороге нормальной колеи, складывался на специально отведенные разгрузочные площадки с деревянным настилом. В зависимости от расстояния до трепельной установки трепел подавался к ней вагонетками, либо тачками. Следует однако подчеркнуть, что вопрос о перегрузочных механизированных устройствах для трепела требует еще дальнейшей разработки.

4. ЗАТВОРЫ ДЛЯ ГРАВИЯ И ПЕСКА

Для питания транспортеров песком и гравием из бункеров применялось несколько типов различных затворов, запроектированных работниками строительства канала.

Наиболее оправдавшими себя оказались следующие типы:

а) Металлический затвор (тип 1), изображенный на фиг. 72, представляет собой прямоугольный сварной ящик из листового железа. Прикрепляемая болтами к бункеру верхняя часть затвора имеет обвязку жесткости из уголков $75 \times 75 \times 8$ мм. В углах обвязки и по середине короткой стороны бункера просверливаются шесть отверстий диаметром 200 мм для крепления затвора к нижней части бункера (выпуску).

Для прикрепления затвора к бункеру болтами в верхней его обвязке, сделанной из уголков, просверлены 8 дыр диаметром 25 мм. Затвор и перекрыватель сделаны из листового 3-мм железа.

в) Металлический затвор, выполненный по типу «Тель-Смит» (фиг. 74), применялся на строительстве в редких случаях. Существенным его отличием от затворов описанных типов является наличие, во-первых, металлического спускового лотка, представляющего одно целое с основной конструкцией затвора, и, во-вторых, обратного секторного перекрывателя. Ось вращения секторного перекрывателя вынесена за пределы лотка. Затвор сделан из листового 3-мм железа, обвязка — из уголкового железа 50 × 50 × 5 мм. Затвор может быть применен для выпуска гравия, песка и других сыпучих материалов.

г) Деревянный затвор, изображенный на фиг. 75, с успехом применялся только для выпуска из бункера песка; попытки применить его для выпуска гравия не увенчались успехом, так как затвор быстро изнашивался. Затвор и перекрыватель сделаны из досок толщиной 4 см. Ось вращения перекрывателя проходит через весь затвор на высоте 24 см от верха и представляет собой металлический болт диаметром 20 мм и длиной 480 мм. Для удобства вращения к перекрывателю с обеих сторон сделаны деревянные ручки.

ГЛАВА III

ЦЕМЕНТНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Для приема и хранения цемента каждый район строительства имел собственную прирельсовую базу. На крупных бетонных комбинатах были устроены самостоятельные механизированные цементные хозяйства, принимавшие цемент непосредственно с железнодорожных путей, минуя районные базы. На мелких же сооружениях имелись лишь небольшие склады шатрового и пакгаузного типа, содержавшие обычно не более 3—5-суточного запаса уже испытанного цемента.

1. МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ ЦЕМЕНТНЫЕ ХОЗЯЙСТВА

Поступавший на строительную площадку цемент выгружался в специальные помещения, где и хранился как навалом, так и в таре. Цемент, прибывавший навалом, выгружался обычно прямо из вагонов в специальные корытообразные бункеры, устроенные в складе, из которых он самоотеком через выпуски поступал на стационарные ленточные транспортеры, нории, а также на механизмы для просеивания.

Просеивался цемент механическими ситами-буратами, сконструированными работниками Строительства. Размер ячеек этих сит 2×2 мм, производительность до 8 т/час. Просеянный цемент поступал в расположенный под буратом бункер, а отсевы в виде комьев слежавшегося или подмоченного цемента, щепы, бумаги и т. п. сбрасывались через край сита в сторону. Для предохранения цемента от распыливания бураты обычно закрывались в герметические деревянные короба из шпунтованных досок.

Хранился цемент в силосах, объемы которых устанавливались в зависимости от интенсивности укладки бетона и от времени, в течение которого силос полностью должен был обеспечивать цементом потребность бетонного завода.

Компоновка элементов цементного хозяйства производилась в зависимости от местных условий каждого бетонного комбината. Основных схем размещения элементов механизированного цементного хозяйства было три: а) прием и растаривание цемента — в специальных растарочных помещениях у разгрузочных железнодорожных тупиков, а просеивание и хранение цемента — на территориально разбеденных участках; б) растари-

вание и просеивание цемента в одном помещении, а хранение его — в другом; в) объединение всех элементов цементного хозяйства.

Экономически более целесообразной оказалась последняя схема, показавшая по сравнению с двумя другими схемами ряд преимуществ, а именно; минимальную кубатуру производственных зданий, минимальную потребность в механизмах (все транспортные передаточные механизмы между отдельными звеньями при объединенной схеме отпадают) и меньшие эксплуатационные расходы.

На бетонном комбинате бетонной плотины цемент принимался, растаривался и просеивался в одном помещении, а хранился отдельно, в силосе, куда он загружался стационарным ленточным транспортером.

На шлюзе № 5 все элементы цементного хозяйства были территориально разъединены, а на шлюзах № 7 и 8 объединены, причем в последних двух случаях цемент просеивался над силосами, куда он непросеянным подавался ковшевыми элеваторами.

Конструкция всех силосов на бетонных комбинатах строительства (за исключением силоса при шлюзе № 1) почти одинакова и представляет собой следующее: на брусчатом ростверке, устроенном непосредственно на грунте или в случае слабого грунта на сваях, помещались галереи сборных транспортеров, выше которых на сплошном брусчатом перекрытии помещались закромы силоса. Стены силоса также делались из брусьев сечением 16×16 и 14×14 см. Ячейки закровов силоса размером $3 \times 3,2$ м устраивались из стандартного 6,5-м леса. Все сопряжения брусьев делались исключительно впритык, с перепуском брусьев через один и с взаимным скреплением железными штырями.

Такая конструкция имеет значительные преимущества перед рубленой, так как обеспечивает быстроту сборки (особенно при сверлении дыр для штырей электросверлами); устраняет необходимость в плотниках высокой квалификации; обходится дешевле и наконец дает после разборки силоса много леса, годного ко вторичному употреблению.

Внутренние стороны наружных стен закровов обшивались фанерными щитами, которые прибивались лишь в верхней части и тем самым допускали возможность независимой осадки брусчатых стен. Нижние части закровов обшивались наклонными под углом 45° — 60° к горизонту щитами, уложенными на вкладных брусчатых клетках. Выгрузочные отверстия перекрывались металлическими или деревянными затворами. Над закромами помещалась надсилосная галерея, в которой размещался транспортер, распределявший цемент по закромам. Сбрасывание цемента с ленточного транспортера в люки, устроенные над каждым закромом, производилось с помощью передвижной тележки «Рустела» или просто ножа, снабженного резиновой обкладкой.

В нижних галереях силосов размещались два транспортера, собиравших цемент из закровов через выпуски и подававших его на завод.

а) Цементное хозяйство бетонной плотины

На площадку бетонного комбината бетонной плотины цемент подвозился автомашинами непосредственно в растирочную силосного склада, где и просеивался. Так как в помещении самой растарочной и силосном складе мог храниться запас, обеспечивавший 10-дневную потребность строительства, то специального цементного склада у растарочной не было. Исходя из максимальной суточной потребности цемента до 500 т и расчетной производительности бурата 90 т/сутки, растарочную предполагалось оборудовать шестью агрегатами, но оказалось достаточным установить только два бурата, показавших относительно высокую производительность—около 8—10 т/час — и надежность в работе.

Цемент, просеянный через 2-мм сита буратов, поступал в загрузочные бункеры сборного ленточного транспортера с лентой шириной 750 мм. Далее по установленному на эстакаде наклонному ленточному транспор-

теру длиной 47,28 м цемент поднимался на верх силосного склада на высоту 14,8 м. Брусчатое здание силоса размером 5,96 × 38,0 м имело 12 парных закровов.

С помощью разгрузочной тележки цемент с горизонтального транспортера, установленного наверху здания, разгружался в отверстия закровов. Брусчатые стены силоса были проконопачены, но не обиты листами фанеры, что увеличивало потери цемента через щели, образовавшиеся в наружных стенах в результате усушки леса.

При продолжительном хранении в закромах слежавшийся цемент образовывал над выпускными отверстиями свода и переставал поступать через выпуск. Для обрушения сводов в выпускной воронке устраивался так называемый «обрушитель», представлявший собой металлический стержень с лопастями на конце. Один конец обрушителя, снабженный лопастями, помещался в закроме, а другой через небольшие отверстия выводился в галлерею, расположенную под закромами. Для обрушения свода обрушитель вталкивали в загром и поворачивали. Иногда своды обрушались также ударами деревянного молота по нижней части закрома.

Каждая пара силосных закровов имела общее выпускное отверстие, через которое цемент поступал на ленту горизонтального транспортера, установленного в нижней галлерее силоса под закромами. Далее наклонными транспортерами цемент подавался в верхний этаж бетонного завода.

Эксплуатация цементного хозяйства бетонной плотины, подтвердив проектные предположения, выявила все же ряд недостатков, например: образование сводов в закромах силоса, распыливание цемента при транспортировании его ленточными транспортерами и т. д. Все это увеличивало потери цемента, затрудняло работу обслуживающего персонала (работа без респираторов была почти невозможна) и сильно загрязняло цементной пылью все оборудование транспортеров — приводные и натяжные станции, ролики и т. д. Принятый для наклонных транспортеров угол подъема в 25° также оказался неудачным — чрезмерно большим; при загрузке толстым слоем цемент стекал по ленте вниз, уменьшая этим производительность транспортера. Максимальным углом подъема для транспортеров, подающих цемент, нужно считать 18°—20°.

б) Цементный силос шлюза № 1

Цементный силос бетонного комбината шлюза № 1 представлял собой интересную траншейную конструкцию, отличавшуюся от конструкций всех остальных силосов (фиг. 76).

Поступавший в железнодорожных вагонах цемент подавался к обеим сторонам растарочной. Проемы стен растарочной, через которые принимался цемент из вагонов, перекрывались откатными двухстворчатыми воротами. Для удобства разгрузки пол растарочной был устроен на одном уровне с полом железнодорожных вагонов. Растарочная представляла собой каркасное здание шириной 13,6 м, длиной, равной длине силоса—60 м, и высотой в середине 4,5 м.

В полу растарочной имелись люки, оборудованные сетками с отверстиями величиной 20 × 20 мм. При сбрасывании цемента через люки в закрома эти сетки задерживали крупные комья, бумагу, щепу и т. п. Закрома для цемента находились под растарочной в траншее глубиной 7 м.

Под закромами силоса помещался одноячейковый туннель из брусчатых венцов, в котором проходил сборный ленточный стационарный транспортер. Сечение туннеля 3 × 2,5 м обеспечивало свободный доступ к транспортеру обслуживающего персонала.

Откосы траншеи были покрыты сплошным рядом брусьев и дощатым настилом. На откосах под брусьями и по контуру туннеля укладывался 25-см слой гравия, смыкавшийся под туннелем с дренажной, имевшей выход к водосборному колодцу, из которого вода откачивалась насосом. Для

вагонов и при ручной разгрузке прием такого количества цемента требовал большого разгрузочного фронта. Поэтому железнодорожные пути были уложены с двух сторон растарочных, это создавало фронт для одновременной разгрузки 20 вагонов — 160 м.

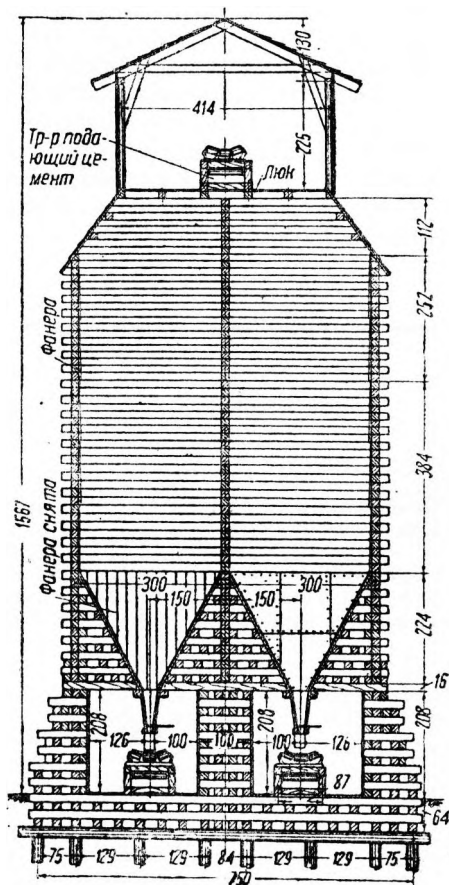
Растарочная представляла собой каркасное здание, обшитое с наружной стороны досками, с десятью одностворными воротами с двух сторон (по количеству устанавливаемых вагонов) и полом, приподнятым на уровень пола вагона. На всю длину растарочной вдоль одной ее стороны устраивалась траншея для цемента, прибывавшего навалом. С другой стороны растарочной на горизонтальной площадке шириной около 7,50 м принимался цемент, прибывавший преимущественно в таре и только в случае необходимости — навалом. Вагоны разгружались вручную.

На дне траншеи под бункером находился ленточный стационарный транспортер, собиравший цемент и передававший его внутрь помещения. На этот транспортер цемент поступал из питательных отверстий, расположенных через каждые 1,5 м по длине корытообразного бункера. Отверстия перекрывались металлическими затворами. Цемент, разгруженный со стороны, противоположной бункеру, растаривался и загружался в тот же бункер для дальнейшего транспортирования. Посредине между растарочными помещался узел сборных транспортеров, перегружавших цемент на транспортеры, направленные перпендикулярно к первым и подававшие его в помещение обработки.

Помещение для обработки цемента, так называемая «буратная» (фиг. 77), представляла собой деревянное каркасное здание размерами 11,9 × 8 × 6,25 м, обшитое досками, как и растарочная, только с наружной стороны. Буратная, оборудованная четырьмя цилиндрическими ситами-буратами, пропускала до 30—40 т цемента в час. Каждая пара буратов загружалась одним транспортером через двухлотковый бункер, дававший возможность питать либо оба бурата одновременно, либо каждый из них в отдельности. Пройдя через цилиндрическое вращающееся сито, просеянный цемент попадал в подвешенный под буратом приемный бункер, а отходы — через деревянную трубу — в переносные сборные ящики. Приемные бункеры питали просеянным цементом сборную ленту стационарного транспортера, подававшую цемент по крытой наклонной галлерее в силос.

Цементный силос шлюза № 5 (фиг. 78) состоял из 12 пар закромов с поперечными размерами 3 × 3,2 м и был рассчитан на вместимость 2 400 т цемента, что примерно соответствовало максимальной 7-дневной потребности в цементе.

Неблагоприятные геологические условия заставили установить силос на брусчатом ростверке и деревянных сваях, собранном по типу американского ряжа на железных штырях. На ростверке вдоль всего силоса были устроены две галлерей сечением 2 × 2,2 м, в которых размещались сбор-



Фиг. 78. Цементный силос шлюза № 5 (поперечный разрез)

ные транспортеры с лентой шириной 600 мм. Выше галереи на сплошном брусчатом перекрытии были устроены закрома высотой около 10 м.

Стены закроев имели две зоны: нижнюю и верхнюю. Нижняя зона отделялась щитами, уложенными наклонно (под углом 60° к горизонту) по вкладным брусчатым клеткам. Образованные таким образом выгрузочные отверстия закроев перекрывались тарельчатыми затворами. Над закромами была устроена надсилосная галерея, одним концом примыкавшая под прямым углом к крытой эстакаде от буратной. В этом месте цемент перегружался с транспортера, шедшего от буратов, на транспортер надсилосной галереи, распределявший просеянный цемент по закромам силоса. Цемент с помощью передвижной разгрузочной тележки «Рустела» сбрасывался в люки закроев. В каждой нижней галерее силоса под затворами было установлено по одному транспортеру, принимавшему цемент из закрома для подачи его на бетонный завод.

Перегрузка цемента с двух лент, расположенных в нижних галереях силоса, на одну, подававшую цемент на бетонный завод, производилась с помощью шнека диаметром 30 см, который работал от приводной станции одного рядом расположенного собирающего транспортера.

В табл. 46 приведены показатели транспортеров цементного хозяйства шлюза № 5.

Таблица 46

Транспортеры	Количество	Длина в м	Ширина ленты в м	Скорость ленты в м/сек	Типы конечных станций		Мощность мотора в квт.
					приводной	натяжной	
Сборный в растарочной	2	45	600	0,8—1	Призура 612	Нагсвин 500	5,0
Подающий в силос	1	77	600	0,8—1	" 612	" 500	12,0
" " буратную	2	21	600	0,8—1	" 612	" 500	4,0
Распределительный в силосе	1	40	600	0,8—1	" 612	" 500	6,5
Сборный в силосе	2	39	600	0,8—1	" 612	" 500	4,5
Подающий на бетонный завод	1	52	600	0,8—1	" 612	" 500	12,0

г) Цементное хозяйство шлюза № 7

Силос бетонного комбината шлюза № 7 с пристроенной к нему растарочной был расположен на имевшемся ближайшем свободном участке, на расстоянии 80 м от бетонного завода (разрез силоса показан на фиг. 79).

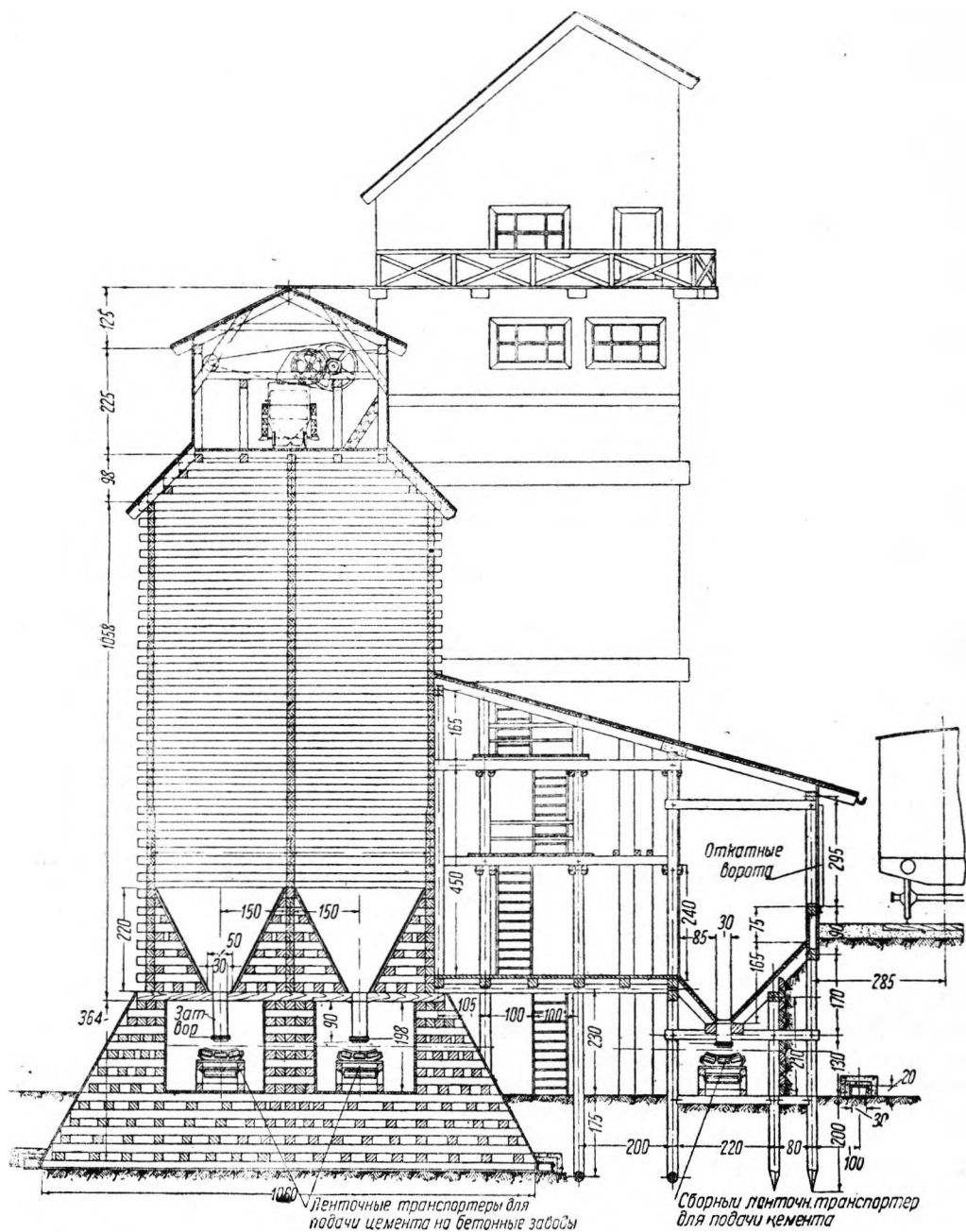
Растарочная размерами в плане 42 × 8 м располагалась непосредственно у железной дороги.

Цемент подавался составами не больше чем из 12 вагонов. Длина же растарочной позволяла одновременно разгружать не больше шести вагонов. Поэтому состав разгружался в два приема с передвижкой. Разгрузка всех 12 вагонов занимала 2 часа.

Цемент, прибывавший навалом, выгружался непосредственно в бункеры, откуда через металлические тарельчатые затворы подавался транспортерами в приемную яму нории, расположенной в центре растарочной. Этим достигалась бесперебойная загрузка силоса при аварии одного из транспортеров. В случае же выхода из работы обоих транспортеров, подававших цемент к нориям, цемент все же выгружался в приемные бункеры растарочной. При затяжной остановке работы силоса цемент мог быть разгружен на площадку растарочной.

Для цемента в таре в растарочной был отведен участок шириной 5 м, а длиной равный полной длине растарочной за вычетом площади, занятой норийной башней. Полезная площадь пола растарочной—185 м². При рас-

положении бочек с цементом в пять рядов по высоте в растарочную могло быть принято около 2 000 бочек, или около 36 вагонов. Растаривание бочек с цементом производилось над бункерами.



Фиг. 79. Цементный силос шлюза № 7 (поперечный разрез)

Цемент, поданный в норийные ямы транспортерами, поднимался двумя нориями типа Союзтранстехпрома на высоту около 25 м к буратам, установленным в верхней части здания силоса. Обе нории могли обеспечить подъем 50 т/час. При аварии одной из норий работа выполнялась второй.

Из норий цемент поступал в два просеивателя, отделявших от цемента посторонние примеси. Просеянный цемент шел в установленные под

буратами бункеры, а отсеы сбрасывались через специальную деревянную трубу вниз. Из бункеров через два передаточных транспортера цемент поступал на передвижной реверсивный транспортер, расположенный над закромами силоса и распределявший цемент по закромам. Благодаря возможности движения транспортера по специально уложенным рельсам узкой колеи и реверсивности хода ленты цемент сбрасывался только с торцов транспортера.

Силос представлял собой брусчатое здание, разделенное одной продольной и несколькими поперечными стенами на 13 парных закровов размерами $3 \times 3,2$ м. Высота силоса от поверхности земли до конька кровли верхней загрузочной галлерееи 17,04 м. Основанием силоса служил брусчатый ряз, в котором на всю длину были устроены две галлерееи, проходившие вдоль обоих рядов закровов. В галлерееях размещались стационарные ленточные сборные транспортеры. Нижние части закровов были сделаны воронкообразными и заканчивались питательными отверстиями, оборудованными металлическими затворами. Стены силоса и ряз были сделаны из брусев 16×16 и 18×18 см.

С двух сборных транспортеров, расположенных в галлерееях силоса, цемент перегружался на линию транспортеров, доставлявших его на бетонный завод комбината № 1. Для снабжения цементом комбината № 2 шлюза № 7 проект предусматривал постройку второго силоса, но после более детального анализа было решено снабжать бетонный завод комбината № 2 цементом из этого же силоса, построив вторую галлереею с расположенной в ней системой 750-мм транспортеров. Из за отсутствия разгрузочных тележек цемент разгружался с транспортеров ножами.

Для сравнения описанных конструкций силосов приводится табл. 47.

Таблица 47

Силос	Вместимость в т	Общий расход материалов		Расход материалов на 1 т хранения цемента	
		лес в м ³	поковки в кг	лес в м ³	поковки в кг
Шлюза № 1 траншейный, каркасный . . .	3 600	850	3 900	0,24	1,08
" № 5 надземный, брусчатый	2 400	790	12 000	0,33	5,00
" № 7 " " " "	3 000	1 200	15 000	0,40	5,00

Из таблицы видно, что по сравнению с надземными силосами примерно одинаковой вместимости траншейный силос требует в 1,5 раза меньше леса и в 4,6 раза меньше поковок. Несмотря на это экономическое преимущество траншейного каркасного силоса, из-за возможности подмачивания в нем цемента он не получил развития на строительстве канала. Лишь на строительной площадке шлюза № 1, где высокое стояние грунтовых вод было исключено, были осуществлены силосы траншейного каркасного типа.

Опыт строительства канала показал, что транспортеры являются далеко не совершенным средством перемещения цемента. Особенно неблагоприятными моментами являются: подача на ленту цемента из закровов через затворы без специальных питателей, а также промежуточные и конечные места разгрузки. Кроме того наблюдались чрезвычайно неравномерное поступление цемента на ленту и его значительное распыление при погрузке и перегрузках. Лучшими механизмами для транспортирования цемента являются пневматические установки, и только из-за невозможности их получения транспортеры имели на строительстве канала широкое применение.

2. НЕМЕХАНИЗИРОВАННЫЕ ЦЕМЕНТНЫЕ ХОЗЯЙСТВА

Как уже упоминалось, при отсутствии на строительных площадках крупных бетонных комбинатов устраивались районные склады, куда цемент доставлялся по железной, дороге нормальной колеи. Такие склады вмещали почти месячный запас цемента. В районных складах цемент просеивался на ручных ситах или в лучшем случае на ручных трясунах. Комья слежавшегося и подмоченного цемента, а также бумага и щепа, попадавшие в цемент во время растаривания, отделялись на ситах с отверстиями 1×1 и 2×2 м.м. В некоторых районных складах цемент развешивался с тем, чтобы на мелкие бетонные заводы доставлять порции, заготовленные в соответствии с проектными требованиями и размерами установленных бетономешалок.

Районные цементные склады имели несколько разновидностей.

а) Шатровый склад (фиг. 80) для хранения цемента навалом имел в поперечном сечении форму треугольника с размером основания $6,50$ м и высотой $5,60$ м. Длина склада— $12,5$ м.

В основании склада в продольном направлении через $1—1,30$ м были проложены пластины, по которым бревна или пластины укладывались в поперечном направлении. Поверх второго ряда пластин делался сплошной настил из досок толщиной $2,5$ см, уложенных в два ряда. По длине склада через каждые 2 м непосредственно от пола устанавливались стропила из 16 -см бревен, обшивавшиеся досками с покрытием сверху финской стружкой.

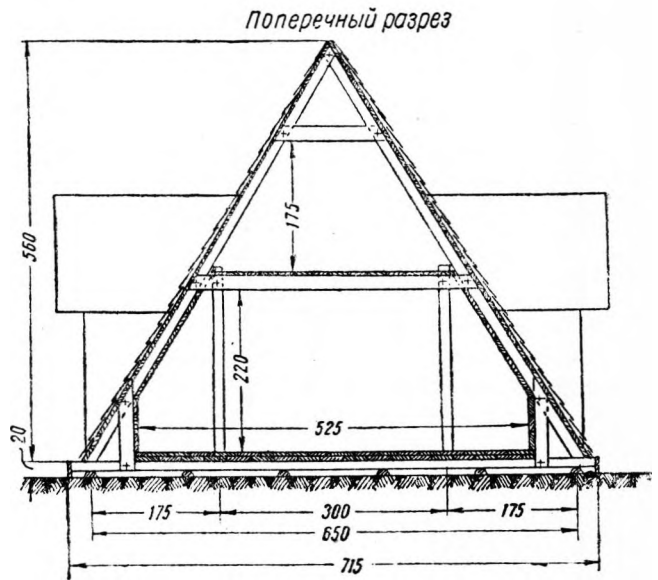
Внутренние стенки склада также были обшиты 4 -см досками на высоту $2,20$ м, образуя таким образом сплошной закром для цемента.

Склад имел двустворчатые ворота в обоих торцах. Для удобства обслуживания по всей длине склада на высоте $2,40$ м от пола по поперечинам, опиравшимся на вертикальные стойки, укладывался настил, по которому при загрузке склада можно было передвигать тачки с цементом.

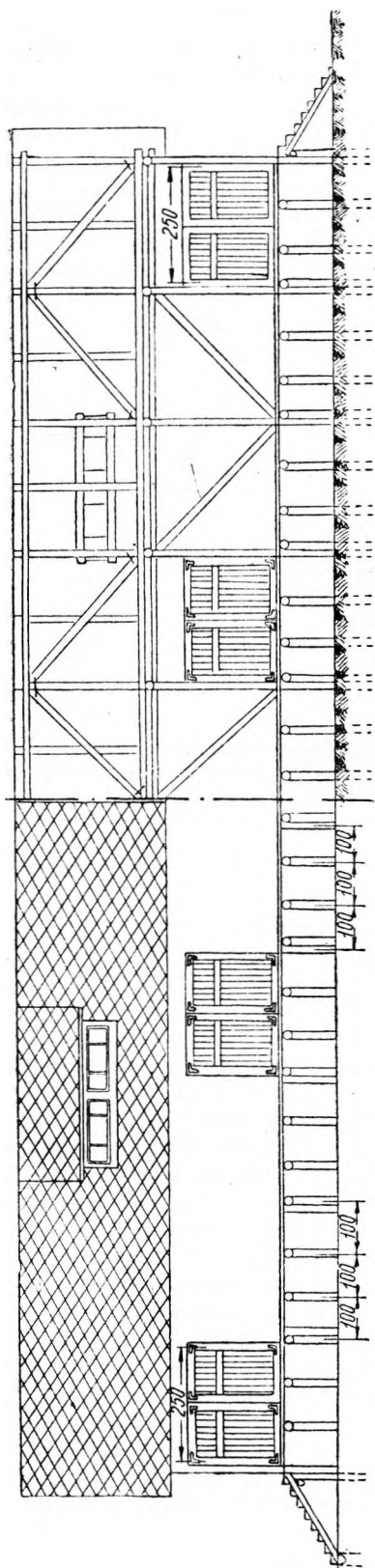
В некоторых районах, например в Южном, для удобства загрузки низкорасположенных складов от разгрузочной площадки к складам были устроены специальные эстакады, по которым разгружавшийся из вагонов цемент подвозился к складам тачками и сбрасывался через люки.

б) Шатровый склад для хранения цемента в таре в отличие от описанного выше не обшивался с внутренней стороны досками. В отличие также от склада для хранения цемента навалом, где пол делался из досок, уложенных в два ряда, пол в описываемом складе делался из пластин диаметром $18/2$, укладывавшихся поперек бревен, расположенных в основании склада. На высоте примерно $2/3$ от пола стропила скреплялись горизонтальными схватками из досок размером 5×18 см.

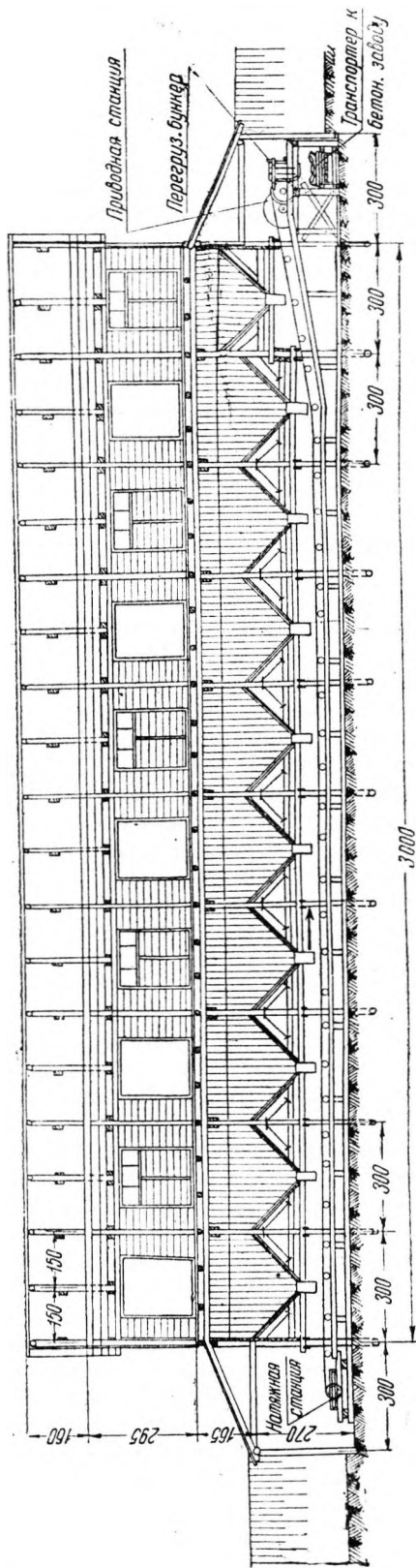
в) Пакгаузный склад (фиг. 81) представляет собой деревянное здание каркасного типа с размерами $30,0 \times 12,0 \times 2,4$ м. Для удобства раз-



Фиг. 80. Шатровый склад для хранения цемента навалом



Фиг. 81. Пакгаузный склад для цемента (фасад и продольный разрез)



Фиг. 82. Бункерный склад для цемента

грузки и загрузки пол склада из 4-см досок, уложенных в четверть на поперечные балки, устраивался на высоте 1,25 м над землей соответственно высоте пола вагонов или автомашин.

Кровля склада — двускатная. Освещение — через сделанные в крыше фонари, по два с каждой стороны, и через окна в торцевых стенах склада — также по два с каждой стороны. Склад оборудован двустворчатыми дверями, по четыре с каждой стороны, размером 2,5 × 2,0 м.

В складе можно хранить цемент, прибывающий навалом и в таре. В первом случае внутри склада устраивались специальные закрома высотой до 1,5 м.

г) Бункерный склад (фиг. 82) представляет собой крытое деревянное здание каркасного типа, разделенное на два этажа. Верхний этаж предназначен для приема прибывающего цемента, а нижний, собственно бункерный склад, — для хранения цемента. Верхнее помещение размерами 6,35 × 30 × 4,50 м, где 4,50 м — высота от пола до конька крыши. Обшитые досками стойки диаметром 16 см расставлены через 3 м. Склад перекрыт деревянными стропилами, расположенными через 1,5 м. Подъем стропил — 2,4 м. Кровля — этернит по дощатому настилу. Пол устроен из 4-см досок, настланных по 15-см балкам. Склад имеет с двух сторон по 5 дверей, расположенных в продольных стенах через 6 м одна от другой.

В нижнем этаже размещены 10 бункеров, состоящих из четырех наклонных поверхностей, обшитых по брусью досками в два ряда. Каждый бункер оборудован выпуском, к которому подвешен металлический круглый тарельчатый затвор диаметром 25 см. Во избежание отсыревания цемента, хранимого в бункерах, последние опираются на стойки так, чтобы бункер не касался поверхности земли. Под бункером устроена траншея для транспортера, принимающего цемент из бункеров через выпуски и передающего его через ряд транспортеров к бетонному заводу.

Работа бункерного склада протекала следующим образом: прибывавший в железнодорожных вагонах цемент вручную подавался через двери склада в верхнее помещение, где в случае прибытия навалом он мог просеиваться. За-

тем через люки в полу цемент подавался в нижнее бункерное помещение, откуда по мере потребности самотеком через тарельчатые металлические затворы подавался на ленточный стационарный транспортер. Если цемент прибывал в таре, то растаривание и просев производились в верхнем помещении бункерного склада.

Бункерный склад совершеннее, чем склад шатрового и пакгаузного типов. Он может с успехом применяться на небольших сооружениях, требующих сравнительно больших запасов цемента. В табл. 48 приведены основные показатели описанных цементных складов.

Наиболее дешевым из четырех рассмотренных типов складов является шатровый склад.

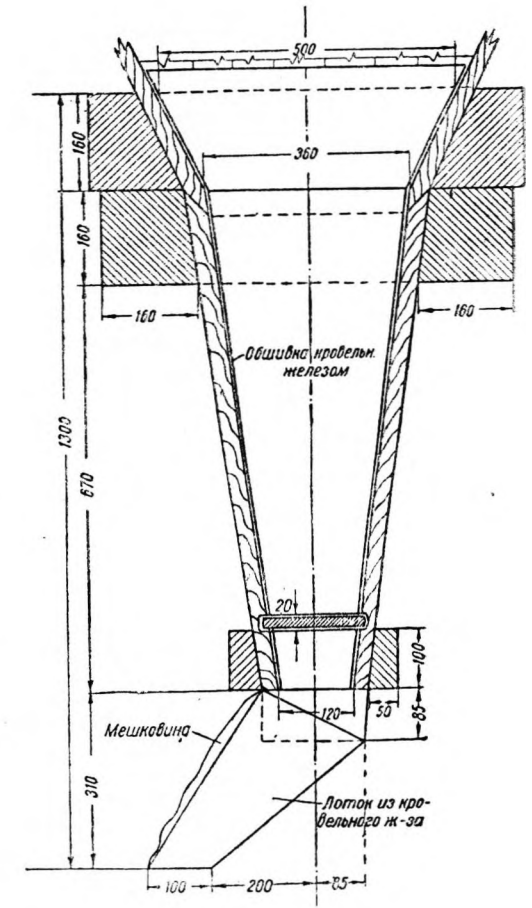
Таблица 48

Склад	Строительная кубатура в м ³	Вместимость цемента в т	Строительная кубатура на 1 т вместимости (в м ³)
Шатровый для цемента:			
а) навалом	220	160	1,38
б) в таре	220	85	2,60
Пакгаузный	1 600	300	5,34
Бункерный	1 400	330	4,25

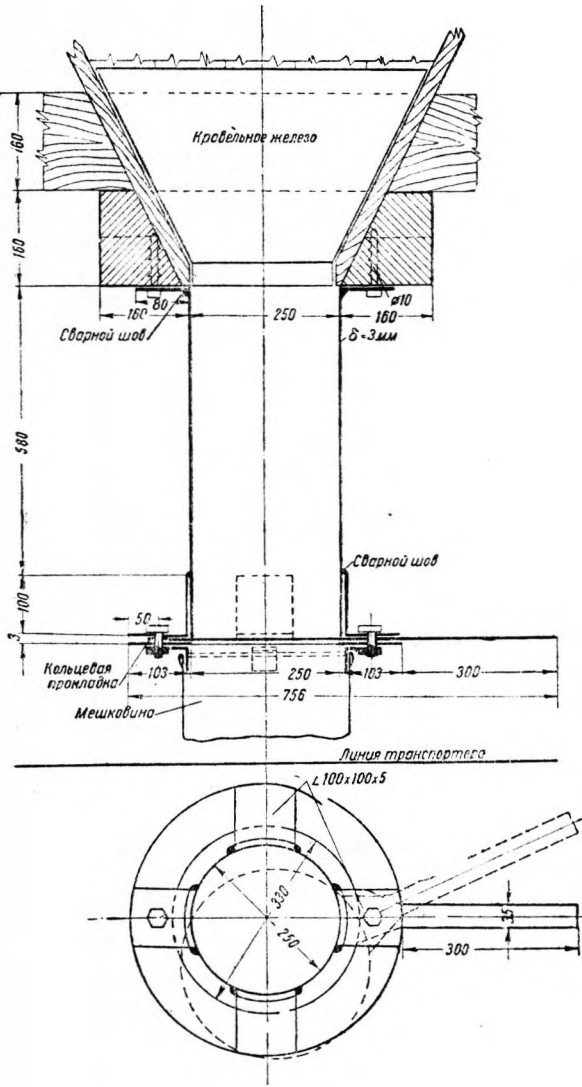
3. ЗАТВОРЫ ДЛЯ ЦЕМЕНТА

Для питания транспортеров цементом из силосов на строительстве было запроектировано несколько типов затворов. Ниже описываются наиболее удачные из них.

Затвор типа 1 (фиг. 83) представляет собой вертикально поставленный цилиндр из парсового 3-мм железа. К верхней части затвора приварено металлическое кольцо с внутренним диаметром, соответствующим наружному диаметру вертикального цилиндра, — 256 мм и наружным диаметром 416 мм. К уголкам нижней части затвора двумя болтами прикреплено нижнее металлическое кольцо. Для передвижения тарельчатого перекрывателя в горизонтальной плоскости между цилиндром и кольцом оставлен зазор в 3 мм соответственно толщине перекрывателя. К нижнему кольцу затвора по осям приварены 4 уголка, на которых укрепляется метал-



Фиг. 84. Затвор для цемента (тип 2)



Фиг. 83. Затвор для цемента (тип 1)

лическое кольцо из круглого железа с прикрепленной к нему мешковиной, предохраняющей цемент от распыливания.

Перекрыватель представляет собой металлический круг диаметром 330 мм с ручкой длиной 300 мм. Вращение перекрывателя происходит вокруг одного из болтов, поддерживающих нижнее кольцо затвора. Чтобы при большом давлении цемента на перекрыватель ручка затвора при открывании не могла погнуться или сломаться, ее следует усилить приваркой полосового железа. Для придания выпускной воронке более гладкой поверхности стенки воронки обшиты кровельным железом.

сделан из парсового 3-мм железа. В месте прикрепления затвора к бункеру имеется обвязка из уголков 80×60 мм. Выпускная воронка силоса или бункера, к которому подвешивается затвор, обшита кровельным железом. Нижняя часть всех четырех стенок ящика отогнута в сторону на 60 мм. В нижней части затвора имеется секторный металлический перекрыватель.

Необходимо заметить, что почти все применявшиеся на строительстве канала затворы бункеров и силосов при работе не исключали некоторого распыла цемента.

ГЛАВА IV

ТРЕПЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

В результате проведенного ЦБЛ Строительства всестороннего изучения вопроса пуццоланизации вяжущего для производства был принят способ мокрой присадки трепела, оказавшийся экономически наиболее совершенным и одновременно обеспечивавший высокое качество присадки.

Технологический процесс присадки трепела состоял из следующих операций: а) получение трепельного теста — шлама; б) перемешивание шлама с водой и получение трепельного молока; в) очистка молока от опок, неперемолотых частиц и сора; г) подача молока к дозировочным бачкам; д) дозирование. В зимнее время эти операции дополнялись еще оттаиванием трепела перед дроблением, а также подогревом воды и готового молока.

Для осуществления мокрой присадки трепела при бетонных заводах создавались специальные установки, в задачу которых входили приготовление трепельно-водной суспензии (так называемого «трепельного молока») и подача этого молока в дозировочные бачки бетономешалок.

Трепельная установка (фиг. 86) оборудовалась складской площадкой для приема и хранения трепела, механизмами для дробления трепела (обычно молотковыми дробилками типа «Клеро-Белякова»), закрытыми для хранения шлама, смесительными чанами для приготовления молока, специальными очистителями-отстойниками для очистки молока, силовой подводкой для электрических моторов при дробилках и смесителях, водопроводной магистралью для питания дробилок и смесителей водой и наконец сточными лотками или канавами для удаления отходов.

При установках, рассчитанных на круглогодичную работу, устраивалось кроме того дополнительное помещение с огневой плитой или паровыми решетками для предварительного оттаивания трепела, а также паропроводы к бакам и смесительным чанам для подогрева воды и трепельного молока.

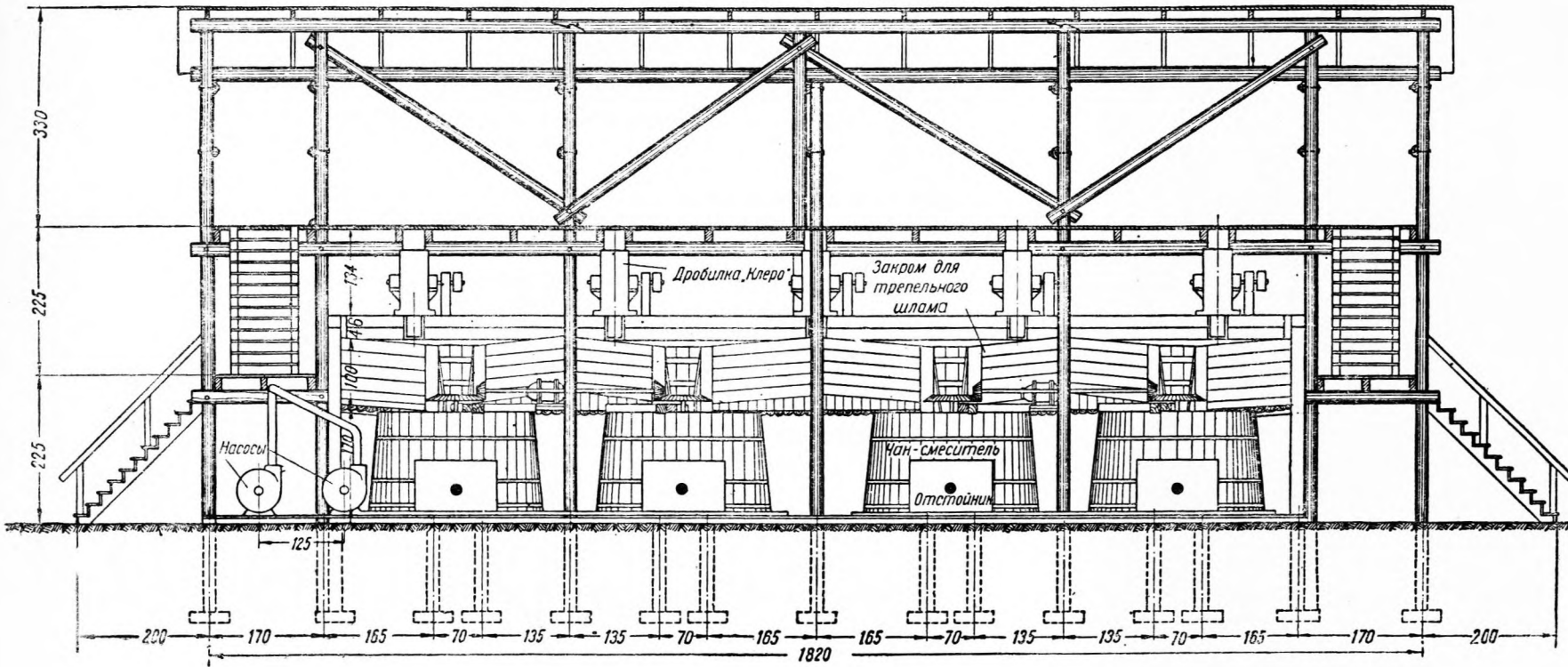
Складские площадки для трепела устраивались обычно вдоль разгрузочных линий и тупиков железнодорожного и автомобильного путей. Для предохранения трепела от засорения, а дробилок — от последующего попадания в них посторонних твердых предметов (кусков камня, гравия и т. п.) площадки имели дощатый настил.

Трепел загружался в дробилки тачками или лопатами. Одновременно с грузкой трепела к приемнику бункера дробилки подавалась и вода в количестве, обеспечивавшем выходящему шламу влажность около 60%. Производительность дробилок — до $1,5$ м³ трепела в час.

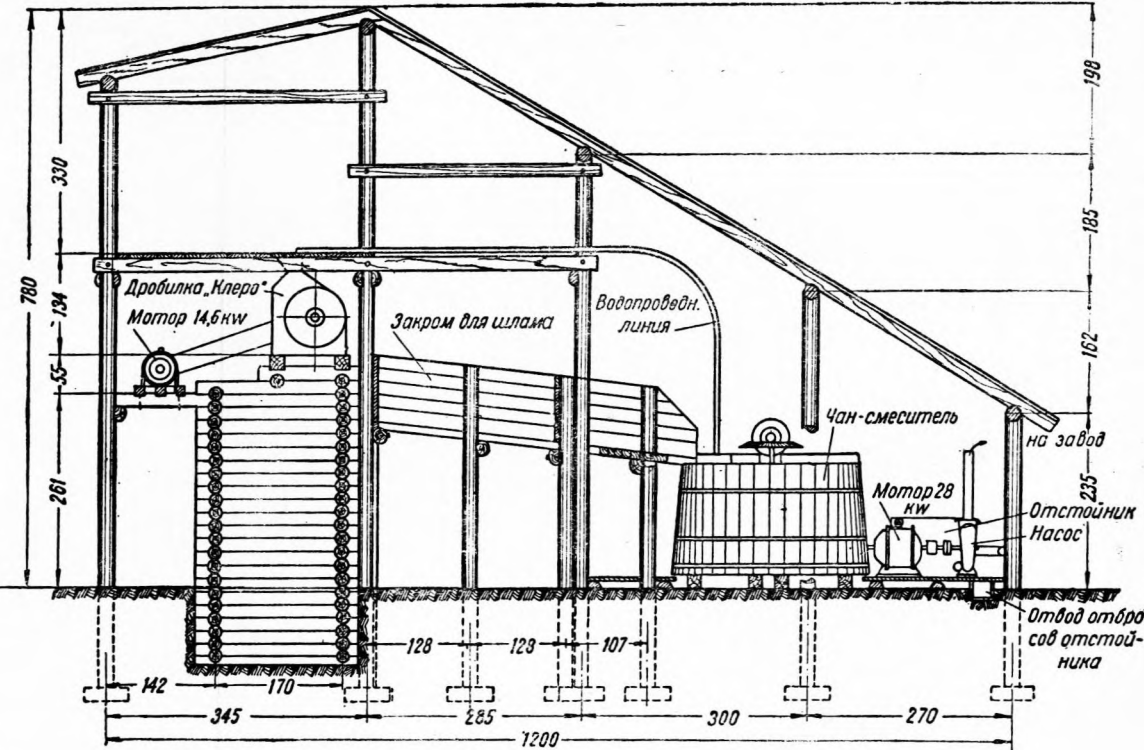
При недостатке воды шлам получается густым и забивает выгрузочные отверстия и колосниковую решетку. Излишек же воды заставляет трепел быстрее проходить в выгрузочное отверстие и тем ухудшает его «измельчение». Для нормальной работы дробилки была установлена равномерная подача в загрузочную воронку 1 м³ трепела и ок. $0,9$ м³ воды в час.

При разработке карьеров трепела должна быть исключена возможность попадания в массу трепела окаменелых и опоковидных комьев; склады же трепела должны оборудоваться настилами. При несоблюдении

Продольный разрез



Поперечный разрез



Фиг. 86. Трепельная установка шлюза № 5

Очиститель-отстойник представлял собой металлический ящик объемом от 1 до 2 м³ с двумя крышками в верхней и нижней частях для очистки и удаления осадков. Для предохранения трубопроводов от попадания в них крупных частиц перед выходным отверстием была устроена сетка с ячейками 1×1 мм. Осаждение крупных частиц в отстойниках происходило вследствие резкого уменьшения скорости протекавшего трепельного молока. Очищать их приходилось не реже двух раз в сутки. Для удаления отходов из чанов и труб перед люками отстойника устраивались специальные отводы, обычно в виде деревянных желобов. Желоб устраивался с соответствующим уклоном и отводился в пониженное место.

На сооружении шлюза № 1 был испытан и внедрен в производство метод получения трепельного молока отмучиванием. Сухой трепел загружался прямо в смесительные чаны, оборудованные двумя рядами усиленных лопастей. Одновременно в чан добавлялась и вода, после чего производилось отмучивание. Через сетки, улавливавшие крупные частицы, полученная жидкость пропусклась в следующий ряд смесительных чанов, где и приготавливалось молоко. Этот метод в производственном отношении был значительно более прост, чем вышеописанный, но давал несколько больше отходов.

Трепельное молоко подавалось к дозировочным бачкам по трубопроводам диаметром 50—100 мм (в зависимости от необходимой производительности) самотеком, а также принудительным способом при помощи насосов. При самотечной подаче трепельная установка обычно размещалась в пристройке к бетонному заводу, причем смесительные чаны помещались на высоте, обеспечивающей достаточный напор для продвижения молока в дозировочные бачки. Так, в установках на водосбросе при Пироговской земляной плотине и шлюзе № 3 эта высота составляла 5—6 м. В этом случае движение молока было односторонним — от баков к дозаторам у бетономешалок. Недостатком этого способа было то, что при наполнении дозаторов и закрытии кранов движение трепельного молока прекращалось и взвешенные частицы трепела оседали и засоряли трубопроводы. Поэтому на всех прочих бетонных заводах Строительства была осуществлена значительно более совершенная принудительная подача трепельного молока.

При принудительной подаче установка в плане и по высоте размещалась вне зависимости от расположения бетонного завода. Большое преимущество такого размещения заключалось в том, что при компоновке комбинатов удавалось совмещать установку с разгрузочной площадкой и тем исключать внутривоздушное перемещение трепела.

На строительстве шлюза № 5 (фиг. 54 и 86) трепельная располагалась в 200 м от бетонного завода при высоте подачи суспензии до 10 м. При этой системе молоко подавалось центробежными грязевыми насосами (обычно типа «Вильфлей»). Молоко плотностью до 1,35 насосы перекачивали без затруднений. Большая плотность трепельного молока приводила к весьма быстрому засорению системы. Во всех случаях применялось не менее двух насосов. Один из них был запасным, но оба они были включены в циркуляционную сеть. Трубопровод устраивался кольцевым, чтобы не израсходовать на заводе излишки молока можно было вернуть обратно в смесительные чаны. Таким образом трепельное молоко постоянно циркулировало в сети.

Для возвращения излишков молока в смесительные чаны конец обратного трубопровода снабжался гибким шлангом, вводившимся сверху поочередно в те смесительные чаны, из которых в данный момент расходовалось молоко.

Изменения направлений трубопроводов делались по пологим кривым, так как устройство поворотов при помощи тройников и угольников вело к образованию так называемых «мешков», в которых постепенно откладывались частицы трепела, образуя пробки. Для возможности прочистки трубопроводы на поворотах и в пролете снабжались ревизиями. Не реже

раза в сутки вся сеть промывалась водой, которой по окончании работы наполнялся один из освободившихся чанов-смесителей. На крупных установках устраивался специальный водяной промывочный бак, включенный в общую сеть.

Присадкой трепельного молока несколько усложнялись расчеты дозировки материалов. Кроме воды, вводившейся в бетонную смесь с отощателями (влажность материалов) и с трепельным молоком, также вводилась вода в чистом виде. Это было необходимо для того, чтобы в случае изменения влажности отощателей можно было легко регулировать количество воды, не изменяя консистенции трепельного молока.

Плотность трепельного молока и количество воды, вводимой в бетонную смесь в чистом виде, рассчитывались следующим образом: определялась максимально возможная влажность отощателей (обычно колеблющаяся для песка в пределах 5—6%, для гравия — 3—4%), а отсюда — и наибольшее количество воды, которое может в них содержаться; количество воды для приготовления трепельного молока определялось как разность между проектным количеством воды и максимально возможным количеством воды в отощателях. Таким образом при изменении влажности материалов плотность трепельного молока оставалась постоянной. При максимальной влажности отощателей проектное количество воды в бетонной смеси складывалось из воды, содержащейся в трепельном молоке и отощателях; при уменьшении же влажности материалов недостающее количество воды добавлялось в чистом виде.

Приведем пример расчета плотности молока и количества вводимой в бетонную смесь чистой воды.

Состав бетона на 1 м^3 : портландцемента — 230 кг, трепела—50 кг, воды —182 л, песка— 730 кг, гравия —1170 кг; максимальная влажность песка — 6%, гравия — 4%; фактическая влажность песка — 3%, гравия — 1%.

При максимальной влажности содержание воды в отощателях:

$$\begin{array}{r} \text{в песке: } \frac{730 \cdot 6}{100} = 43,8 \text{ кг} \\ \text{в гравии: } \frac{1170 \cdot 4}{100} = 46,8 \text{ „} \\ \hline \text{В с е г о} \qquad \qquad \qquad 90,6 \text{ кг} \end{array}$$

Количество воды для приготовления трепела:

$$182 - 90,6 = 91,4 \text{ кг.}$$

Вес трепельного молока:

$$91,4 + 50 = 141,4 \text{ кг.}$$

Объем трепельного молока:

$$91,4 + \frac{50}{2,4} = 112,2 \text{ л.}$$

Плотность — концентрация трепельного молока:

$$141,4 : 112,2 = 1,26 \text{ кг/л.}$$

Фактическое содержание воды в отощателях и песке:

$$\begin{array}{r} \text{в песке: } \frac{730 \cdot 3}{100} = 21,9 \text{ кг} \\ \text{в гравии: } \frac{1170 \cdot 1}{100} = 11,7 \text{ „} \\ \hline \text{В с е г о} \qquad \qquad \qquad 33,6 \text{ кг} \end{array}$$

Количество воды, добавляемой в чистом виде:

$$90,6 - 33,6 = 57 \text{ кг.}$$

При этом необходимо учесть, что плотность молока не должна быть более 1,35, так как это препятствует подаче молока по трубопроводам. Поэтому в случаях, когда плотность молока превышает 1,35, необходимо либо применять отощатели с меньшим процентом влажности, либо снизить процент присадки трепела. Это обстоятельство обычно имеет место в зимнее время при подогреве песка острым паром. Обладая большой водоудерживающей способностью, песок задерживает конденсат, вследствие чего влажность его сильно увеличивается. Поэтому при производстве мокрой присадки трепела в зимнее время необходимо песок подогревать на огневых печах или при помощи змеевиков или радиаторов, но закрытым паром.

Производительность трепельной установки определялась на строительстве в соответствии с потребностью бетонного завода в трепельном молоке. Эта потребность может быть исчислена по формуле:

$$Q = \left(\frac{v-w}{1000} + \frac{p}{2400} \right) P,$$

где Q — необходимый объем молока в $м^3/час$;

v — общий расход воды на 1 $м^3$ бетона в л;

w — содержание воды в отощателях при их максимально возможной влажности;

p — расход трепела на 1 $м^3$ бетона в кг (2 400 — удельный вес трепела);

P — производительность бетонного завода в $м^3/час$.

Количество смесительных чанов рассчитывалось с учетом того, что в течение часа 20—30 мин. расходуется на отдачу молока, а остальное время — на загрузку чана и приготовление суспензии. Объем трепельного молока, выдаваемого одним чаном, принимался равным 80—90% его вместимости.

ГЛАВА V

БЕТОННЫЕ ЗАВОДЫ

Для приготовления бетона на строительстве канала была создана широкая сеть механизированных заводов. В задачу собственно бетонных заводов входило выполнение следующих функций: прием гравия, песка, цемента, трепельно-водной суспензии и воды; содержание небольшого резервного запаса сухих материалов; дозирование и перемешивание отмеренных порций материалов и наконец выдача готовой бетонной смеси. В зимнее время к этим функциям прибавлялся еще подогрев гравия, песка и воды, а также трепельно-водной суспензии на месте ее приготовления.

Типы и конструкции бетонных заводов Строительства были крайне многообразны. Это диктовалось исключительной разнохарактерностью объемов, конструкций и сроков возведения сооружений; разнотипностью смесительного и подъемно-транспортного оборудования; применением различных способов перемещения бетонной смеси; производством бетонных работ на одних сооружениях в течение круглого года, а на других — только в летнее время.

По производительности бетонные заводы можно условно разделить на три группы: 1) малые — производительностью до 15—20 $м^3/час$; 2) средние — производительностью от 15—20 до 50 $м^3/час$; 3) крупные — более 50 $м^3/час$ готового бетона.

По типам смесительного оборудования заводы можно разделить на производства, оборудованные бетоньерками 250 — 375, 500—1 000 и 2 200 л; по типам подъемно-транспортных механизмов — на заводы, оборудованные норями, шахтными и скиповыми подъемниками, бремсбер-

гами и транспортерами; по способам транспортировки бетона — на заводы, выдававшие продукцию на тачки, рикши, вагонетки, автомашины и транспортеры; по сезонности — на летние и зимние заводы.

1. УСТРОЙСТВО ЗАВОДОВ

Малые бетонные заводы устраивались обычно упрощенного типа, однопэтажными или двухэтажными — в зависимости от системы бетоньерок. При бетоньерках системы «Егер» с подъемным загрузочным ковшом устраивался обычно только навес. При бетоньерках системы «Рансом» на уровне верха загрузочного бункера устраивался настил, на котором устанавливались десятичные весы для цемента и в некоторых случаях — мерные бункеры для заполнителей.

Крупные бетонные заводы производительностью выше 15—20 $m^3/час$ размещались, как правило, в трехэтажных зданиях. Первый этаж предназначался для бетоньерок и разгрузочных бункеров. В пристройке к нему по всей длине здания размещались транспортные устройства, принимавшие бетонную смесь из бункеров или непосредственно из бетоньерок. Во втором этаже располагались дозирующие приспособления для заполнителей и цемента, бачки и трубопроводы трепельного молока и воды. В третьем этаже помещались бункеры с запасом сухих материалов и надбункерная галлерея для транспортных устройств, при помощи которых на завод подавались заполнители и цемент.

Здания бетонных заводов строились каркасного и брусчатого типов: брусчатые же типы были либо рублеными, либо сборными на железных нагелях. Заводы с 500-л бетономешалками размещались в зданиях исключительно каркасных, достаточно простых конструкций: при небольших бункерах и небольших механизмах нагрузки на элементы здания и их пролеты также получались небольшими.

Заводы с 1 000-л бетономешалками размещались в зданиях как каркасной, так и брусчатой конструкции. Так например, на фиг. 88 показано здание бетонного завода каркасной конструкции при шлюзе № 2, а на фиг. 89 — здание завода брусчатой конструкции при шлюзе № 1. В том и другом случае заводы были оборудованы 1 000-л бетономешалками.

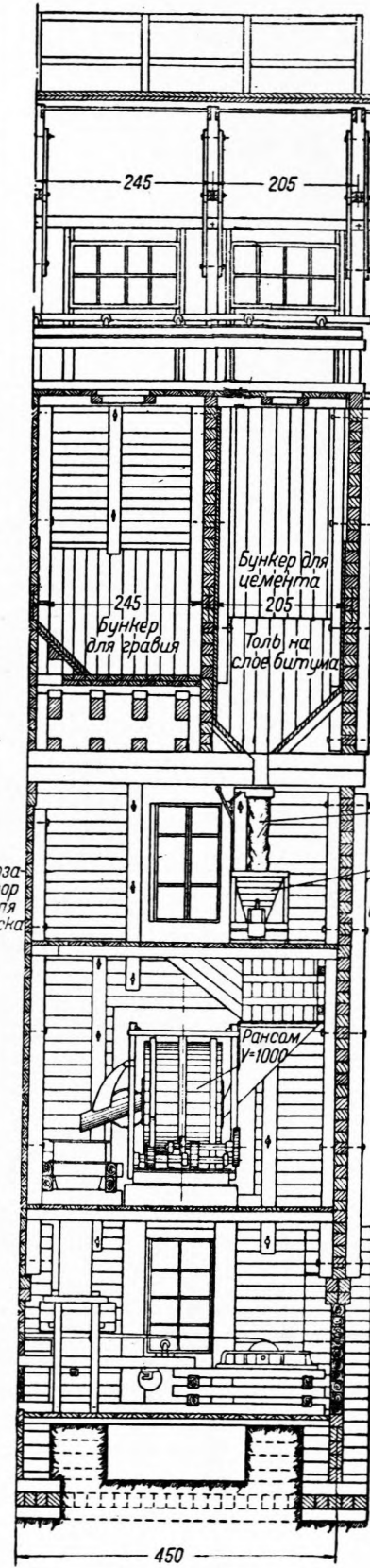
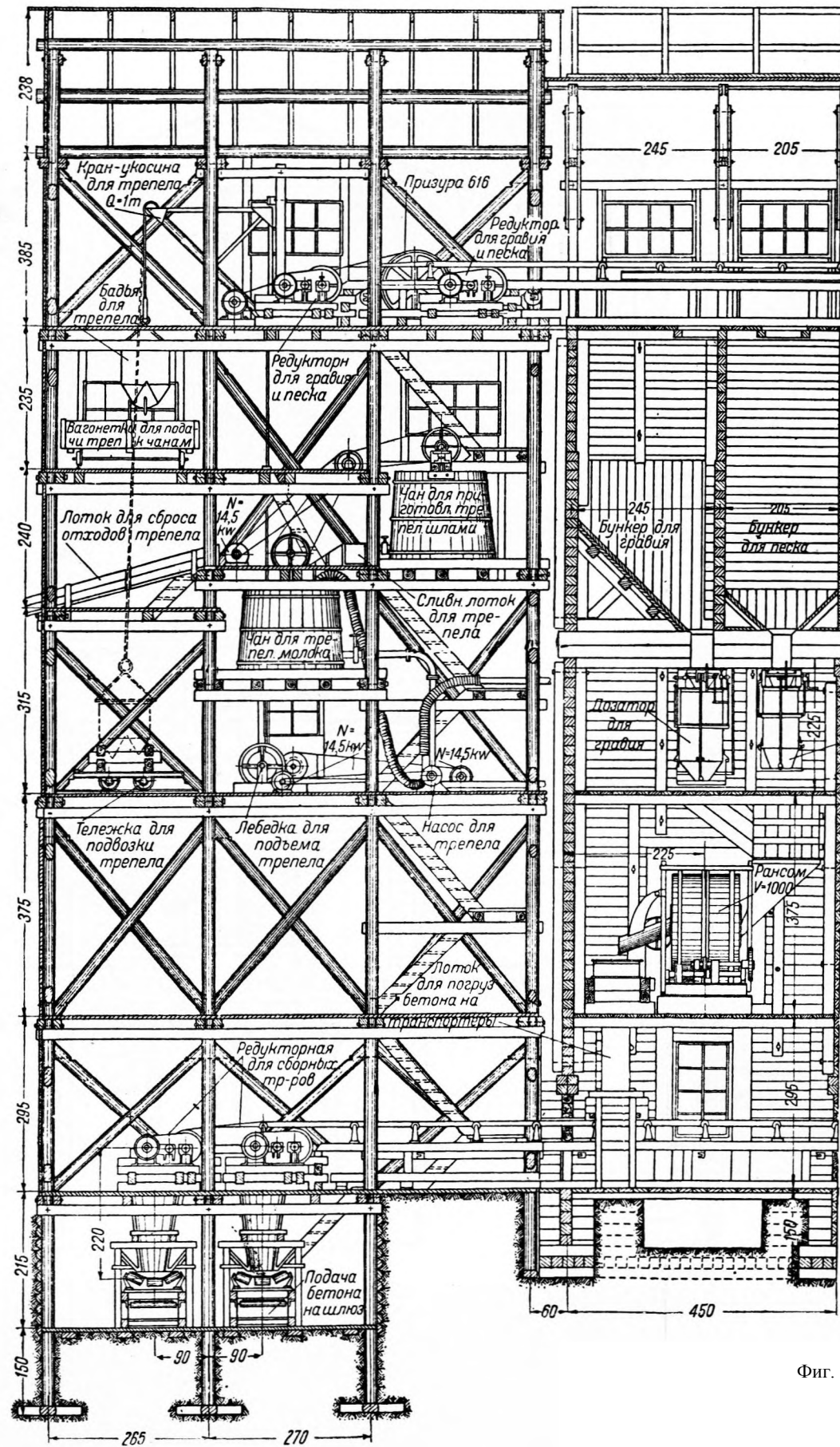
Заводы с бетономешалками в 2 200 л осуществлялись исключительно брусчатой конструкции. Объясняется это тем, что столь мощные бетоньерки требовали больших бункеров и больших пролетов несущих конструкций здания. Возведение подобных зданий каркасной конструкции оказалось бы крайне сложным, громоздким и дорогим. На фиг. 90 и 91 показаны общий вид и конструкция здания завода при шлюзе № 5, оборудованного бетономешалками в 2 200 л. Конструкция здания — брусчатая.

В брусчатых конструкциях стены продольные и поперечные устраивались из брусьев сечением 18 × 18 см. Продольных стен было от 2 до 4, а поперечные ставились в соответствии с числом секций завода. Пересечение брусьев поперечных и продольных стен выполнялось на взаимных врубках в четверть, а также впритык с перепуском брусьев через один на железных нагелях.

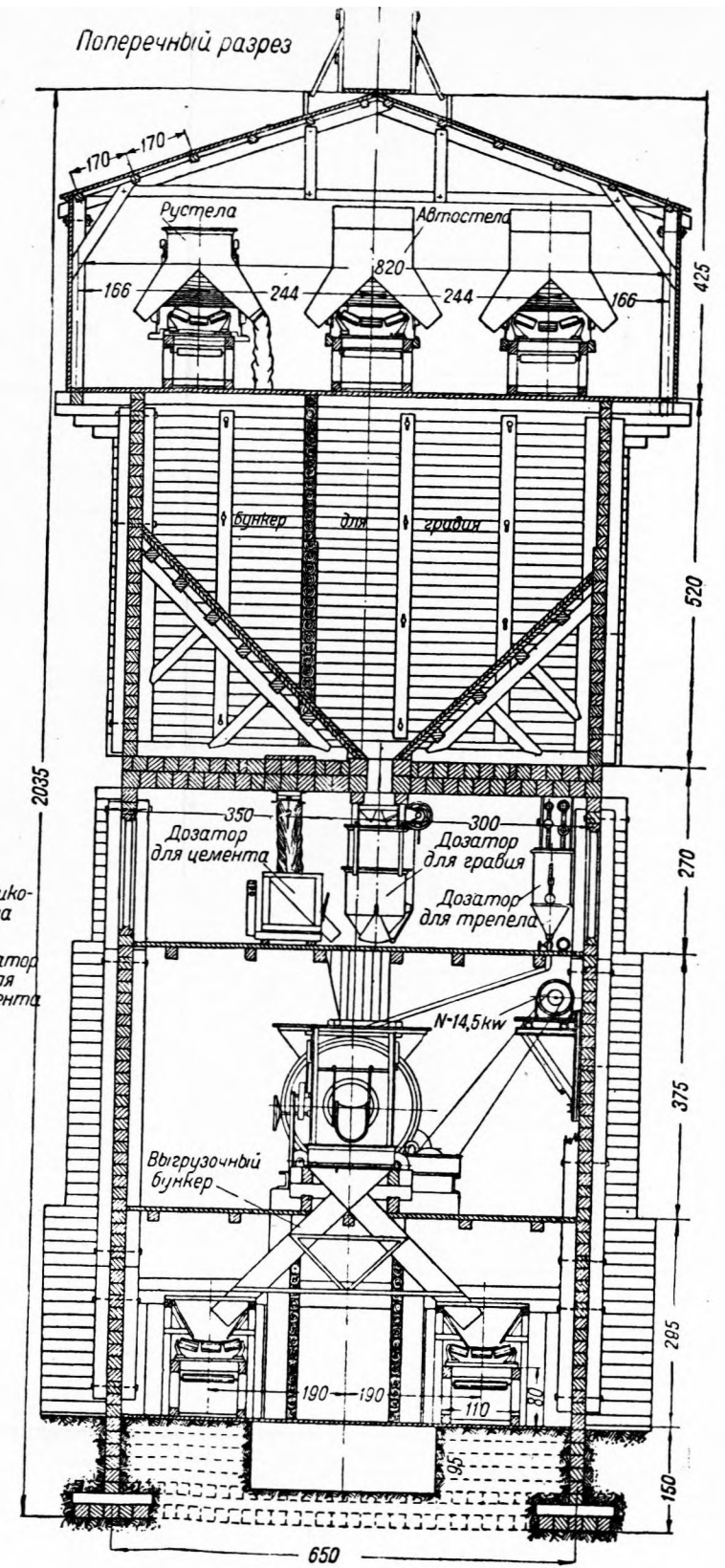
При рубленых конструкциях стены зданий стягивались на болтах двухсторонними сжимами, допускавшими их независимую осадку. В поперечных стенах устраивались дверные проемы, а в продольных стенах — оконные проемы, а также проемы перед бетоньерками.

Стены здания опирались на брусчатый ростверк или на специальные брусчатые подушки, устроенные под каждой стеной на всю ее длину. Брусчатый ростверк располагался на естественном основании непосредственно или же в случае неблагоприятных геологических условий — на сваях. Бункеры помещались на сплошном настиле из одного или двух рядов брусьев, уложенных по верху стен здания в направлении наименьшего измерения секций завода. Для 2 200-л бетономешалок оказалось необходи-

Продольный разрез 2-х ячеек



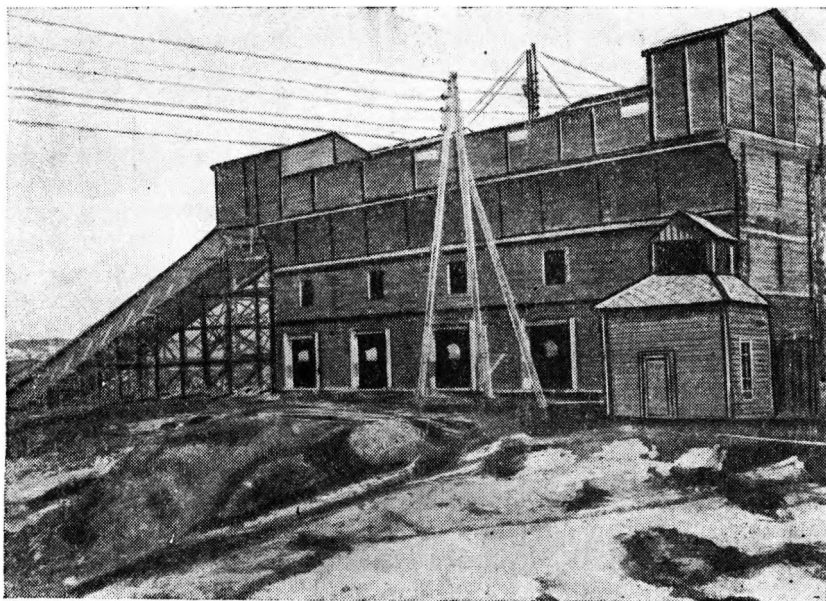
Поперечный разрез



Фиг. 89. Бетонный завод шлюза № 1

мым устраивать сильные подбункерные прогоны, поддерживающие брусчатый настил.

Основой каркасной конструкции являются составные из двух или четырех брусьев стойки, ряды которых расположены на границах секций завода. На уровне перекрытий стойки в поперечном направлении связываются двухсторонними прогонами, несущими половые балки. В первом этаже завода между стойками устраиваются связи жесткости. В верхней части на стойки укладываются составного сечения прогоны, поддерживаю-



Фиг. 90. Бетонный завод шлюза № 5

щие бункерную надстройку. Прогоны стыкуются через один вразбежку. Бункеры во всех случаях устраивались брусчатыми рублеными или на штырях.

По расходу леса каркасные конструкции более экономичны, поковок же они требуют значительно больше, чем брусчатые рубленые конструкции.

Для иллюстрации приводим табл. 49, в которой указан расход материалов на возведение бетонных заводов с однотипным оборудованием — 1 000-л бетономешалками.

Таблица 49

Завод	Количество 1 000-л бетоно- мешалок	Конструкция здания	Расход материалов			
			общий		на 1 м ³ здания	
			леса в м ³	поковок в кг	леса в м ³	поковок в кг
Шлюза № 1	10	Брусчатая	945	2 800	0,10	0,3
» № 8	4	»	500	1 300	0,13	0,3
» № 2	6	Каркасная	290	2 200	0,08	0,6

Небезынтересно отметить одно немаловажное преимущество бетонных заводов с крупнолитражным оборудованием. Помимо удобства эксплуатации, управления, контроля, уменьшения обслуживающего штата

и т. д. они значительно выгоднее и по кубатуре строительных конструкций и расходу лесоматериалов. Для иллюстрации приводим табл. 50 с данными, отнесенными к заводам (брусчатой конструкции), оборудованным 1 000-л и 2 200-л бетономешалками.

Таблица 50

Завод	Число и литраж бетономешалок	Суммарный литраж	Строительная кубатура		Расход материалов			
					леса		поковок	
			общая в м ³	на 1000 л в м ³	общий в м ³	на 1000 л в м ³	общий в кг	на 1000 л в кг
Шлюза № 5.	5×2 200	11 000	3 715	338	575	52	4 700	427
„ № 8.	4×1 000	4 000	3 900	975	500	125	1 300	310

Несколько больший удельный расход поковок по заводу шлюза № 5 объясняется тем, что его здание было устроено без врубок, сборным на железных нагелях, в то время как здание завода шлюза № 8 — рубленое. Несмотря на значительной больший расход поковок, брусчатая конструкция имеет большие преимущества перед рубленой, так как обеспечивает быстроту сборки, получение после разборки здания не испорченного врубками леса и не требует для постройки плотников высокой квалификации. Как показал опыт, разборка брусчатых конструкций, выполненных на штырях круглого сечения, производится без затруднений, причем отдельные элементы конструкции почти полностью сохраняются. Это позволяет материал разобранных зданий с успехом использовать для дальнейшего подсобного и постоянного гражданского строительства.

По причинам, которые будут указаны ниже, на заводах Строительства каждая бетономешалка должна была обслуживаться отдельным комплектом дозирующих приспособлений. Поэтому здания заводов устраивались секционными с числом отдельных однотипных ячеек, равным числу агрегатов. Длина секции устанавливалась в зависимости от размеров бетономешалки и лишь в некоторых случаях — на заводах зимнего типа — в соответствии с объемом запасных бункеров. В большинстве случаев длины секций составляли: при 500-л бетономешалках — 3,5—4,0 м; при 1 000-л — 4,0—5,0 м; при 2 200-л — 6,5 м.

Высоты отдельных этажей заводов устанавливались в соответствии со следующими соображениями. Высота первого этажа диктовалась необходимостью размещения в нем бетономешалок с приемным бункером и надстройкой, обеспечивающей необходимую площадь загрузочного люка в полу дозирочного этажа.

Высота второго этажа обуславливалась размерами дозирующих устройств. В то же время от пола до низа бункеров или подбункерных прогонов не допускалось расстояние менее 2,0 м, необходимых для свободного прохода.

Высота третьего этажа определялась размерами запасных бункеров и видом транспортных устройств, подававших на завод материалы. Объем запасных бункеров летнего типа принимался с расчетом вместимости в них 1,5—2-часового запаса заполнителей и цемента. Такой запас определялся временем, необходимым на устранение обычных незначительных аварий транспортных механизмов (перегрев или перегорание обмотки электромотора, разрыв транспортной ленты, разрыв цепи элеватора и т. д.). На заводах зимнего типа бункеры предназначались также для обогрева гравия и песка, вследствие чего их объем был значительно большим. Обычно их вместимость измерялась 3—6-часовым запасом в зависимости от системы подогрева и типа приборов.

Каждая секция бетонного завода имела один бункерный отсек с отделениями гравия, песка и цемента. В нижней части бункера, покоящейся на подбункерном настиле, делались разгрузочные отверстия, обрамленные брусчатой обвязкой для подвески дозирок заполнителей и соединительного патрубка цементного мерника. Для самотечного продвижения материалов в дозировки стенки бункеров в нижней части были наклонены под углом в 45° к горизонту. Наклонные стенки устраивались на вкладных брусчатых клетках или рамах, установленных на подбункерном настиле.

Смежные с отделениями заполнителей стенки цементного отделения изолировались для предохранения цемента от присущей заполнителям влаги. В качестве изолирующего материала применялся толь, покрытый фанерными листами или щитками из тонких досок. Особенно остро этот вопрос стоял на зимних бетонных заводах при прогреве заполнителей в бункерах острым паром. В этом случае даже при достаточно сильной изоляции неоднократно наблюдались проникание пара или влаги в цементный бункер и подмочка цемента. Сверху бункеры прикрывались сплошным дощатым настилом с загрузочными люками над каждым отделением.

Размеры надбункерной галлерей устанавливались в соответствии с габаритами транспортных механизмов, загружавших бункеры, но высотой не менее 2 м. Так как галлерей шире бункерного ряда, то и устанавливалась она на обвязке по консольным выпускам брусьев поперечных бункерных стенок.

Сообщение между этажами бетонного завода производилось по лестнице, размещенной на одном из торцов здания. При каркасной конструкции завода лестничная клетка связывалась с зданием обычным способом — рядом стоек. При брусчатой конструкции завода обращенные к зданию стойки лестничной клетки крепились к торцам брусьев продольных стен огибающими хомутами, допускавшими независимость осадки стен. На крупных заводах по требованию пожарной охраны устраивалась вторая лестница. В некоторых случаях над коньком надбункерной галлерей устраивались специальные пожарные ходы.

2. ПОДАЧА МАТЕРИАЛОВ

Способы подачи заполнителей и цемента на бетонный завод устанавливались в зависимости от производительности завода и расположения его на строительной площадке по высоте. При размещении завода на откосе котлована верх загрузочных бункеров устраивался обычно на одном уровне со строительной площадкой, вследствие чего подача материалов сводилась лишь к горизонтальному перемещению от склада к бункерам бетонного завода. При расположении завода на самой площадке возникала необходимость подъема материалов в бункеры на высоту до 12—15 м. Производительность бетонного завода обуславливает необходимую интенсивность поступления материалов, а следовательно и производительность транспортных устройств. Этими обстоятельствами и определялись типы транспортирующих устройств и механизмов.

К бетонным заводам небольшой производительности материалы подавались при помощи тачек, вагонеток, автомашин. Если не было необходимости в подъеме, материалы разгружались непосредственно в бункеры, для чего над линией бункеров или на эстакаде рядом с ней устраивались пути или проезды. Наклонные эстакады к сооружениям бетонного комбината шлюза № 5 приведены на фиг. 92. Подъем материалов осуществлялся разными способами — бремсбергами, механическими крючниками, норями, шахтными и скиповыми подъемниками. Для загрузки подъемников служили специальные бункеры перед зданием завода с подъездными путями для автомашин или вагонеток. Бункеры однородных материалов двух соседних секций завода спаривались с целью обслуживания их одним подъемным механизмом.

При скиповых подъемниках и бремсбергах к заводу со стороны торцов пристраивались наклонные эстакады под углом от 30° до 45° к горизонту. Шахты вертикальных подъемников делались со стороны заднего фасада. Во всех случаях приводные устройства подъемников размещались внизу.

Ко всем крупным бетонным заводам (почти без исключения) материалы подавались стационарными ленточными транспортерами. В большинстве случаев транспортеры одновременно с подачей материалов к заводу поднимали материалы и распределяли их по бункерам. В некоторых случаях транспортеры сочетались с нориями. Число ниток транспортеров (2—3) устанавливалось в соответствии с производительностью завода.

Для подачи цемента во всех случаях применялась специальная транспортерная линия. Это вызывалось тем, что транспортерную ленту, перемещающую заполнители, нельзя было использовать для перемещения цемента, так как заполнители всегда бывали влажными; кроме того цемент можно перемещать лишь при относительно небольших скоростях транспортера.

Число транспортеров для подачи гравия и песка определялось исключительно производительностью завода. Резервные линии не устраивались, так как исправление наиболее часто встречающихся повреждений (обрыв ленты, обрыв ремня у двигателя, перегорание обмотки мотора) не превышало обычно 30—60 мин. При наличии в бункерах постоянного 2—3-часового запаса материалов такие перебои не нарушали нормальной работы завода. Однако в случае подачи заполнителей двумя лентами перегрузочные узлы оборудовались взаимными двухсторонними лотками, допускавшими питание любой последующей секции от двух предыдущих. При компоновке такого узла приводные станции загружающих транспортеров размещались на высоте от 2,5 до 5 м над оборотными барабанами загружаемых лент. Такая высота обеспечивала лоткам наклон под углом 45°—50°, при котором гравий и песок могли продвигаться самотеком.

Перегрузочные узлы обычно располагались в подошве наклонной эстакады и в месте примыкания ее к заводу, а также во всех местах поворота линий в плане. При совмещении горизонтальной и наклонной частей транспортера в одной секции переход производился по пологой кривой радиусом не меньше 50—60 м. Если радиус бывал меньше, как это было например на бетонном заводе Сталинской насосной станции, то на всем участке кривой лента отставала от роликовых опор.

Для перемещения заполнителей и цемента применялись транспортеры с желобчатой лентой шириной 600—750 мм, с оборудованием преимущественно Никопольского завода им. Ленина. Натяжные станции были исключительно винтовые с ходом винта 500, 750 и 1 000 мм. При этом принималось, что для 10 м длины транспортера необходим ход натяжки около 10 см. Рабочие опоры были трехроликовыми на неподвижных осях, смонтированных на шариковых камерах, холостые опоры — роликовыми плоского типа.

Расстояния между роликовыми опорами показаны в табл. 51.

Таблица 51

Материал	Объемный вес в t/m^3	Расстояние между опорами в мм		
		при шири- не ленты 600 мм	при шири- не ленты 750 мм	холостые ролики
Гравий и песок	От 1,5 до 1,7	200	1 000	} От 2 000 до 2 800
Цем	„ 1,3 „ 1	400	1 200	

Приводные барабаны применялись чугунные диаметром 600—750 мм. В качестве передаточного механизма к электромотору использовались зуб-

чатки открытого типа «Призура» или редукторы. Тот и другой тип передаточных механизмов при соответствующем подборе диаметром шкивов и передаточных чисел обеспечивал необходимые для перемещения материалов линейные скорости 1—2 м/сек. При необходимости снизить линейные скорости до 0,5—0,6 м/сек (при перемещении цемента) приходилось применять электромоторы с 750 об/мин, со шкивами до 150 мм и предельно большие шкивы на валу приводных станций. Такое решение было принято из-за отсутствия приводных механизмов с большим передаточным числом.



Фиг. 92. Наклонные эстакады бетонного комбината шлюза № 5

В качестве двигателей применялись моторы трехфазного тока типа УТ с короткозамкнутым ротором или типа МА с ременной передачей или с непосредственным приводом. Мощность электромотора устанавливалась расчетом в зависимости от длины секции, производительности, объемного веса груза и с обязательным учетом пускового момента.

При скорости движения транспортера 1,5 м/сек мощность моторов УТ характеризуется цифрами табл. 52.

Таблица 52

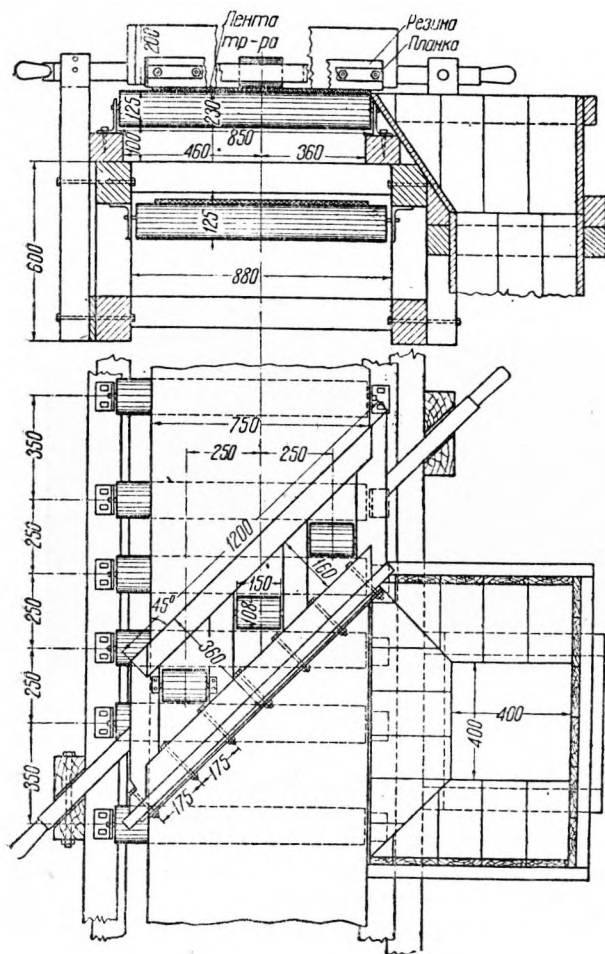
Ширина ленты в мм	Мощность мотора в квт при приведенной длине секции в м					
	25	50	75	100	125	150
600	4,5	6,8	10,0	14,5	20,5	20,5
750	4,5	10,0	14,5	20,5	20,5	29,0

В этой таблице под приведенной длиной секции понимается условная величина:

$$L = L_1 + (10 - 11)H,$$

где L_1 — протяженность секции в м, H — расстояние по высоте между осями барабанов конечных станций в м (при горизонтальной секции $H=0$). При наличии промежуточных сбрасывателей учитывалась дополнительная мощность 2—3 квт.

Транспортные ленты загружались заполнителями и цементом без питателя, непосредственно через затворы, перекрывающие питательные отверстия бункеров и силосов. Однако даже при хорошо работавших затворах и приспособленности рабочих погрузку на ленту гравия и песка не всегда удавалось проводить таким способом равномерно. Что касается цемента, то его погрузка вызывала большие осложнения. Даже при наличии плоскостей сползания с



Фиг. 93. Сбрасыватель конструкций Чепы и Иванова

углом в 60° цемент самотеком не продвигался к затворам и требовал периодического побуждения. Поэтому цемент поступал из затвора крайне неравномерно и, падая на ленту, сильно распылялся. Следует также отметить, что большое распыление цемента, особенно на узлах перегрузки, имело место даже при незначительных скоростях транспортера порядка 0,6—0,8 м/сек. Распыл уменьшался, но не прекращался даже при заключении узлов перегрузки в кожухи.

Наклонные транспортные линии для подъема материалов в бункеры устанавливались на легких деревянных эстакадах в крытых галереях, утепленных в зимнее время. Угол наклона транспортеров принимался не больше 18° — 20° , причем для подачи гравия угол 20° оказывался слишком большим: материал часто не увлекался лентой, а продолжительное время подсакивал на месте и сползал вниз. Поэтому ленты с углом наклона больше 20° не следует применять для перемещения гравия.

Поступавшие на завод материалы распределялись по отдельным бункерам при помощи промежуточных сбрасывателей и в последний бункер — с конечного барабана распределительного транспортера. В качестве сбрасывающих устройств применялись ножи и тележки с ручным и механическим передвижением типов «Автостела» и «Рустела». Простые ножи являются достаточно примитивными орудиями, основной недостаток которых — быстрое истирание поверхности лент. Кроме того ножи могут работать удовлетворительно только при условии, когда между ребром ножа и лентой проложена мягкая толстая резина. Куски транспортной ленты или старых автомобильных покрышек для этого непригодны. При недостаточно хорошо устроенных ножах имело место расслоение гравия:

мелкие частицы проскакивали под ножами, в результате чего в первых бункерах завода оказывались преимущественно крупные фракции, а в последних — мелкие.

Несколько улучшенным типом сбрасывателя является нож конструкции Чепы и Иванова (фиг. 93), примененный на гравийных лентах бетонного завода шлюза № 4. Его преимущество перед простым ножом — в значительно меньшем износе ленты вследствие замены деревянного столба рядом плоских транспортерных роликов.

На бетонных заводах Строительства широкое применение получили наиболее совершенные типы сбрасывателя-тележки с ручным и механическим передвижением — «Рустела» и «Автостела». Для передвижения тележек вдоль транспортерных рам делались специальные пути из брусьев, обшитых уголками, или швеллеров. При угле сбрасывающих лотков тележек 35° — 40° гравий продвигался беспрепятственно. Сбрасывание же песка, особенно влажного, вызывало затруднения. Для приспособления тележек к сбрасыванию песка оказалось необходимым увеличить угол наклона сбрасывающих лотков до 45° — 50° подъемом верхнего оборотного барабана на высоту около 35 см. При сбрасывании при помощи тележек транспортерная секция без труда обслуживалась одним человеком вне зависимости от числа пунктов разгрузки, в то время как при ножах на каждое место сброса необходим был специальный рабочий. Очистка транспортерной ленты от прилипших к ней остатков материала (за исключением мокрого песка) не вызывала больших осложнений. В качестве очистного приспособления применялись эластичные скребки с парой противовесов.

Метод сшивки лент имеет весьма существенное значение, поскольку он определяет длительность простоя в случае обрыва ленты. Сшивка сыромятными ремнями при устройстве стыка с помощью металлических заклепок требует не менее часа. Значительно проще стыковать ленту с помощью железных шарниров, устроенных по типу дверных скоб. Такое соединение широко применялось на строительстве; при обрыве ленты оно отнимало не более 30 мин.

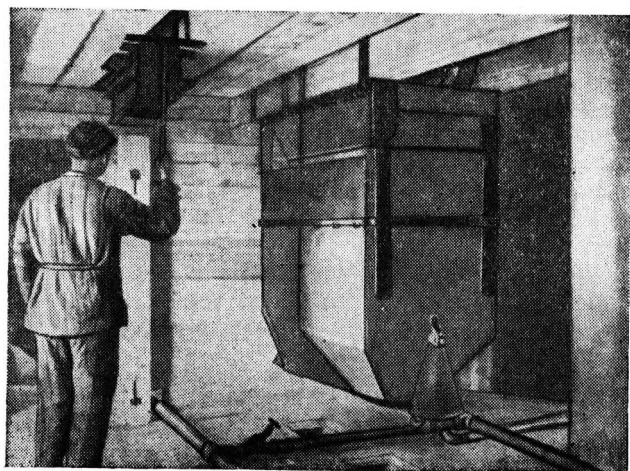
3. ДОЗИРОВАНИЕ

Дозирующие устройства бетонного завода должны удовлетворять следующим основным требованиям: точность отмеривания; минимальное время дозировки и возможность быстрого изменения дозировки материалов; автоматичность работы; минимальный штат обслуживающего персонала.

Этим требованиям наиболее полно отвечают весовые дозировки с ручным, полуавтоматическим и автоматическим управлением. Такие дозировки нашли в настоящее время широкое применение за границей и частично уже выпускаются в СССР. Однако в годы постройки канала наша промышленность выпускала в серийном порядке только объемную дозирочную аппаратуру для заполнителей, приборы же для дозировки цемента и трепельно-водной суспензии не изготовлялись вовсе. Лишь осенью 1935 г. контора «Стромстроймашина» выпустила первую опытную модель 044 весовой дозировки для цемента к 1 000-л бетономешалке. Однако опыты на бетонном заводе при шлюзе № 8 выявили ряд крупных дефектов этого образца, главным из которых была совершенно недопустимая неточность взвешивания, в результате чего дозировка была признана непригодной для эксплуатации. В середине 1936 г. та же контора изготовила новую модель 536 весовой дозировки для цемента к бетономешалке в 2 200 л. Испытания этой модели в ЦБЛ дали благоприятные результаты, после чего модель 536 стала выпускаться серийно и в настоящее время с успехом используется на бетонных заводах Волгостроя и других строек.

Таким образом Строительство могло получить от промышленности лишь объемные дозировки для заполнителей. Дозировки же цемента и трепельно-водной суспензии были изготовлены самим Строительством.

Объемные дозировки гравия и песка (фиг. 94) были подвешеного типа с ручным управлением системы СССР. Устройство такой дозировки не-сложно: она представляет собой две полые телескопические четырехгран-ные призмы, нижняя (большая по размерам и подвижная) подвешивается к верхней (меньшей и неподвижной) на четырех установочных планках. Впускное отверстие верхней и выпускное нижней призм перекрываются сектор-ными затворами. Изменение объема дозировки, а следовательно и порции отмеряемого материала производится вдвиганием и выдвиганием нижней призмы с последующим закреплением ее на одном из отверстий устано-вочных планок верхней призмы. Дозировка обычно помещалась над за-грузочным ковшом бетономешалки, причем ее верхняя рамка крепилась болтами к нижней обвязке загрузочного бункера, из которого она и на-полнялась. Питание дозирок гравитационное. По наполнении дозировки, верхний сектор закрывается и дальнейшее поступление материала прекра-щается; при открытии нижнего затвора отмеренная порция высыпается



Фиг. 94. Дозировки для заполнителей на бетонном за-воде шлюза № 1

в ковш бетономешалки. До-зировки такой конструкции выпускаются для бетономешалок 375, 500 и 1 000 л.

К недостаткам этих до-зирок следует отнести за-трудненное управление верхним затвором при за-крывании питательного от-верстия наполненной дози-ровки. Это особенно про-является в дозировках гра-вия для 1000-л бетономеша-лок, где дозировщику с большими усилиями прихо-дится перерезать сектором гравийную толщу. Неудоб-ным является также управ-ление нижним затвором через трос от штурвала

расположенного в верхней части прибора. Поэтому в ряде случаев вместо штурвала с тросом к плоскостям секторов нижнего затвора приваривались железные полосы, между которыми устраивалась деревянная ручка. Следует отметить, что для ряда таких дозирок, изготовленных в мастерских Строительства, корпуса обеих призм с успехом были изготовлены из сухих 12-мм досок, сплоченных в четверть и собранных на поясах из полосового и уголкового железа.

Дозировки к 2 200-л бетономешалкам более совершенны. Их впускное отверстие перекрывается плоским шибером с зубчатой рейкой, управление которым легко производится вращением рукоятки, насаженной на ось шестеренок. Выпускное отверстие оборудовано легко управляемой через систему рычагов плоской откидной дверкой. Вследствие большого интервала дозирования, на который рассчитана дозировка, нижняя ее призма устроена составной из трех отдельных обичаек. Вместо дозирочных планок нижняя призма подвешивается к верхней на четырех 16-мм болтах; корпус верхней призмы градуирован.

Основные показатели главнейших дозирок, применявшихся на строительстве, приведены в табл. 53.

Следует отметить дозировки для гравия и песка к бетономешалкам в 375 и 500 л конструкции Шабалина, которые имели широкое применение на бетонных заводах Водопроводного района: Такие дозировки (фиг. 95) представляют собой те же две телескопические четырехгранные призмы, изготавливаемые целиком из дерева. Нижняя призма за свою верх-

Емкость бетономешалки в л	Дозируемый материал	Объем дозируемого материала в л		Вес дозировки в кг	Точность дозирования в л
		минималь- ный	максималь- ный		
2 200	Гравий	400	1 240	640	—
	Песок	400	1 040	595	—
1 000	Гравий	390	690	305	10
	Песок	260	430	235	10
500	Гравий	208	326	180	8
	Песок	135	215	—	8
375	Гравий	165	262	146	5
	Песок	82	166	125	5

ною обвязку подвешивается на болтах к верхней обвязке верхней призмы или же помещается в специальной раме, устанавливаемой непосредственно на полу дозирочного помещения. Изменение дозируемого объема производится поднятием или опусканием нижней призмы, что достигается перемещением гаек по нарезке болтов или постановкой под нижнюю призму или уборкой из-под нее специальных заранее заготовленных прокладок. На одной из боковых стенок верхней призмы имеется градуировка. Впускное отверстие дозатора перекрывается плоскими шиберами. Для того чтобы уменьшить давление на них материала, находящегося в бункере, выпуски делаются боковыми. Нижнее выпускное отверстие перекрывается плоским шиберами на роликах.

Указанные дозаторы просты в изготовлении и в эксплуатации и потому могут быть рекомендованы для мелких заводов с небольшим сроком службы.

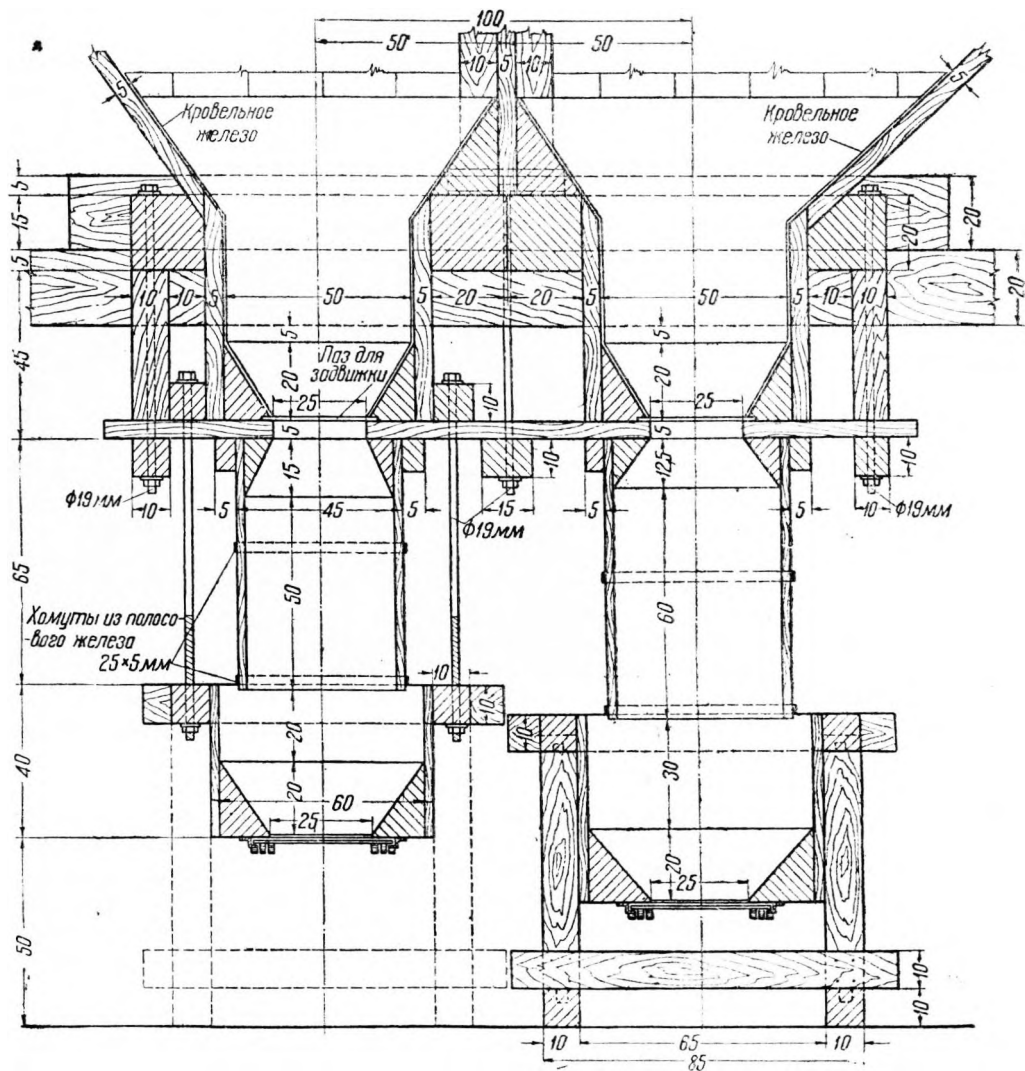
На строительстве канала цемент дозировался исключительно по весу. Взвешивание производилось на бетонном заводе, где в бункерах для составляющих бетона устраивались ячейки и для цемента. Для взвешивания были устроены специальные дозаторы (фиг. 96), установленные под цементными бункерами на сотенных весах. Дозатор к 1 000-л бетономешалке делался из 3-мм железа размерами $95 \times 60 \times 85$ см, с дном, наклоненным к горизонту под углом 60° , благодаря чему взвешенная порция высыпалась в загрузочный ковш самотеком.

Для установки на сотенных весах дозатор монтировался на четырехугольном каркасе из уголкового железа. Вверху он был перекрыт фанерной крышкой с загрузочным отверстием в средней части. Загрузочное отверстие дозатора и питательное отверстие цементного бункера соединялись железной трубой диаметром 250 мм, перекрывавшейся в своей нижней части затвором тарельчатого типа (фиг. 83). Устроенное в боковой стенке выгрузочное отверстие дозатора было оборудовано шиберами и высыпным лотком. Вместимость дозатора — 280 кг.

Для 2 200-л бетономешалки применяется дозатор, являющийся некоторой разновидностью описанного. Он изготовлен из шпунтованных 3-см сухих досок и внутри обшит кровельным железом. Каркас также деревянный из брусков 7×7 см. Размеры дозатора $100 \times 80 \times 1\,700$ мм. Питательное и выгрузочное отверстия перекрыты железными шиберами с рычажными рукоятками. Вместо высыпного лотка устроен замкнутый деревянный короб, обтянутый брезентом. Примыкание соединительной трубы к бункерам

и дозаторам, а также затворы уплотнены мешковиной, резиной или брезентом.

Основные затруднения с дозировкой цемента заключались в том, что в загрузочных бункерах периодически появлялись своды. При непосредственном питании дозирок из бункеров это приводило к неравномерному поступлению цемента в дозаторы, постоянным пересылкам, распылению цемента при обрушениях сводов. Поэтому обычный гравитационный способ питания дозирок для цемента следует считать явно несовершен-



Фиг. 95. Объемная дозировка для гравия и песка конструкции МВС

ным. Этот способ применим лишь при оборудовании бункеров специальными ворошительными механизмами, исключающими образование сводов. В других случаях поступление материалов в дозировки должно быть принудительным при помощи механических питателей шнекового или барабанного типов.

Дозировка трепельно-водной суспензии (трепельного молока) производилась также непосредственно на заводе в специальных бачках по объемному методу. Как уже указывалось в главе IV, консистенция подаваемого на бетонный завод трепельного молока была постоянной, установленной по максимально возможной влажности заполнителей. Поэтому в боль-

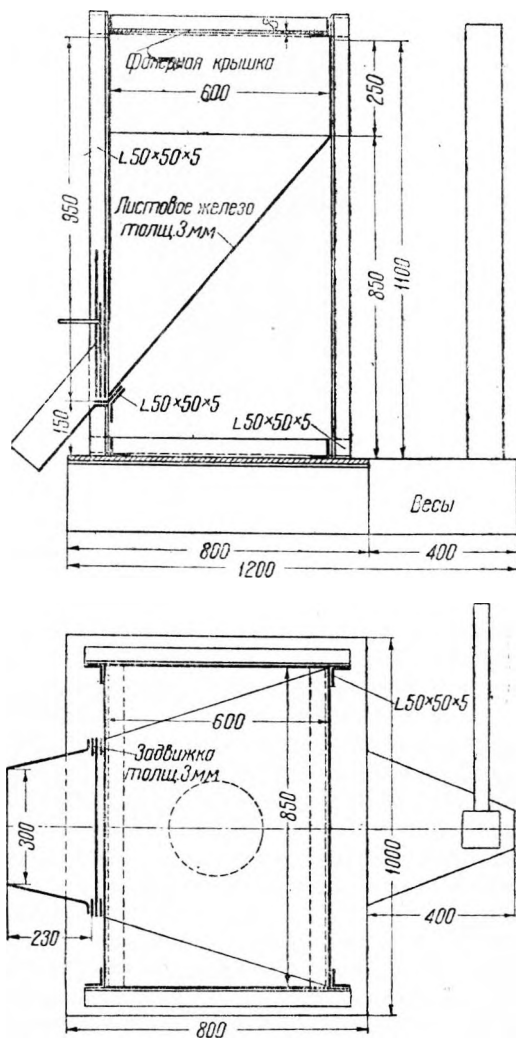
шинстве случаев в трепельное молоко приходилось добавлять некоторое количество воды — разницу между максимально возможным и фактическим содержанием воды в заполнителях.

Дозировка трепельного молока и добавочного количества воды производится в одном и том же бачке. Бачок для 1 000-л бетономешалки представляет собой круглый железный цилиндр, в верхней части открытый, а в нижней — устроенный в виде конуса (фиг. 97). Нижняя часть бачка соединяется косым патрубком с вертикальной трубкой диаметром 63,5 мм, перекрытой внизу спускным краном. Выше спускного крана вертикальная трубка сопряжена косым переходом под тупым углом с другой такой же трубкой. В обеих трубках помещаются подвижные, изогнутые на концах, так называемые «заналичные» трубки диаметром 25 мм с указателями на концах.

На корпусе бачка помещается мерная рейка, деления которой указывают объем нижележащей части бачка. При диаметре бачка 505 мм каждый сантиметр его высоты соответствует объему в 2 л, поэтому специальной тарировки бачок не требует. На его мерной рейке нанесены обычные миллиметровые деления.

Цилиндр и заналичные трубки работают как сообщающиеся сосуды, причем при наполнении цилиндра излишек жидкости сливается через конец заналичной трубки, указатель которой установлен против деления на мерной рейке, соответствующего дозируемому объему. Одна из трубок служит для дозировки трепельного молока, другая — для воды. После того как объем трепельного молока отмерен, конец первой заналичной трубки закрывается пробкой, а по второй трубке подается вода. Первая трубка передвигается только при переходе на приготовление бетона другого состава или при изменении процента присадки трепела, вторая трубка — каждый раз при изменении влажности заполнителей.

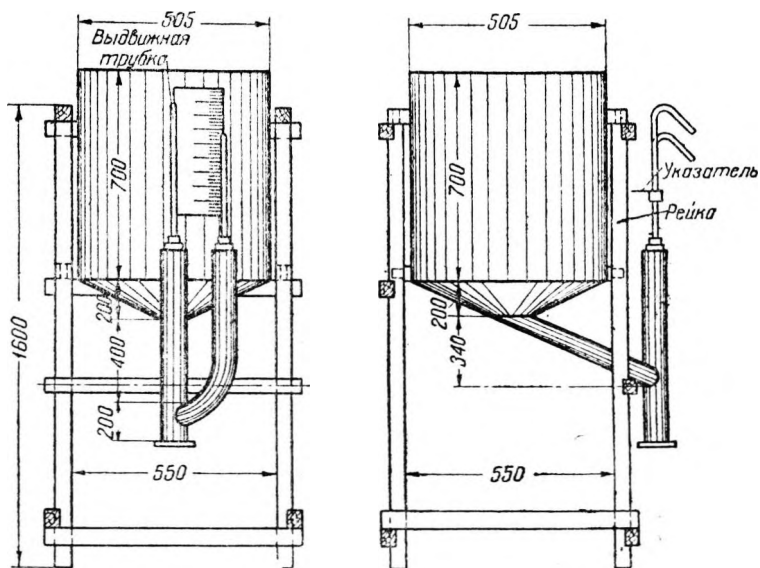
Для 2 200-л бетономешалки применялся бачок иной конструкции (фиг. 98): форма его прямоугольная, дно, в котором помещается выпускная труба, образовано тремя наклоненными в сторону передней стенки бачка плоскостями. Конец выпускной трубы закрывается металлической пробкой с резиновой прокладкой. Труба закрывается и открывается при помощи вала с рычажной рукоятью на конце. В центре бачка помещается дозировочная трубка с прикрепленной к ней мерной рейкой. Указателем рейки являются верхние плоскости монтажных уголков, на которых она закреплена. Излишки трепельного молока или воды сливаются через верх-



Фиг. 96. Дозатор для цемента к 1 000-л бетономешалке

ний конец дозирочной трубки. Этот бачок менее удобен, чем предыдущий, так как перестановку рейки приходится производить при каждой операции дозирования.

Бачки должны наполняться трепельным молоком перед самой загрузкой его в бетономешалку. В противном случае частицы трепела оседают.



Фиг. 97. Бачок, дозирующий трепельное молоко для 1 000-л бетономешалки

Бачки помещаются в деревянных станинах, устанавливаемых непосредственно на полу дозирочного помещения. Вдоль бачков прокладываются трепелопровод и водопровод с ответвлениями к каждому бачку.

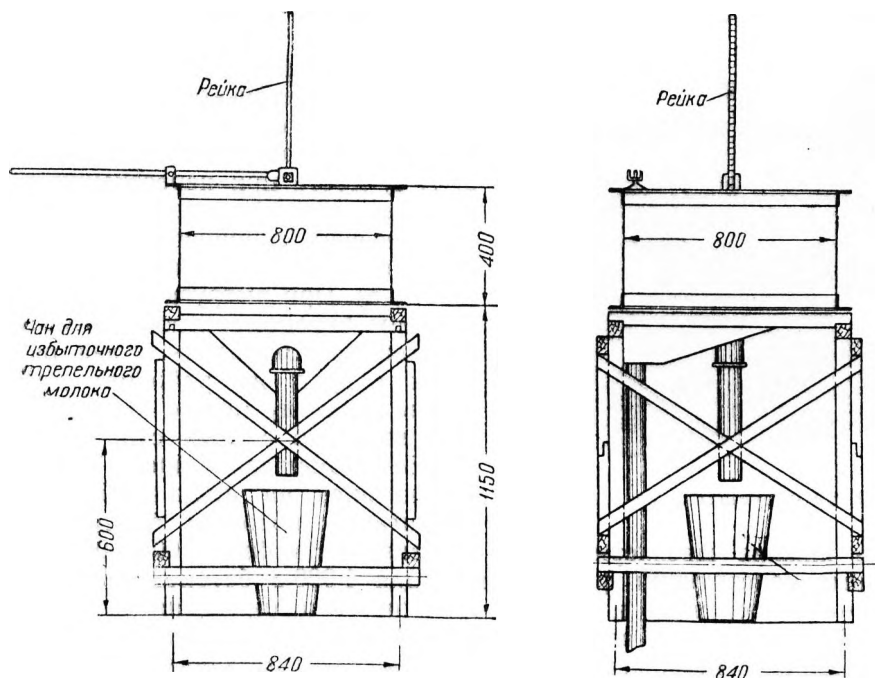
На бетонных заводах, работавших при сооружениях, к которым не предъявлялись требования водонепроницаемости, а также работавших на пуццолановых цементах, бетон затворялся чистой водой. Дозировка воды производилась в бачках заводского типа и в бачках, сконструированных на строительстве. Последние получили широкое применение на бетонных заводах Истринского узла сооружений и Водопроводного канала. Для 500-л бетоньерки этот бачок представляет собой круглый цилиндр диаметром 500 мм с кольцевой частью на верхнем конце. Ко дну бачка подходит выпускная труба с вентилем. Кольцевой сосуд и основной бачок соединены трубкой диаметром 25 мм. Дозируемый объем устанавливается укладкой в бачок определенного количества бетонных кубиков объемом 1, 2 и 3 л. Излишек воды сливается через край основного бака в кольцевой сосуд и оттуда при следующем дозировании обратно в бак.

В некоторых случаях вместо бетонных кубиков применялась дозирочная подвижная трубка, помещенная своей нижней частью в выпускном патрубке. В верхней части подвижной трубки устраивались четыре выпускных отверстия для излишков воды. К одной из сторон бачка подвешивалась мерная рейка. Конструкция обоих бачков и управление ими крайне просты и затруднений не вызывали.

На всех заводах комплект дозирующих устройств состоял из двух дозирок для заполнителей, одной дозировки для цемента и одной для трепельного молока (или воды). При ручном управлении дозировками время, необходимое на один цикл дозирования, составляло 1,5—3 мин. При этом каждая бетономешалка обслуживалась одним комплектом дозаторов. Порядок и очередность загрузки бетономешалок материалами устанавлива-

лись только для зимнего времени, когда цемент из опасения его заваривания водой, подогретой до температуры 80 и 90°, загружался последним.

Контроль за работой дозирующих устройств и изменение дозируемых объемов осуществлялись дежурным лаборантом.



Фиг. 98. Бачок, дозирующий трепельное молоко для 2200-л бетономешалки

4. ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ПОГРУЗКА СМЕСИ НА ТРАНСПОРТ

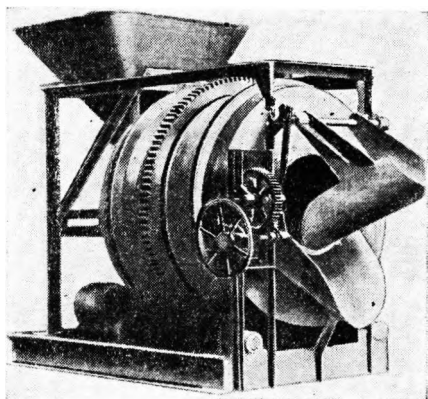
На строительстве канала Москва—Волга работало свыше 200 бетономешалок емкостью от 250 до 2 200 л исключительно отечественного производства. По литражу они распределялись следующим образом:

Литраж бетономешалок .	250	375	500	1000	2200
Количество „	20	40	100	37	8

В 1935 г. весьма маломощное смесительное оборудование Строительства было представлено бетоньерками типов «Рансом» и «Егер» емкостью до 500 л. Этим и объясняется то, что на нескольких крупных сооружениях Строительства была принята система нескольких мелких заводов. В конце 1934 г. одесский завод треста «Стройстроммашина» поставил на бетонный завод бетонной плотины образцы 1 000-л бетономешалок типа «Рансом» (фиг. 99). В конце 1935 г. на строительство поступили первые образцы бетономешалок системы «Смит» емкостью 2 200 л, изготовленные Киевским заводом «Красный экскаватор». Этими бетономешалками были оборудованы наиболее мощные заводы при шлюзах № 7 и 5.

На заводах Строительства было принято линейное расположение бетономешалок в один, а также два ряда и с возможностью выгрузки бетона на одну и на две стороны. Широко распространенное за границей гнездовое расположение бетоньерок, при котором строительные конструкции получают наиболее экономичными, не нашло на строительстве канала применения. Объясняется это следующим. Применявшиеся на

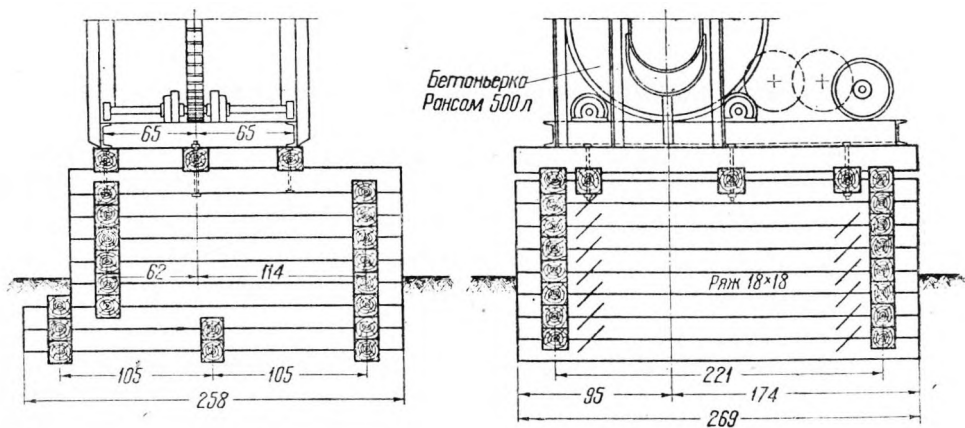
строительстве дозировки с ручным управлением требовали большой затраты времени на отмеривание материалов, вследствие чего комплект дозирующих устройств обслуживал во времени лишь одну бетономешалку. Число рядов бетоньерокобусов зависело от их литража и способом транспортирования готовой бетонной смеси. При пяти-шести бетономешалках их расположение во всех случаях обеспечивало возможность выдачи бетона на две стороны (заводы шлюза № 1 и бетонной плотины). При меньшем числе бетоньерок и выгрузке бетона на транспортеры они располагались в один ряд (заводы шлюзов № 2, 5, 7, 8, моста при пересечении с Хорошевским шоссе) с устройством в некоторых случаях сборного транспортера из двух отдельных секций (заводы шлюзов № 2 и 5). При выгрузке бетона на автомашины бетономешалки в большинстве случаев располагались в два ряда (заводы одного из районов) для того, чтобы к заводу можно было подъехать одновременно с двух сторон.



Фиг. 99. Бетономешалка на 1 000 л

устанавливались на индивидуальных фундаментах, к которым болтами прикреплялась нижняя швеллерная рама агрегата. На фиг. 100—103 показаны различные конструкции фундаментов: для 1 000-л бетономешалок — свайные и железобетонные и для 500-л бетономешалок — рамные и ряжевые.

Наиболее простым является ряжевый фундамент (фиг. 100), засыпанный камнем или тяжелым гравелистым грунтом. Однако его применение

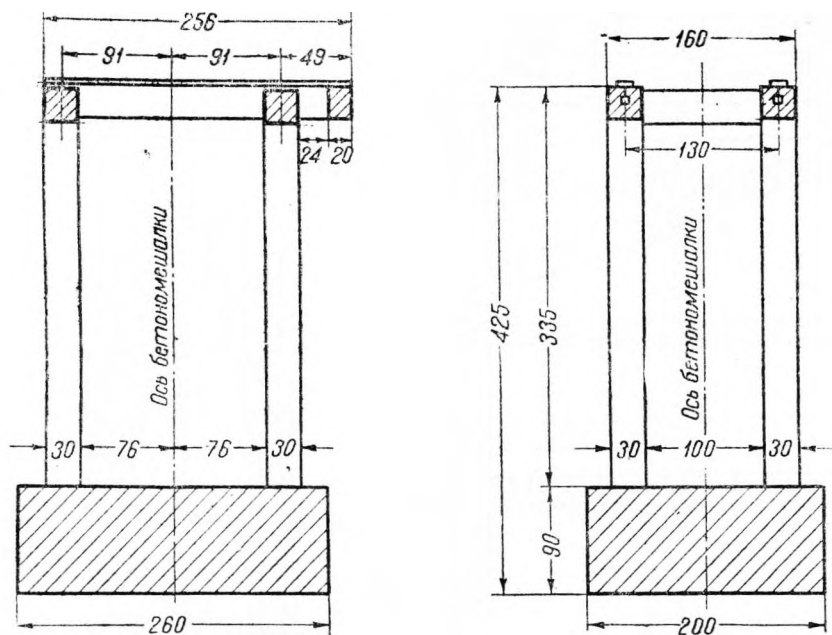


Фиг. 100. Ряжевый фундамент под 500-л бетономешалку

оказалось возможным лишь при низком расположении бетоньерок, т. е. при выдаче бетона непосредственно на транспорт без промежуточных перегрузочных бункеров. Дело в том, что высокие ряжи являются крайне нежесткой конструкцией, врубки их в углах обминаются неравномерно, ряж быстро деформируется и требует периодического подклинивания и выравнивания обвязочных брусьев. С этим обстоятельством пришлось столкнуться на бетонных заводах шлюза № 2 и насосно-очистительной станции, где в результате перекашивания ряжей бетономешалки неоднократно выходили из строя.

Для высокорасположенных бетономешалок предпочтительнее устраи-

вать железобетонные фундаменты по типу, примененному на бетонных заводах шлюза № 1 и бетонной плотины (фиг. 101). Такой фундамент представляет собой бетонную подушку толщиной 90 см, поддерживающую горизонтальную раму, сделанную по размерам рамы бетоньерки и покоящуюся на четырех железобетонных колоннах сечением 30×30 см. Для закрепления бетономешалки в балки горизонтальной рамы заделаны рельсы с головками, выходящими наружу, и железные штыри с выпущенными с обеих сторон концами. Рама бетономешалки, установленная на рельсы, закрепляется железными хомутами на штырях. На бетонном заводе шлюза № 1 хомуты не устраивались и рама приваривалась к рельсам.



Фиг. 101. Железобетонный фундамент иод 1 000-л бетономешалку

Свайные фундаменты (фиг. 102) устраивались преимущественно при неблагоприятных геологических условиях (завод шлюза № 4).

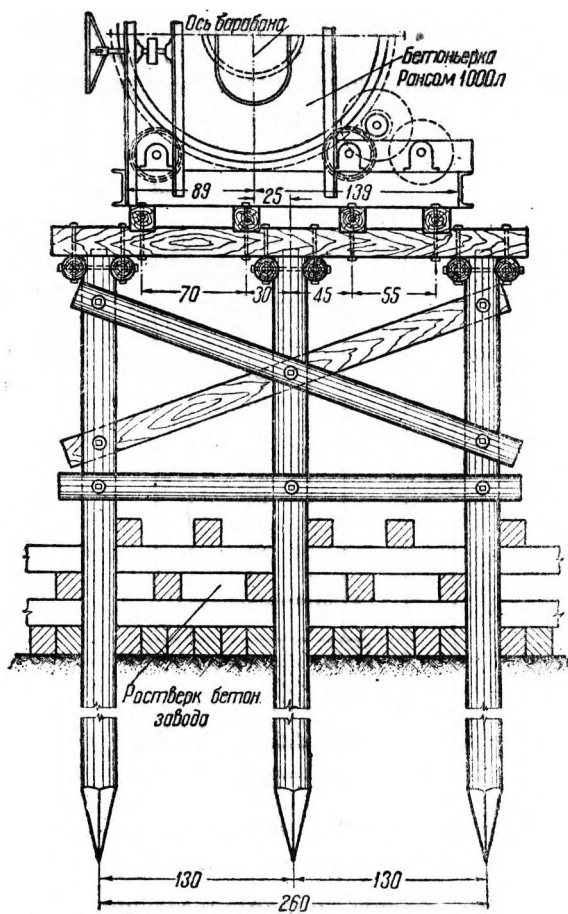
Вопреки общепринятым способам 2 200-л бетономешалки устанавливались непосредственно на брусчатом ростверке здания завода. Закреплялись они на 12 железных хомутах, охватывавших 4—5 рядов брусьев длиной около 100 см. Вначале имелись опасения за надежность такого закрепления бетономешалок, а также за сохранность конструкции всего здания. Но уже в первые дни работы бетонного завода № 2 шлюза № 7, где впервые был применен такой способ закрепления бетономешалок, стала ясной несостоятельность таких опасений. Огромный вес здания и содержимого бункеров, передающийся частично на ростверк, а также спокойная ритмичная работа бетономешалок типа «Смит» (в отличие от типа «Рансом») вполне обеспечивают стабильность ростверка и отсутствие вредного влияния сотрясений работающей машины на здание.

На фиг. 103 показан рамный фундамент, применявшийся для установки малолитражных бетономешалок.

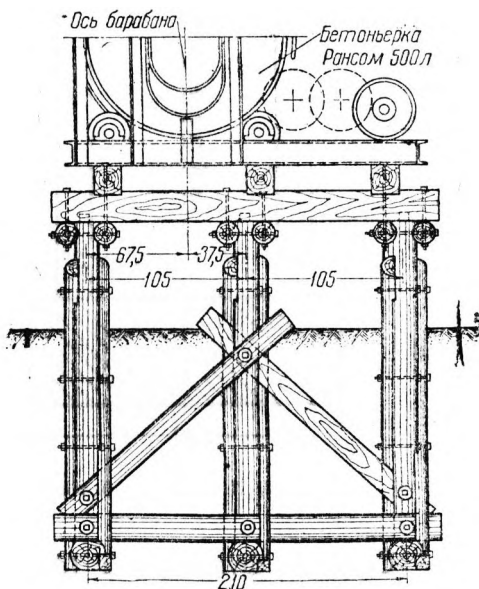
Готовая смесь обычно выгружалась из бетоньерок на транспорт через промежуточный перегрузочный бункер. Лишь в немногих случаях, когда объемы замеса и транспортного прибора были одинаковы, устройство бункера исключалось. Такой случай имел место например на заводе шлюза № 4, где работали 1 000-л бетономешалки и вагонетки «Коппель», а также

на бетонных заводах шлюзов № 6 и 9, где работали те же вагонетки со спаренными 500-л бетоньерками. Однако, несмотря на некоторые преимущества работы без промежуточного бункера, заключающиеся в возможности снижения строительной высоты здания и исключения перегрузки бетона, такая система ведет к неизбежным простоям бетономешалок в ожидании транспорта и тем снижает производительность завода.

Перегрузочные бункеры осуществлялись из различных материалов (железные и деревянные), различными по конструкции, форме и емкости. На фиг. 104 показаны различные типы перегрузочных бункеров. Для перегрузки бетонной смеси в тару небольшой емкости, например рикши, у бетономешалок устраивались бункеры с двумя разборными отверстиями



Фиг. 102. Свайный фундамент под 1 000-л бетономешалку



Фиг. 103. Рамный фундамент под 500-л бетономешалку

для возможности одновременной постановки под погрузку двух рикш. Для погрузки смеси на вагонетки, автомашины, а также на ленточный транспортер бункеры устраивались с одним питательным отверстием. Для одновременного питания двух транспортеров применялся бункер с двухсторонними желобами. Бункер и желоба устраивались металлическими на раме из уголкового железа и монтировались на специальном деревянном постаменте. Внутренняя поверхность деревянных бункеров обшивалась кровельным железом.

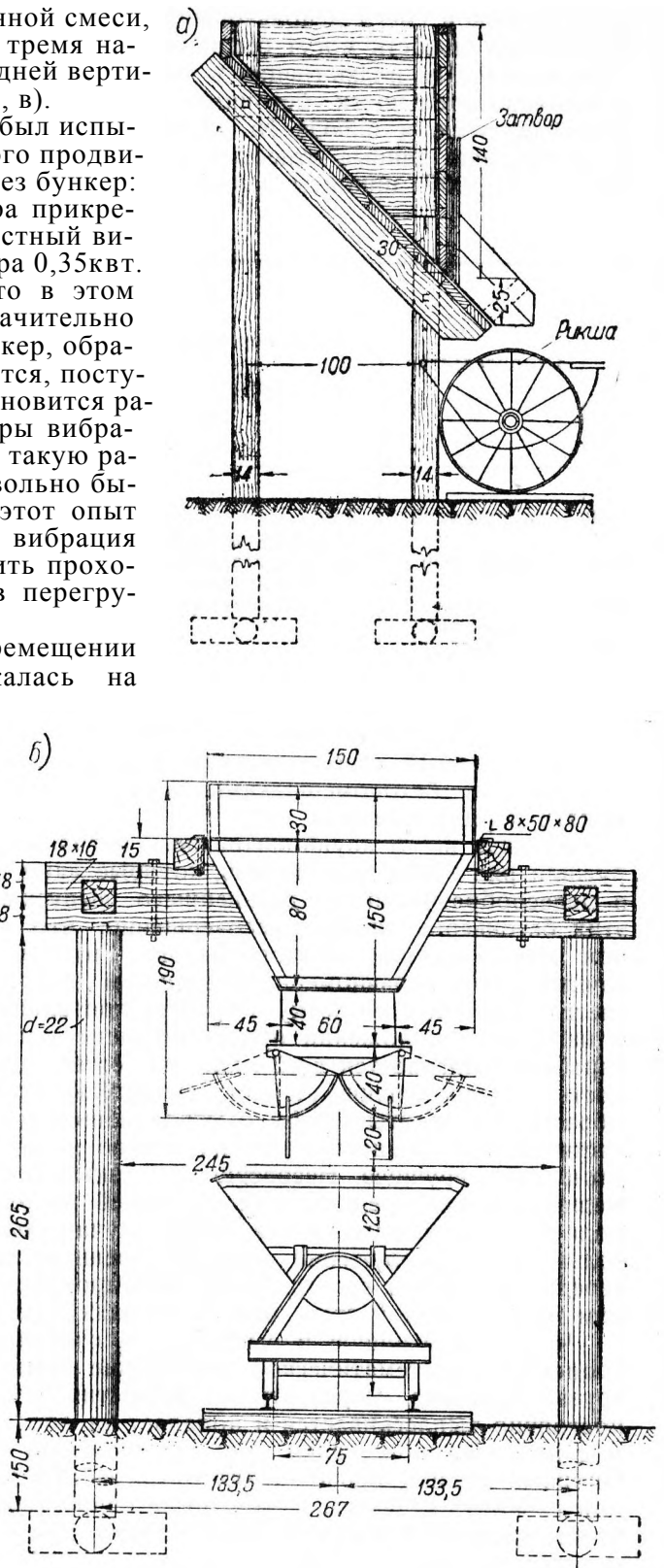
Присадка трепела придает бетонной смеси большую вязкость, поэтому такой бетон является чрезвычайно трудно перерабатываемым материалом. Для его самотечного продвижения потребовалось плоскости сползания у бункеров делать наклонными под углом не менее 50° — 60° к горизонту, а питательные отверстия — размерами не менее 30×40 см. В бункерах большей емкости продвижение такой смеси еще более затруднено. Поэтому во всех случаях объем бункеров устанавливался минимальным (для вместимости одного замеса). Наилучшей формой, препятствующей

образованию сводов бетонной смеси, следует считать бункер с тремя наклонными гранями и передней вертикальной стенкой (фиг. 104, в).

На заводе шлюза № 5 был испытан способ принудительного продвижения бетонной смеси через бункер: к одной из стенок бункера прикреплялся обычный поверхностный вибратор с мощностью мотора 0,35квт. Наблюдения показали, что в этом случае бетонная смесь значительно лучше проходит через бункер, образование сводов прекращается, поступление на транспортер становится равномерным. Правда, моторы вибраторов, не рассчитанные на такую работу, перегружались и довольно быстро перегорали. Однако этот опыт дает право считать, что вибрация может радикально улучшить прохождение бетонной смеси в перегрузочных бункерах.

При конвейерном перемещении бетонная смесь погружалась на транспортер непосредственно из бункеров, так как питателями, пригодными для переработки бетона, ни Строительство, ни организации, поставившие строительное оборудование, не располагали. Поток бетона на ленту регулировался затвором бункера. Между транспортером и нижней поверхностью затвора оставлялся зазор в 15—20 см с расчетом пропуска ленты, натруженной от позади стоящей бетономешалки. Во избежание попадания частиц смеси на холостое направление ленты верхняя часть рамы транспортера на всем протяжении прикрывалась сплошным настилом. Для центрирования нагрузки с обеих сторон перегрузочного бункера на транспортерной раме монтировались направляющие желоба, в нижней части обшитые резиной.

Следует заметить, что при конвейерной по-



Фиг. 104. Бункеры для перегрузки бетона: а — на рикши; б — на вагонетки

даче бетонной смеси использование оборудования бетонного завода и его производительность могут быть значительно выше, чем при других видах транспорта. Для иллюстрации в табл. 54 приведены сравнительные данные о производительности бетонных заводов на Днепрострое, Свирьстрое, одной плотине и шлюзе № 5 канала Москва—Волга. Для возможности сопоставления данные отнесены условно к 1 000 л емкости бетономешалки, причем за 100% приняты данные Свирьстроя.

Т а б л и ц а 54

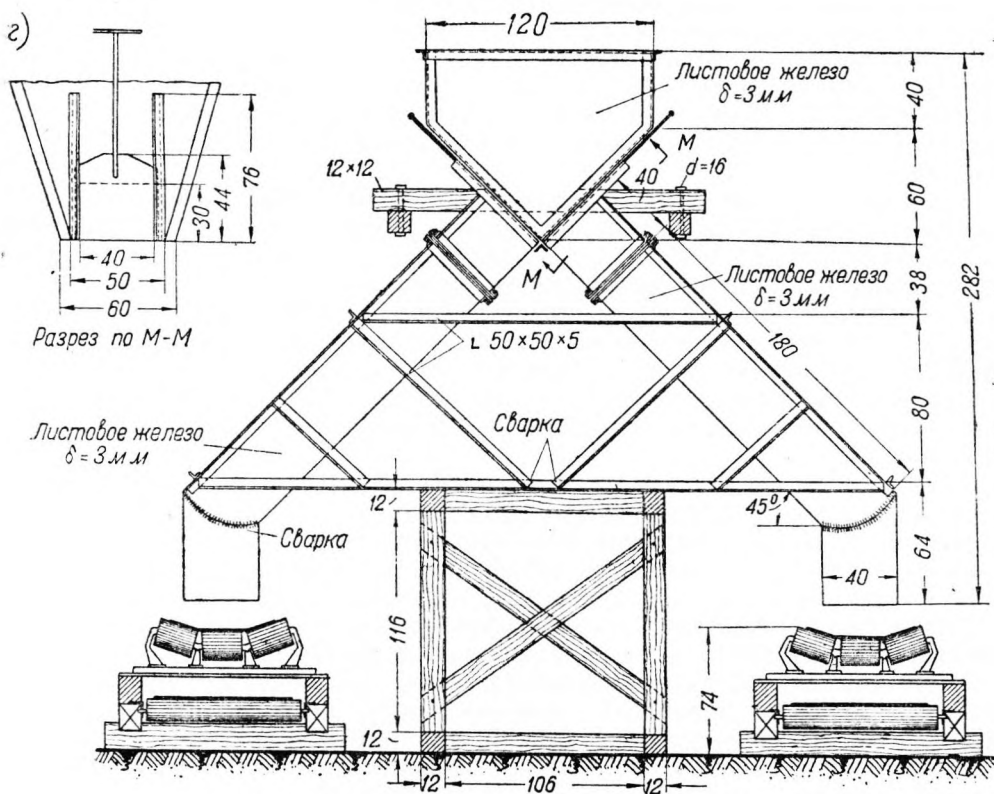
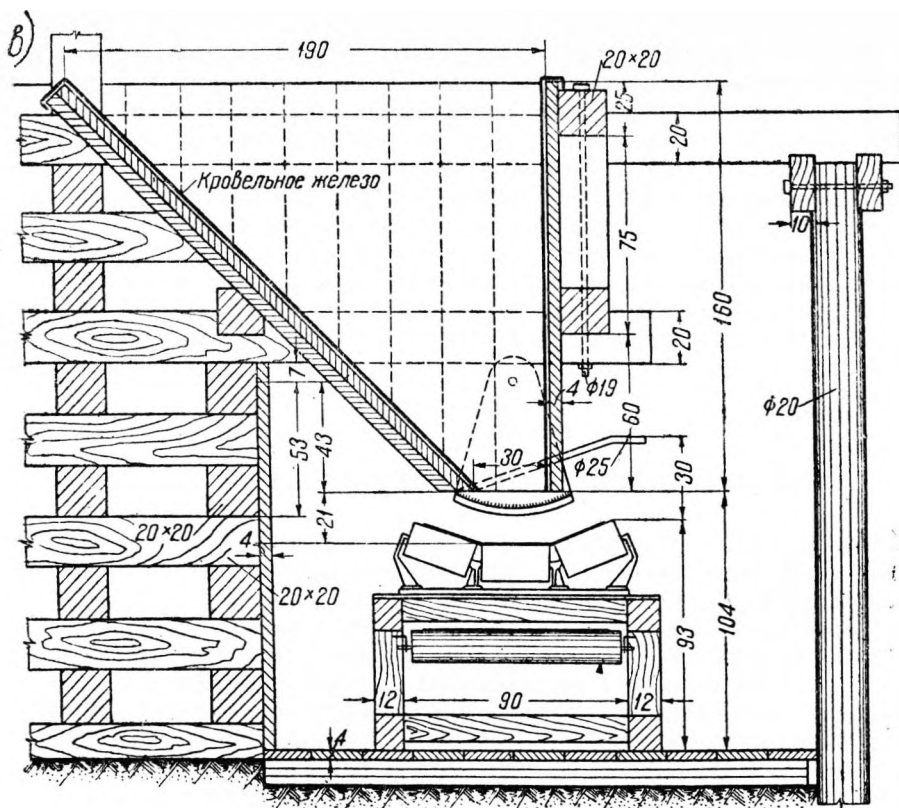
Год	Строительство	Способ перемещения бетона	Бетономешалки		Максимальная производительность завода					
			число	объем за-меса в л	часовая			суточная		
					в м ³	на 1 000 л	в %	в м ³	на 1 000 л	в %
1930	Днепрострой	Бадьи с платформами широкой колеи Бадьи с платформами узкой колеи Транспортеры	12	1 500	260	14,4	130	5 400	300	141
1931	Свирьстрой		6	1 500	100	11,1	100	1 910	212	100
1935	Одна из плотин МВС		10	650	147	22,6	205	2 361	363	172
1936	Шлюз № 5 МВС		5	1 500	160	21,4	193	3 140	419	197

Накопленный строительством канала большой опыт работы крупнолитражными бетономешалками отечественного производства позволяет прийти к ряду выводов.

Прежде всего крупнолитражные бетономешалки типа «Рансом» обнаружили ряд таких недостатков, которые дают основание поставить вопрос о целесообразности их дальнейшего выпуска. Разгрузочное устройство этих бетоньерок крайне несовершенно, что сказывается в особенности при приготовлении жесткого бетона. Готовая смесь поступает на выгрузочный лоток неравномерно и слишком долго. Бетонная смесь не продвигается самотеком по лотку и требует проталкивания. Для удержания лотка в наклонном положении нужны большие усилия. В результате разгрузка барабана затягивается до 2 мин., что, естественно, снижает производительность бетономешалки. Лопasti смесительного барабана из-за их ковшеобразных изогнутых форм быстро забиваются бетоном; очищать же лопasti от схватившегося бетона можно только изнутри барабана и при этом лишь вручную. Несовершенны также приводные устройства бетономешалки с непосредственной передачей на электромотор; элементы привода быстро расшатываются; часты случаи поломки шестерен. Поэтому на большинстве сооружений непосредственный привод заменялся ременной передачей, причем электромотор монтировался на кронштейне, закрепленном на поперечной стене или на стойках здания завода.

Через загрузочное и выгрузочное отверстия смесительного барабана происходит систематическое распыление цемента, особенно в момент загрузки барабана. Через эти же отверстия бетон во время перемешивания постоянно выплескивается и попадает на опорные ролики и в особенности под раму бетономешалки. Все это вызывает быстрый износ механизмов. Опорные ролики барабана быстро срабатываются, барабан при вращении начинает качаться, и уже после непродолжительной работы для того, чтобы уменьшить выплескивание бетона, приходилось уменьшать загрузку бетоньерки, доводя замес до 600 л.

Эксплуатационные качества бетономешалки системы «Смит» значительно выше. Все недостатки бетоньерки «Рансом» в ней полностью исклю-



Фиг. 104. Бункеры для перегрузки бетона:
 в—на один транспортер; з—на два транспортера

чены. За два года работы на строительстве бетономешалки типа «Смит» не имели поломок, которые вызывались бы недостатками их конструкции. К числу мелких конструктивных недостатков этой бетоныерки необходимо отнести лишь то, что в момент опрокидывания барабана подвижная рама проходит, почти касаясь верхнего конца неподвижной рамы. Поэтому закрепление задней балки рамы на фундаменте или ростверке огибающими хомутами затруднено. Значительно более удобным было бы также помещение бачков для воды с правой стороны барабана; при нынешнем расположении слева бачки увеличивают габаритный размер агрегата в длину, что, естественно, сказывается на пролетах несущих -строительных конструкций бетонного завода. Для возможности гнездового расположения бетономешалок следует обеспечить и переднюю загрузку смесительного барабана.

5. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОННЫХ ЗАВОДОВ

Большая часть установок, работавших в разное время на строительстве для приготовления бетона, обслуживала небольшие сооружения, разбросанные вдоль всей трассы канала — дюкеры, трубы, лотки, водосбросы, мелкие мосты и т. п. Такие установки, оборудованные, как правило, бетоныерками небольшого литража и простейшими подъемно-транспортными механизмами, были крайне несложными и в большинстве случаев не отличались от бетонных установок гражданского и рядового промышленного строительства. К этому же разряду простых установок следует отнести заводы, построенные на первых основных сооружениях строительства (шлюзы № 3, 6 и 9) с большим числом малолитражных бетономешалок.

Наибольший интерес представляют эксплуатационные характеристики крупных механизированных заводов, отвечающих условиям современного гидротехнического строительства. К таким в первую очередь относятся заводы, оборудованные 1000- и 2 200-л бетономешалками. На этих установках было приготовлено около 1 500 тыс. м³ бетона, или более 50% всей бетонной кладки строительства. Производственную характеристику этих заводов дает табл. 55.

Данные этой таблицы позволяют в первую очередь констатировать большие преимущества крупнолитражного оборудования. В самом деле, на заводах шлюзов № 5 и 7, оборудованных бетономешалками в 2 200 л, протяженность транспортерных линий, приведенная к 1 000 л, составляет всего 24,5—28,4 пог. м. В то же время на заводах при шлюзах № 1, 2, 7, 8 и бетонной плотине, оборудованных 1 000-л бетономешалками, аналогично приведенная протяженность составляет 42,5—45 пог. м. В прямой связи с этим на упомянутых заводах установленная мощность электромоторов составляла соответственно 21—22 и 24—29 квт на 1 000 л емкости бетономешалок.

Уменьшение числа агрегатов привело также к существенному сокращению количества обслуживающего персонала за счет штурвальных, дозировщиков и рабочих при промежуточных бункерах. В то же время энерговооруженность одного рабочего на заводах с крупнолитражным оборудованием возросла с 5,0—7,3 до 9,8 квт, т. е. почти на 100%. Здания заводов с 2 200-л бетономешалками также оказались наиболее экономичными по строительной кубатуре и по расходу лесных материалов.

Приведенная таблица показывает также несомненные преимущества бетонных заводов, полностью оборудованных ленточными транспортерами: на заводах шлюзов № 1, 2, 5, 7, 8 и бетонной плотины количество обслуживающих рабочих, отнесенное к 1 000 л, в среднем на 33% ниже, чем на заводах шлюзов № 4, 7 (у верхней головы), насосно-очистительной станции и моста на одном из спрямлений, оборудованных транспортерами лишь частично. Энерговооруженность одного ра-

Таблица 55

	Объем бетона в соору- жении в тыс. м ³		Бетономе- шалки		Способ подачи			Количе- ство тран- спортов		Количество обслужи- вающих рабо- чих в смену		Электро- моторы		Энерго- воору- женне в кВт	
	Число	литраж	гравия	песка	цемента	бетона	секций шт.	Всего поз. м	в смену	на 1 000 л емкости бе- тономешалок	Всего шт.	установленная мощность в квт	на 1 000 л емкости бе- тономешалок	на 1 рабоче- го	
Завод	Одной из плотин	253,0													
	Шлюза № 1	10	1 000					8	440	40	18	290	29	7,3	
	Шлюза № 2 и насосной стан- ции при шлюзе	10	1 000					8	425	40	18	270	27	6,8	
	Шлюза № 4 и насосной стан- ции при шлюзе	6	1 000					8	255	31	14	165	28	5,3	
	Шлюза № 5 и насосной стан- ции при шлюзе	2	1 000					4	130	23	10	95	27	4,1	
	Шлюза № 3	3	500												
	Шлюза № 5 и насосной стан- ции при шлюзе	5	2 200					8	270	25	13	245	22	9,8	
	Шлюза № 7 (в верхней ка- мере)	4	1 000					3	160	25	7	100	25	4,0	
	Шлюза № 7 (в нижней ка- мере)	4	2 200					8	259	25	12	185	21	7,5	
	Шлюза № 8 (у средней го- ловы)	5	1 000					9	225	24	14	120	24	5,0	
	Насосно-очистительной стан- ции	4	1 000					3	65	22	10	95	24	4,3	
	Моста на одном спрямлении	4	1 000					5	155	17	9	105	26	6,2	
	Одних заградительных ворот	3	1 000					—	—	13	3	45	15	3,5	

бочего на заводах первой группы также была значительно выше: она составляла в среднем 7 квт против 4,65 квт на заводах второй группы.

В табл. 56 приведены данные, характеризующие максимальную суточную, месячную и удельную (отнесенную к 1 000 л емкости) производительность 10 бетонных заводов.

Таблица 56

Завод	Суммарный литраж бетоно-мешалок по загрузке	Максимальная производительность в м ³				Коэффициент неравномерности
		суточная		месячная		
		абсолютная	удельная на 1 000 л емкости	абсолютная	удельная на 1 000 л емкости	
Бетонной плотины	10 000	2 361	236	47 600	4 760	1,24
Шлюза № 1	10 000	1 900	190	29 783	2 978	1,60
„ № 2 и насосной станции при нем	6 000	1 815	302	20 680	3 450	2,20
Шлюза № 4 и насосной станции при нем	3 500	—	—	12 098	3 450	—
Шлюза № 5 и насосной станции при нем	11 000	3 140	286	36 500	3 320	2,15
Шлюза № 7 (в верхней камере)	4 000	—	—	21 891	5 470	—
„ № 7 (в нижней камере)	8 800	700	193	25 761	2 920	1,65
„ № 8 (у средней головы)	5 000	1 467	294	15 205	3 040	2,40
Моста через одно спрямление	4 000	1 160	290	—	—	—
Одних заградительных ворот	3 000	1 567	189	9 304	3 100	1,52

Как видно из этой таблицы, наибольшая абсолютная суточная производительность достигнута на заводе шлюза № 5 (3 140 м³) и месячная — на заводе бетонной плотины (47 600 м³). Наибольшая удельная суточная производительность была получена на заводе шлюза № 2 (302 м³) и месячная — на заводе № 1 шлюза № 7 (5 470 м³).

Показателем, характеризующим степень равномерности загрузки завода в течение месяца, является приведенный в таблице коэффициент неравномерности, он определяется как отношение произведения максимальной суточной производительности на 25 дней к месячной производительности завода. Как видим, значения этих коэффициентов для бетонных заводов Строительства весьма высокие — от 1,24 до 2,40. Это объясняется тем, что на строительстве имелось несоответствие между возможностями бетонной кладки и подготовкой фронта для нее. Фронт кладки отставал из-за слабой механизации опалубочных и арматурных работ и недостаточной оснащенности сооружений подъемно-крановым оборудованием. Несомненно, что при смягчении этого несоответствия месячные производительности бетонных заводов могли быть значительно более высокими.

В заключение приводим табл. 57.

Как видим, показатели, достигнутые на заводах строительства канала, значительно выше полученных на Днепрострое и Свирьстрое. Следует однако отметить, что средний коэффициент неравномерности на Днепрострое и Свирьстрое был ниже, чем на Москвволгострое: на Москвволгострое — 1,82, на Днепрострое—1,18 и на Свирьстрое—1,24. Это объясняется тем, что Днепроовское и Свирское строительства были хорошо оснащены крановым оборудованием для производства опалубочных, арматурных и других работ в подготовке фронта укладки.

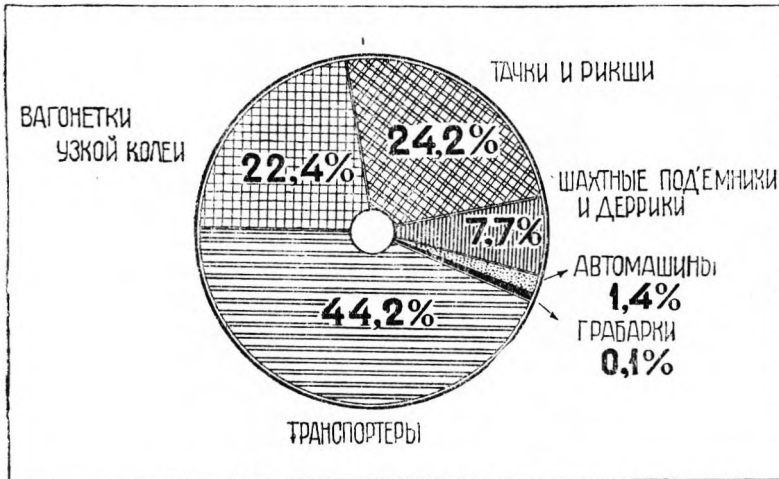
Завод	Максимальная удельная производительность на 1000 л емкости бетономешалок							
	в час		в сутки		в месяц		за 4 ликовых месяца	
	в м ³	в %	в м ³	в %	в м ³	в %	в м ³	в %
Бетонной плотины	14,7	100	—	—	—	—	15 400	100
Шлюза № 2	—	—	302	100	—	—	—	—
№ 7	—	—	—	—	5 470	100	—	—
Днепростроя	9,8	66	204	68	4 200	77	13 000	85
Свирьстроя	7,6	52	145	48	2 920	54	9 500	62

ГЛАВА VI

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ БЕТОНА

1. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ И СХЕМЫ ТРАНСПОРТА

Применявшиеся на бетонных работах строительства канала транспортные устройства отличались значительным разнообразием. Наряду с таким совершенным видом механизации подачи бетона, как стационарные ленточные транспортеры, широко применялись ручные вагонетки, рикши, тачки или же оборудование и приспособления, хотя и более совершенные,



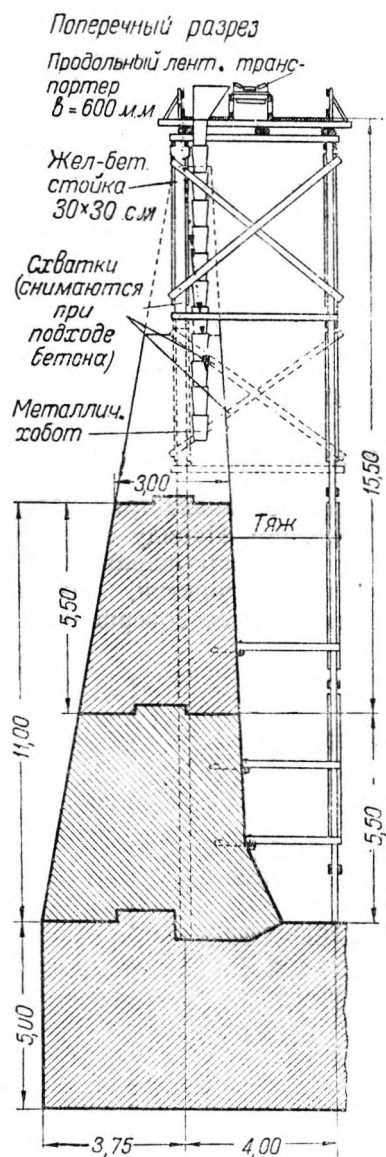
Фиг. 105. Удельный вес различных видов транспорта на бетонных работах

чем перечисленные ручные, но все же по эффективности уступавшие транспортерам,—автомобили, деррики и шахтоподъемники.

Диаграмма (фиг. 105) показывает удельное значение примененных транспортных средств на бетонных работах Строительства.

Как видим, основой механизации транспорта бетонных работ были транспортеры, причем главная роль транспортеров становится еще более наглядной при рассмотрении транспортных средств, примененных на отдельных крупнейших сооружениях. Так например, на бетонной плотине транспортерами было подано 73% объема всего бетона, при-

чем только за два месяца — июль и август — транспортеры подали 92,7 тыс. м³. На шлюзе № 5 за 5,5 месяцев было подано транспортерами почти 100 тыс. м³ бетона. На шлюзе № 1 при объеме работ, почти в два раза большем, чем на шлюзе № 5, за 4 месяца — май — август — было уложено 105,8 тыс. м³ бетона исключительно транспортерами.



Фиг. 106. Схема расположения транспортеров при бетонировании камерных стен шлюза № 1

распределительных транспортера, которые монтировались и разбирались по мере подготовки блоков или укладки в них бетона. Для бетонирования стен камеры на двух разных отметках были проложены транспортеры вдоль стен. С каждой отметки бетонировалось по два яруса блоков. Для передачи бетона через камеру была построена эстакада; поперечные транспортеры от завода были проложены до второй стены камеры. Схема бетонирования третьего яруса стенки шлюза показана на фиг. 106.

Применявшиеся на строительстве канала разнообразнейшие сочетания различных способов транспорта бетона сводятся к следующим основным четырем схемам:

1) транспортерная подача от завода до блока с подачей вниз по хоботам;

2) транспортерная подача в соединении с железной дорогой узкой колеи, тачками и рикшами;

3) горизонтальная подача простейшими приспособлениями — узкоколейкой, тачками и рикшами и вертикальная подача механическими крючниками, бремсбергами, дерриками и шахтоподъемниками;

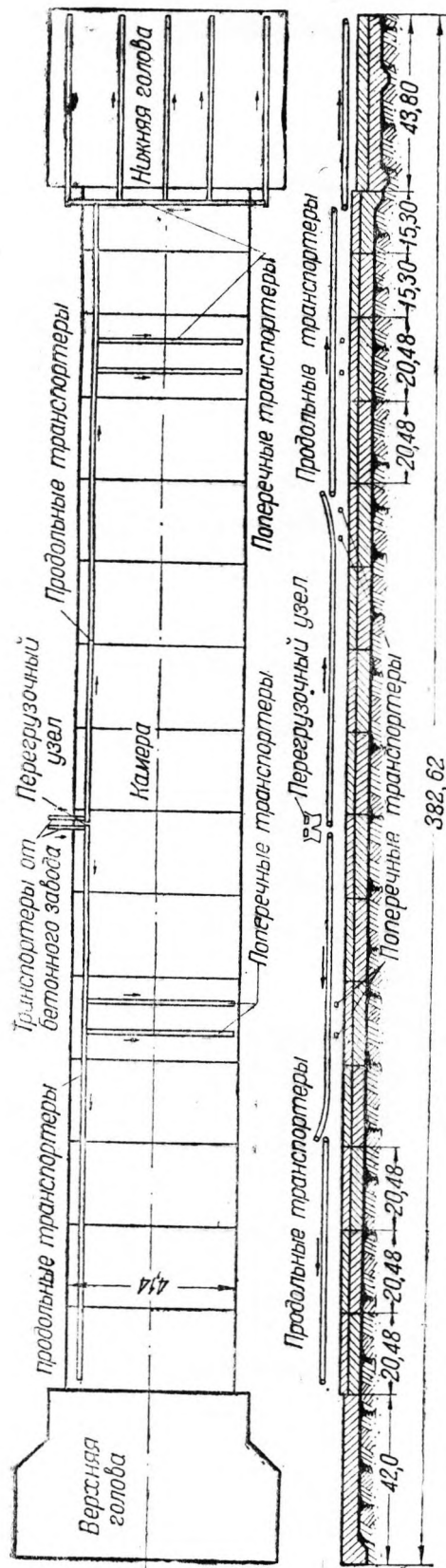
4) автотранспортная подача в сочетании с рикшами, тачками и т. п. Ниже подробно описывается применение каждой из этих основных схем на отдельных сооружениях.

2. ТРАНСПОРТЕРНАЯ ПОДАЧА БЕТОНА ОТ ЗАВОДА ДО БЛОКА

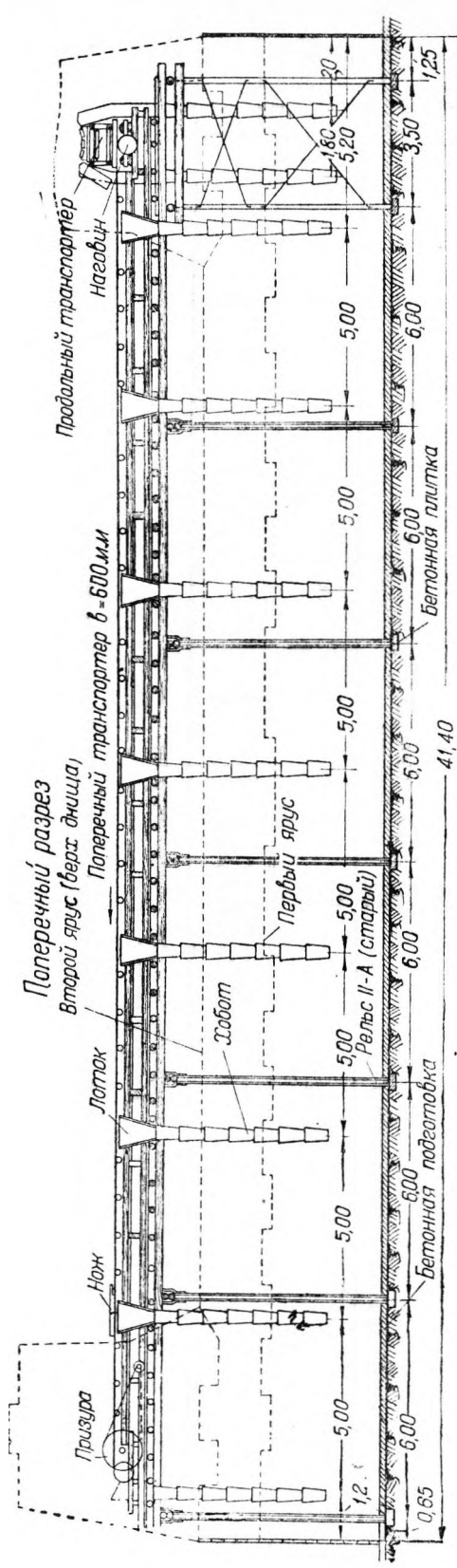
Эта система была применена при сооружении шлюзов № 1, 2 и 5, одной бетонной плотины, насосной станции при шлюзе № 5 и др.

На шлюзе № 1 бетонный комбинат был расположен в 50 м от середины шлюза с речной стороны (фиг. 55). Бетон подавался транспортерами следующим образом (фиг. 107); от бетонного завода к седьмой секции шлюза шли две линии транспортеров, расположенных на деревянных эстакадах. Для бетонирования днища шлюза в пределах его камеры и верхней головы были расположены по одной прямой, параллельной оси шлюза, магистральные транспортеры. С поперечных транспортеров, идущих от завода, бетон попадал на эту магистральную линию, от которой он мог быть подан в любую секцию шлюза.

Для бетонирования блока днища какой-либо секции от магистрального транспортера в пределах блока шли два поперечных



Фиг. 107. Схема расположения транспортеров при бетонировании шлюза № 1



Фиг. 108. Схема подачи бетона в днище камеры шлюза № 1

Бетон двигался по следующему пути: из бетономешалки на заводе он поступал в металлический бункер емкостью $0,75 \text{ м}^3$, откуда без задержки поступал на одну из двух транспортерных лент, проложенных вдоль, бетонного завода до бетономешалками. Далее по системе транспортеров бетон доходил до распределительных транспортеров над бетонизируемым блоком, а с них с помощью щитков или «ножей» сбрасывался в маленький бункер (без затвора), служивший для направления бетона в металлический хобот, подвешенный к бункеру. По хоботу бетон поступал уже в блок (фиг. 108).

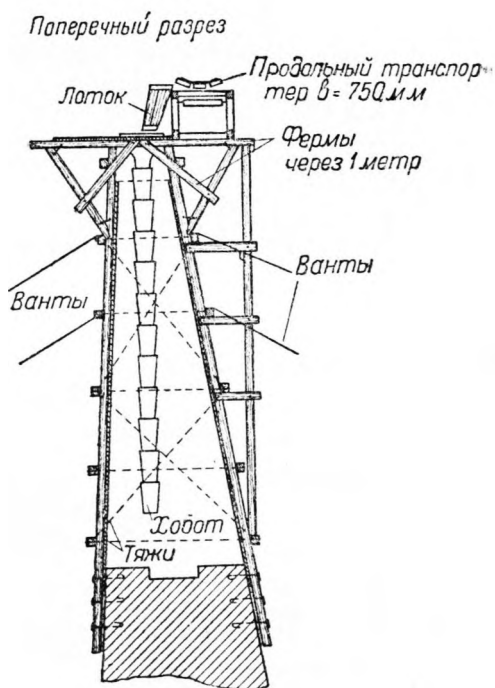
Такая схема хорошо решала задачу доведения бетона от завода до любого блока и в то же время была очень простой и обеспечивающей наименьшее протяжение транспортеров. Общее протяжение транспортеров, примененных здесь, составляло $2\,799 \text{ м}$, в том числе магистральных 915 м . Наибольшая длина одного транспортера была 137 м ; наибольший угол наклона — 18° ; ширина лент — 600 и 500 мм ; скорость движения лент — $1,5\text{—}2,0 \text{ м/сек}$.

На шлюзе № 5 бетонный комбинат обслуживал одновременно насосную станцию и помещался на расстоянии около 160 м от оси шлюза (фиг. 54). Питание бетоном шлюза осуществлялось двумя двухсекционными передаточными транспортерами, расположенными перпендикулярно оси шлюза (фиг. 109).

Для бетонирования нижних частей шлюза — днища камеры и подкорольных конструкций голов — вдоль сооружения бетон распределялся магистральным транспортером длиной 360 м , состоявшим из пяти секций; три секции шли от перегрузочного узла до верхней головы и две — от узла перегрузки до нижней головы.

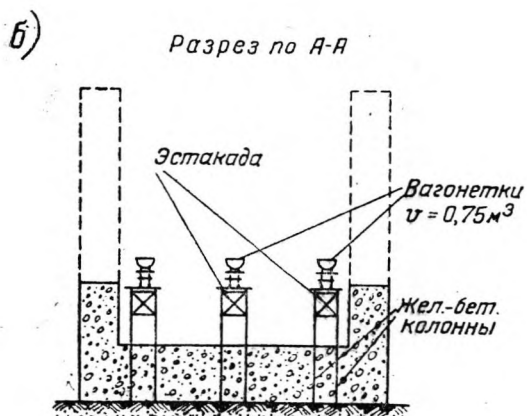
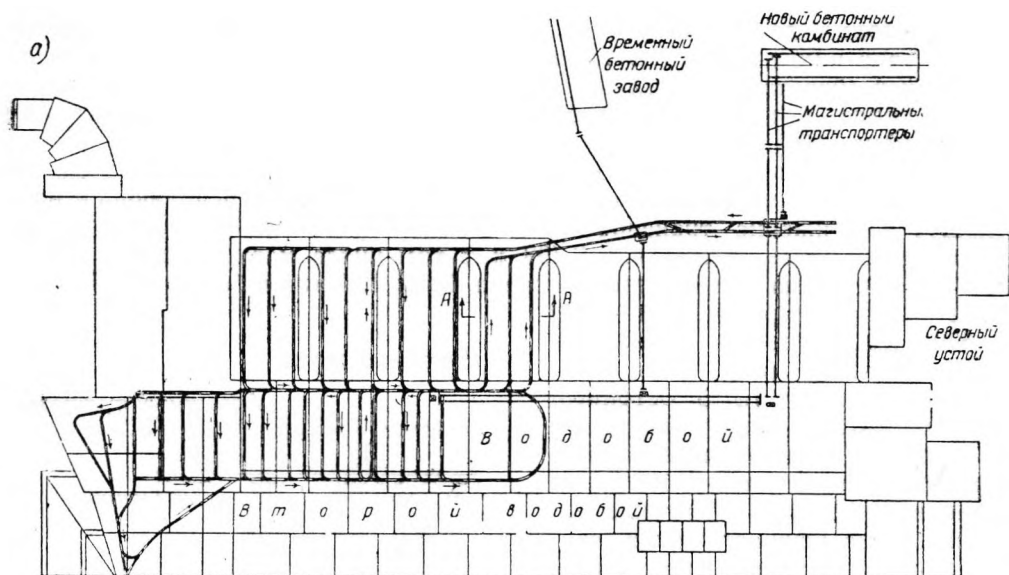
На бетонизируемой секции с продольного транспортера при помощи передвижной сбрасывающей тележки «Рустела» бетон перегружался на два поперечных транспортера, распределявших его по площади блока. Поперечные транспортеры были смонтированы на специальных катучих фермах, позволявших перемещать их вдоль продольного транспортера. На ферме закреплялось четыре бункера, три — в пролетах и последний — у барабана конечной станции, через которые бетон с ленты передавался в хоботы, опускавшие его в блок (фиг. 110).

Над блоком (секцией) длиной 20 м на специальных подмостях подвешивались 4 ряда хоботов на расстоянии 5 м один от другого. Расстояние между хоботами в ряду по ширине секции — 4 м . Ряды хоботов, подвешенных над блоком, являлись и местами установки поперечных транспортеров, причем бункеры катучей фермы совмещались с раструбами хоботов. При передвижении правой фермы передача бетона с продольного транспортера переключалась только на левую ферму, и наоборот. Передвижка «Рустелы» производилась одновременно со второй катучей фермой, причем на это время (обычно не превышавшее 2 мин.) подача бетона прекращалась.



Фиг. 110б. Схема подачи бетона в камерные, стенки шлюза № 5

Магистральный транспортер и рельсовые пути катучих ферм помещались на специальных расположенных вдоль всего сооружения эстакадах, которые использовались одновременно для монтажа арматуры и для под-



Фиг. 111. Схемы бетонирования плотины: а—план; б—разрез по А—А

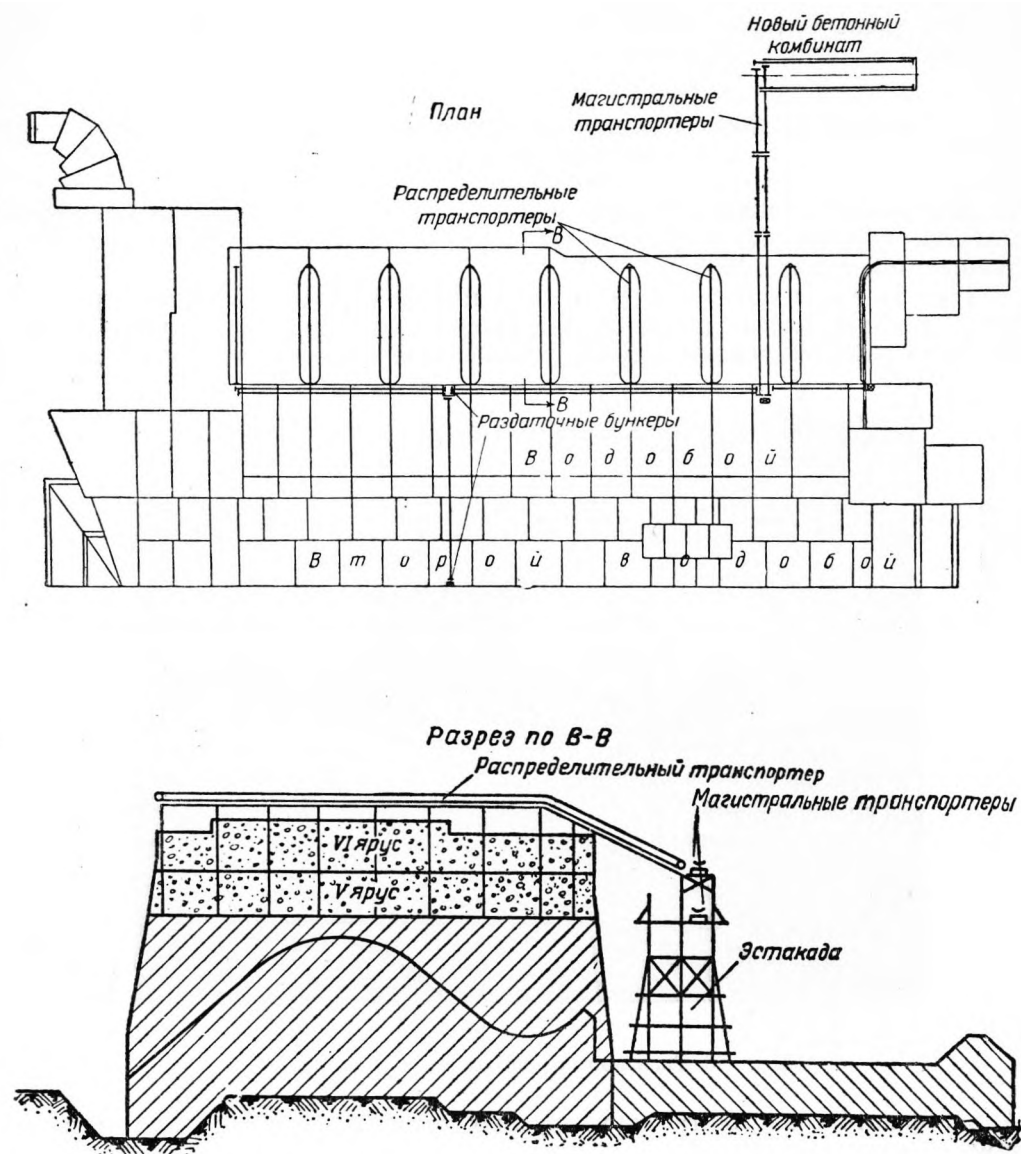
вески хоботов. На время укладки бетона в секции по прогонам эстакад устраивался сплошной дощатый настил, необходимый для передвижки и обслуживания ферм. Ферма поперечного транспортера сварная из уголкового железа высотой 0,8 м и пролетом 15 м. Ферма помещалась на двух вагонеточных платформах узкой колеи. Общий вес ее с транспортером не превышал 1000 кг. Передвижку осуществляли вручную 4 человека, обслуживавшие сбрасывающие устройства транспортера. На передвижку фермы между рядами хоботов тратилось обычно 1—2 мин. Вследствие небольшой длины поперечного транспортера промежуточное сбрасывание бетона с него

производилось с помощью деревянных ножей. Бетонирование стен шлюза № 5 и устоев его голов производилось по той же схеме, что и на шлюзе № 1.

Применение передвижных распределительных транспортеров при бетонировании шлюза № 5 позволило значительно сократить потребность в распределительных транспортерах: по сравнению со шлюзом № 1 на шлюзе № 5 было сэкономлено больше 1 000 пог. м транспортеров. Общее протяжение транспортеров, подававших бетон к шлюзу № 5, равнялось 1 600 м. Ширина лент — 750 мм. Скорость лент достигала 2,5 м/сек.

На бетонной плотине до самого места укладки бетон подавался транспортерами только в быки и забральные балки (фиг. 59). От завода в направлении, перпендикулярном оси плотины, была проложена магистральная поперечная линия из двух параллельных ниток транс-

портеров. Пересекая вторую водосливную секцию плотины, транспортеры проходили по большой наклонной эстакаде на железобетонных стойках. Наличие двух ниток обуславливалось необходимостью, во-первых, иметь



Фиг. 112. Схема бетонирования плотины

резервную линию и, во-вторых, потребностью подавать бетон в различные части плотины, одновременно различных составов и консистенции. Общая длина этой магистрали— 125 м, наибольший угол наклона транспортера — 16°, ширина ленты — 750 мм.

Магистраль кончалась на водобое плотины. Здесь по водобое параллельно оси проходила основная продольная магистраль, подававшая бетон во все секции плотины. Последняя магистраль также состояла из двух ниток транспортеров, но в два яруса. Протяжение этой магистрали — 182 м.

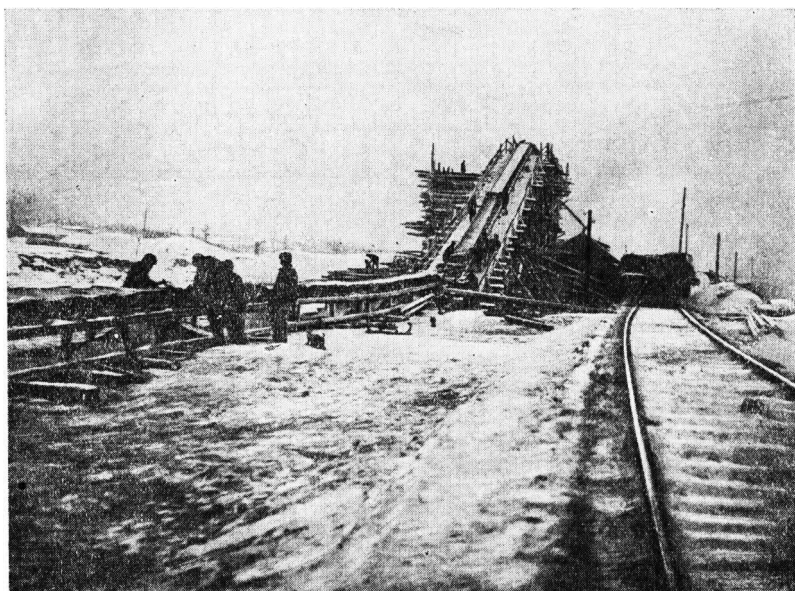
Транспортеры располагались на деревянной эстакаде высотой 18,5 м. Наибольшая длина одного транспортера — 108 м. Для подачи бетона

в блоки быков по их оси были проложены распределительные транспортеры, начинавшиеся от продольного магистрального транспортера. Для быков водосливных секций бетон подавался с транспортеров, расположенных на одной отметке, а для быков двухъярусных секций распределительные транспортеры прокладывались на двух других разных отметках. С каждой отметки бетонировалось по два яруса блоков (фиг. 112).

3. ПОДАЧА БЕТОНА ТРАНСПОРТЕРАМИ В СОЕДИНЕНИИ С ДРУГИМИ ВИДАМИ ТРАНСПОРТА

Эти способы подачи бетона применялись на строительстве бетонной плотины, шлюзов № 7 и 8, моста через одно спрямление и насосной станции при шлюзе № 2.

На бетонной плотине вследствие недостатка транспортеров бетон распределялся также вагонетками «Коппель» по узкой колее. Так были забетонированы второй, третий и четвертый ярусы водосливных



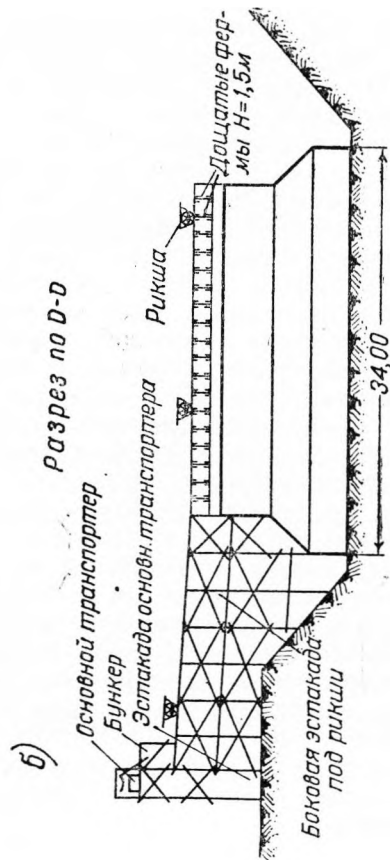
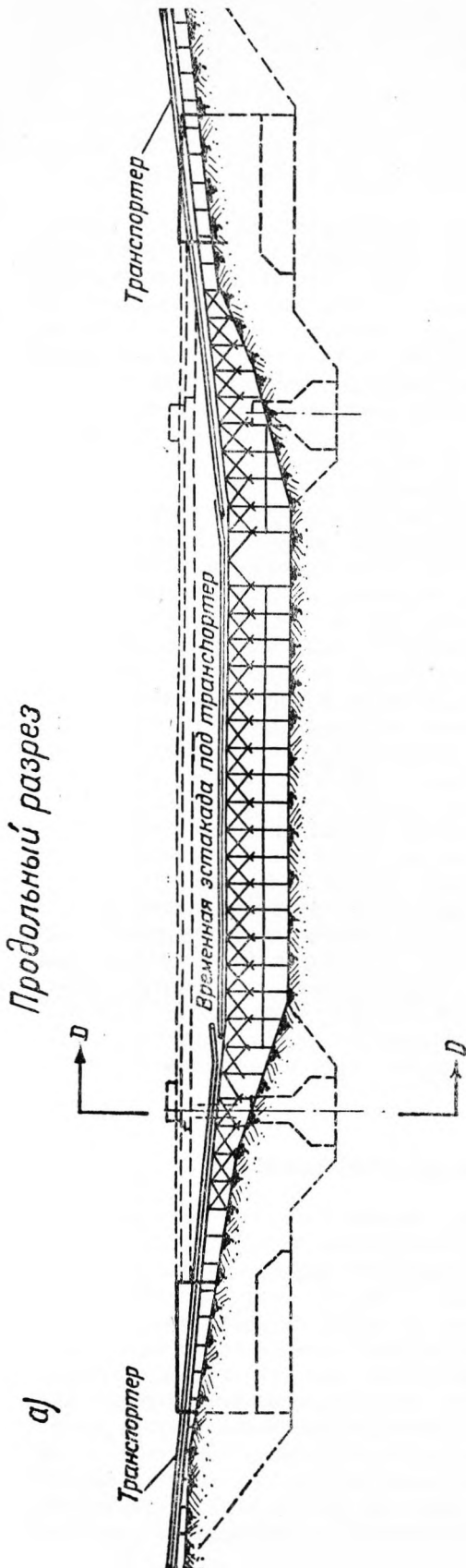
Фиг. 113. Транспортер для доставки материала

секций, флютбетная плита двухъярусных секций, часть водобоя и рисбермы— всего 148 тыс. м³.

Вследствие большой площади плотины узкоколейные пути получили здесь большое развитие: общее протяжение узкоколейных путей, проложенных в разное время, достигало 8 км.

Подача бетона осуществлялась по следующей схеме: с завода бетон шел по магистральным транспортерам, а затем через раздаточные бункеры попадал в вагонетки и по узкоколейным путям развозился по блокам. Из вагонеток через бункеры-воронки, расположенные над блоком по обе стороны от пути, бетон попадал в металлические хоботы и опускался в блок. Для путей устраивались эстакады — деревянные или на железобетонных стойках, высотой от 5—7 и до 10—12 м. Расположение путей в плане было разнообразным: для флютбетной плиты пути располагались в направлении, перпендикулярном к оси плотины, так что на каждую секцию плотины приходилось три линии; для плит второго водобоя пути располагались уже в направлении, параллельном оси плотины.

Продольный разрез



Фиг. 114. Схемы подачи бетона при бетонировании моста

Сочетание транспортеров и узкоколейных вагонеток не позволяло добиться той высокой производительности укладки, которой можно было бы добиться при устройстве распределительных транспортеров. Но все же опыт показал, что и этим способом можно достигнуть довольно высокой производительности, которая полностью оправдала бы роль магистральных транспортерных линий. При бето-

нировании второго и третьего ярусов водосливных секций совмещенная подача бетона позволила укладывать до 1 000—1 200 м³ бетона в сутки, при средней производительности 45—50 м³/час и максимальной (в отдельные часы) около 100 м³/час. Несколько позднее, при бетонировании плит второго водобоя, среднечасовая за сутки подача бетона по узкоколейным путям от бункера магистрального транспортера доходила до 70 м³.

На шлюзе № 8 транспортеры (передвижные 15 м) применялись

в сочетании с тачками: транспортеры подавали бетон от бетономешалок в раздаточные бункеры, а оттуда его загружали в тачки. Таким образом в днище шлюза было уложено около 90 тыс. м³ бетона. Здесь применялись также короткие стационарные транспортеры, подававшие бетон от завода к бадьям на путях узкой колеи, расположенных по днищу шлюзов. Эти бадьи поднимались затем на нужную отметку кранами-дерриками, смонтированными на катучих пилонах (этот способ подачи подробно описан ниже).

При бетонировании одного из мостов транспортерная подача комбинировалась с рикшами. Бетон от завода подавался по магистральному транспортеру, проложенному вдоль моста (фиг. 114, а). С транспортера бетон через бункеры перегружался в рикши, которыми и развозился по блокам. Из рикш бетон по металлическим хоботам спускался в места укладки. При бетонировании быков и устоев моста магистральный транспортер был проложен по деревянной эстакаде и шел под углом к оси моста. Он состоял из начальной и конечной наклонных частей и средней горизонтальной. Общая длина магистрального транспортера — 235 м. В четырех точках против устоев и быков бетон снимался с транспортера в бункеры. От бункеров по легким деревянным эстакадам бетон развозился рикшами (фиг. 114, б). При бетонировании проезжей части и арок моста продольный магистральный транспортер проходил вдоль всего моста рядом с подмостями арки и в конце моста поворачивал под углом в 120° к заводу. Бетон с транспортера поступал в пять перегрузочных бункеров, отстоявших один от другого на 22,5 м. От этих бункеров на легких козловых эстакадах были проложены дощатые трапы шириной 2,5—5 м для рикш, которые и развозили бетон во все точки проезжей части моста. Эстакады под рикши располагались в три продольных ряда и пять поперечных взаимно параллельных рядов, что обеспечивало их кольцевое движение на всех участках работ. Для бетонирования арок моста были устроены бремсберги с подъемом специальных вагонеток. Каждый бремсберг шел вдоль арки моста от ее пяты до середины: пролета. Бетон поступал по лоткам в вагонетки бремсберга непосредственно с магистрального транспортера, но мог выгружаться также из рикш. Всего на строительстве этого моста было уложено 18 563 м³ бетона.

Подачу бетона транспортерами с последующей развозкой тачками или рикшами конечно ни в какой степени нельзя считать наиболее технически целесообразной и экономически выгодной. Однако в этом случае применение транспортеров от завода до сооружения и по фронту самого сооружения значительно облегчило подачу бетона. Отсутствие транспортеров и на этом участке потребовало бы резкого увеличения расстояния возки бетона рикшами или применения других, еще менее удобных видов транспорта.

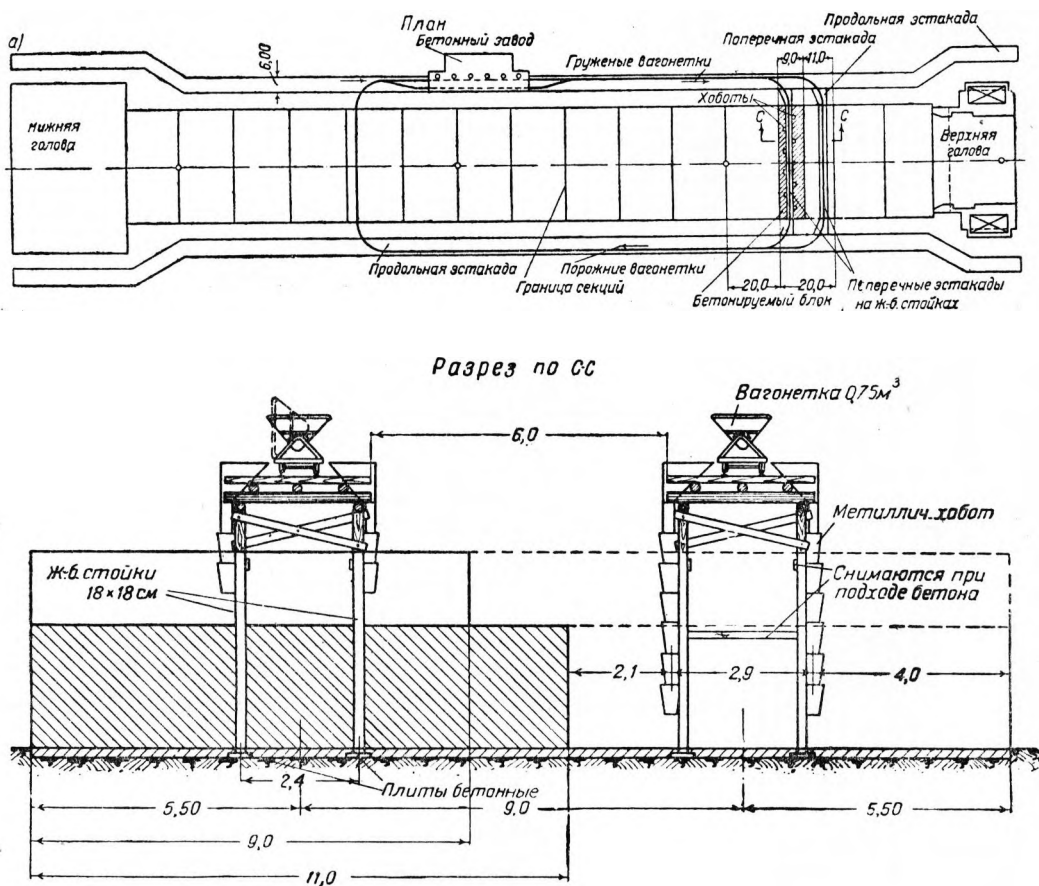
4. ПОДАЧА БЕТОНА ПРОСТЕЙШИМИ МЕХАНИЗМАМИ

Примерами сооружений, где бетон подавался железнодорожными вагонетками узкой колеи, рикшами, дерриками и бремсбергами, могут служить: шлюзы № 2, 3, 4, 6, 7 и 8, одна бетонная плотина, а также насосные станции при шлюзах № 3 и 6.

На шлюзе № 2 с помощью вагонеток и частично рикш было забетонировано днище объемом 49,4 тыс. м³. Подача бетона была организована следующим образом (фиг. 115). От бетонного завода, расположенного примерно против середины шлюза, на всю длину параллельно оси его шла линия узкоколейки. От этого магистрального пути на каждую секцию шлюза длиной 20 м ответвлялись два поперечных пути. Проходя последовательно через бетонируемые секции шлюза, они на противоположной стороне шлюза снова сходились в один продольный путь, параллельный оси шлюза, по которому порожние вагонетки возвращались на бетон-

ный завод. Такое расположение путей было экономически выгодным и очень удобным, так как при наличии продольных линий вся подготовка к бетонированию секции состояла лишь в прокладке двух коротких (по 40 м) поперечных путей, что отнимало весьма немного времени. Это расположение путей было типовым.

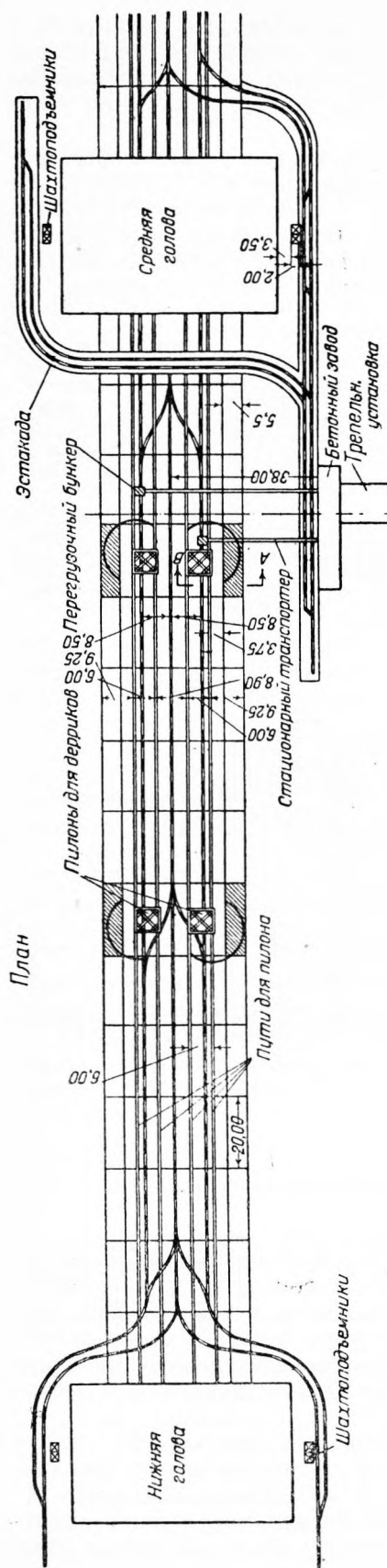
Бетонирование частей сооружения выше отметки выхода бетона производилось чаще всего с помощью шахтоподъемников или дерриков. На шлюзе № 9 стены камеры бетонировались с помощью подъемников. На днище камеры на одном уровне с выходом бетона были устроены три продольные эстакады. Крайние эстакады у стен камеры и устоев голов служили для движения груженых вагонеток, а средняя — для порожняка. По



Фиг. 115. Схема бетонирования днища камеры шлюза № 2

обеим сторонам сооружения через 50 м по его длине располагались шахтные ковшевые подъемники, подававшие бетон на горизонт бетонлируемого яруса. Выгрузочные бункеры подъемников выдавали бетон в рикши, которые перемещали его к месту укладки. Расстояние возки рикш не превышало 25 м. У бетонлируемой части сооружения рикши обычно двигались над секцией по настилу на каркасе опалубочной конструкции, но иногда устраивались и подмости.

На шлюзе № 8 применялись деррики на катучих пилонах. По днищу камеры прокладывались три пути узкой колеи для перемещения металлических бадей с бетоном на платформах (фиг. 116). Бадьи наполнялись через специальный перегрузочный бункер, загружаемый ленточным транспортером. Пути для пилонов устраивались вдоль обеих камерных стен,



Фиг. 116а. Схема бетонирования шлюза № 8:
план

причем под пилонами находились крайние пути для платформ, по которым подавались груженные бадьи. В каждой камере работали четыре деррика, подававшие бетон одновременно на четыре секции камерных стен. Бадья имела емкость 750 л. Головы шлюза бетонировались с помощью подъемников шахтного типа. Всего на шлюзе было уложено с помощью дерриков и шахтоподъемников 37 500 м³ бетона.

В случаях, когда основная масса бетона подавалась вагонетками и тачками, кроме подъемников применялись также и механические крючники (например на шлюзе № 6).

5. АВТОТРАНСПОРТНАЯ ПОДАЧА БЕТОНА В СОЧЕТАНИИ С РИКШАМИ ИЛИ ТАЧКАМИ

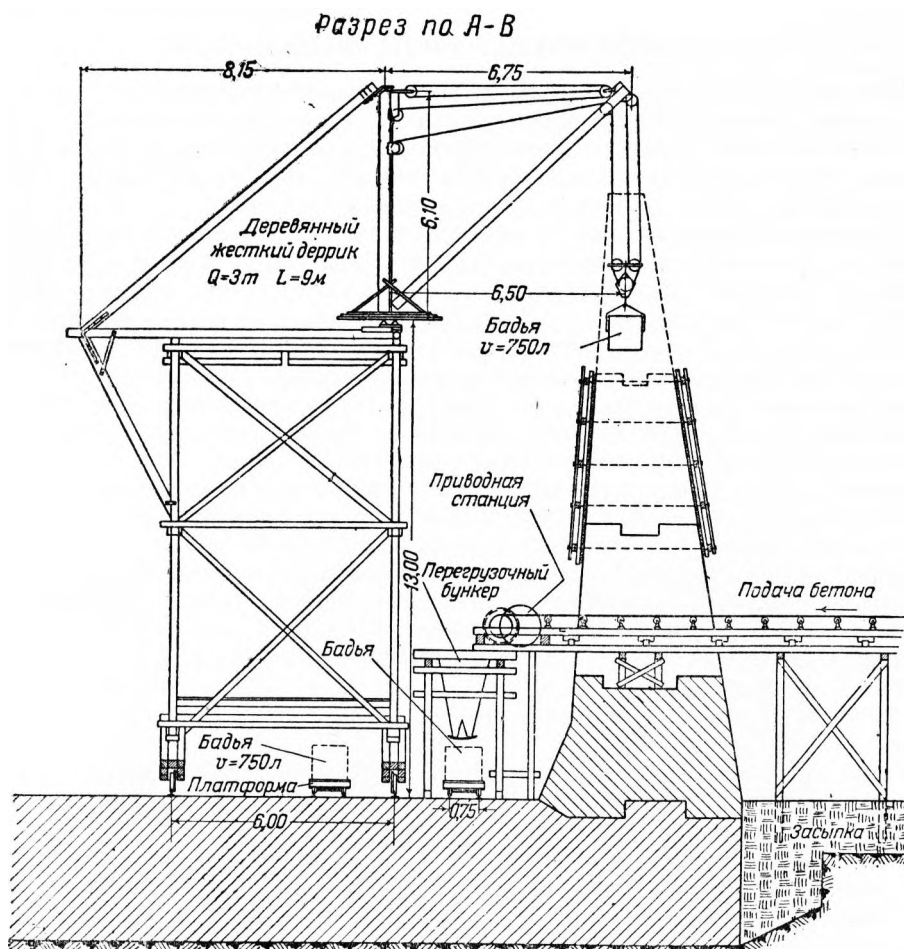
Этот вид транспорта бетона получил особое распространение на одном строительном участке, где при такой подаче было уложено свыше 200 тыс. м³ бетона. Применение автотранспорта вызывалось тем, что районные бетонные заводы обслуживали объекты в радиусе 4—5 км. С этих заводов автомашины грузоподъемностью 1,5 и 3 т доставляли бетон к бетонируемой части сооружения, где через специальные раздаточные бункеры бетон перегружался на рикши или тачки, которые и доставляли его к месту укладки.

Большие неудобства и осложнения представлял недостаток автомашин с самосвальными кузовами, что заставляло разгружать бетон частично вручную. Ряд мероприятий, например устройство по дну кузова наклонной плоскости, обитой кровельным железом, облегчили разгрузку, однако радикальным образом улучшить ее не могли.

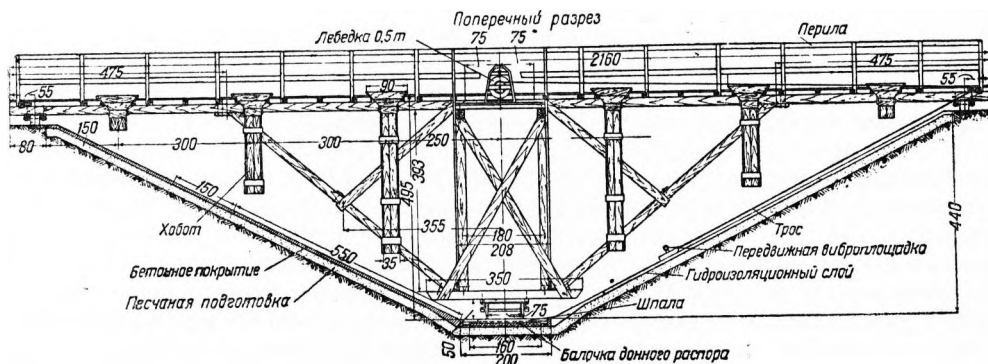
В среде строителей распространены опасения за качество бетона при его перевозке автомобилями. Эти опасения оказались несостоятельными.

При наличии хорошей грунтовой дороги или деревянного лежневого пути и перемещениях до 5 км оседания камневидной составляющей и отделения воды от общей массы бетона почти не наблюдалось.

Представляет интерес распределение бетона на месте укладки его в откосы Водопроводного канала (фиг. 117). Для этого была построена деревянная катучая ферма, передвигающаяся вручную по дну канала на



Фиг. 1166. Схема бетонирования шлюза № 8: разрез по А—В



Фиг. 117. Схема бетонирования участка канала

двух узкоколейных платформ с шарикоподшипниками. Опираясь своими консольными выносами на деревянные катки, ферма имела катучие опоры и на верхних бровках откосов. Ширина фермы поверху — 3,60 м. На ферме

было расположено шесть деревянных хоботов, по которым и спускался бетон из рикш. Дно канала между распорными балочками бетонировалось непосредственно на месте, после откосов.

6. ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ ТРАНСПОРТЕРОВ

При применении транспортеров очень важным является выбор основной схемы расположения магистральных и распределительных линий. Здесь необходимо учесть и разнообразный конструктивный характер отдельных частей сооружений и разбросанность фронта бетонных работ и распределение объемов бетона по отдельным участкам.

Установки башенного типа, вообще являющиеся весьма удобными для подачи и распределения бетона на большой высоте, не могли быть использованы в условиях строительства канала, потому что радиус действия каждой башни невелик и при большом фронте работ необходимо было бы поставить очень много башен. Единственно правильное решение заключалось в применении транспортеров на эстакадах: одного или двух магистральных продольных — по фронту сооружения и более частых — поперечных, распределительных. Правда, и такая схема имеет неудобства, заключающиеся в том, что поперечные транспортеры при их большой суммарной длине часто остаются недостаточно использованными.

Поскольку наиболее рациональный выход—применение подвижных распределительных транспортеров телескопического типа —не мог быть осуществлен на строительстве из-за невозможности своевременного их получения с заводов, поэтому с успехом частично были применены передвижные транспортеры, смонтированные на движущихся порталах (например шлюз № 5). Устройство таких передвижных транспортеров на специальных фермах оказалось очень удобным и экономически выгодным при бетонировании однотипных частей сооружения большой протяженности.

Расположение транспортеров в плане должно быть таким, чтобы постройка и монтаж их требовали наименьших затрат и чтобы подготовительные к укладке работы выполнялись в наименьшие сроки. Затраты на устройство транспортеров зависят от общей их протяженности, правильного выбора высотных отметок транспортеров, особенно магистральных, и наконец от срока службы отдельных транспортерных линий. При решении вопроса приходится удовлетворять множество требований, которые частично противоречат одно другому. Так например, большее количество ярусов увеличивает протяженность транспортеров, но зато упрощает эстакадные работы, так как при меньшей высоте эстакады получают более простыми и легкими и т. д.

Постройка транспортеров складывается из возведения эстакад, устройства транспортерных галлерей и рам, рам для приводных и натяжных станций, приспособлений для съема бетона с ленты и бункеров и монтажа транспортеров. На фиг. 118 показаны транспортеры в постройке.

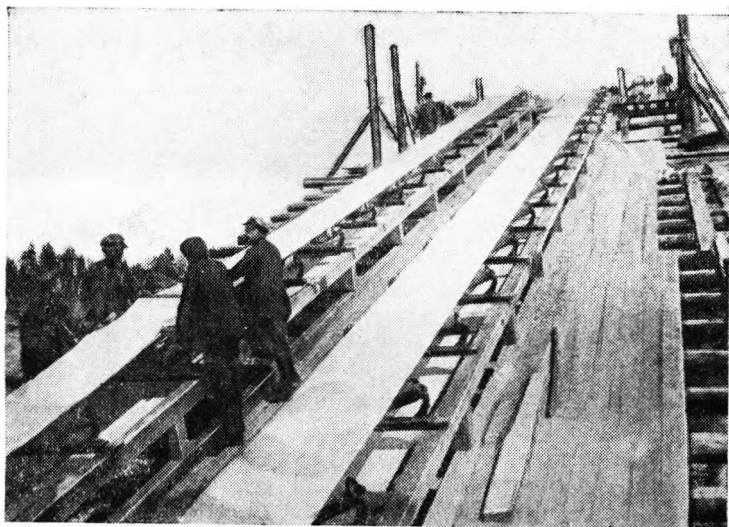
Рамы применялись деревянные и металлические. Деревянные делались из брусьев примерно 12×12 см. Продольные четыре бруса ограничивали прямоугольную коробку высотой 0,6 и шириной 0,90—1,10 м. Брусья связывались через 2 м по длине вертикальными стойками и через 2—3 м горизонтальными распорками. В местах подхода к станциям ставились дополнительные раскосы. Для распределительных переносных транспортеров рамы делались звеньями по 5—6 м длиной легко разбирающимися. Рамы оголовков, на которых располагаются моторы, редукторы и барабаны, также делались из брусьев 15×15 или 18×18 см с обязательной постановкой стоек на горизонтальные долевые брусья, уложенные на пол. Для жесткости рам обязательны раскосы.

Для предохранения транспортеров от атмосферных влияний устраивались транспортерные галереи. Практика показала, что основные магистральные линии должны обязательно располагаться в галереях. Что ка-

сается распределительных транспортеров с малым сроком службы, то для них устройство галлерей нецелесообразно. Оголовки же транспортеров, т. е. места расположения моторов, редукторов и барабанов, должны быть защищены хорошими навесами.

Большое значение имеют узлы перегрузки с транспортера на транспортер. Конструктивно такие узлы делались не только прочными и удобными для ремонта и осмотра, но и, самое главное, обеспечивающими тихое и плавное падение бетона. При заходе одной ленты на другую величина перепада не превышала 60—80 см.

Промежуточное сбрасывание бетона производилось на строительстве с помощью ножей и передвижных, несколько видоизмененных сбрасывающих тележек «Рустела». Дело в том, что «Рустела» заводского изготовления оказалась непригодной для сбрасывания бетона, так как угол наклона ее сбрасывающих лотков не допускал продвижения по ним малопластичной бетонной смеси. Для устройства лотков с углом наклона до 50° пришлось переместить верхний барабан на 35 см вверх и в сторону от нижнего и закрепить его в этом положении на двух дополнительных швеллерах (фиг. 119). Устойчивость тележки, несколько нарушенная перемещением ее центра тяжести, легко восстанавливалась устройством двух стопо-



Фиг. 118. Транспортеры в постройке

ров в передней части, закрепленных на раме транспортера. Работа «Рустелы» дала отличные производственные показатели: тележку обслуживал 1 человек, расслаивания бетона и изнашивания ленты на тележке не наблюдалось.

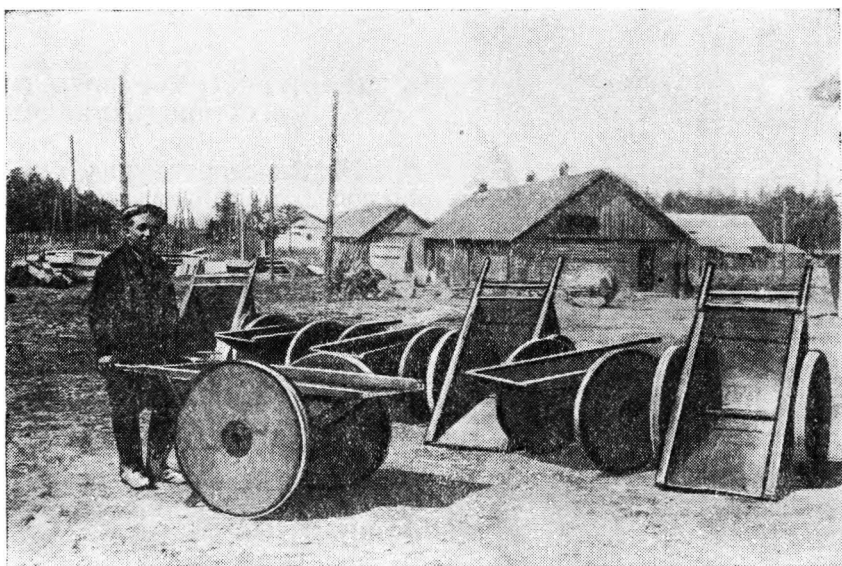
Сбрасывание бетона ножами оказалось несовершенным, так как ножи увеличивают износ ленты и требуют значительного количества обслуживающего персонала и постоянного контроля за работой и качеством ножей. Для укрепления ножа по краям транспортера ставились «вилки». Для уменьшения количества обслуживающих рабочих один конец ножа шарнирно закреплялся на вилке с помощью крючка. Кромки ножа обивались мягкой резиной толщиной 20—30 мм.

Анализ показал, что наибольшее количество простоев транспортеров и бетонных заводов имело место в период освоения нового оборудования, а также в период его значительного износа. В общем на строительстве канала за час чистой работы средняя максимальная производительность транспортеров была примерно та же, что и на ряде крупных зарубежных строительных (плотин Вермонт, Дайабло и др.). Если же взять

личеством пересечений, стрелок и особенно поворотных кругов. Последних вообще не должно быть на грузовых путях.

Вагонетки «Коппель» емкостью $0,75 \text{ м}^3$ на шарикоподшипниках были очень удобны. Однако подача бетона по узкоколейным путям не может считаться рентабельным способом. Его достоинства весьма немногочисленны—простота прокладки и эксплуатации путей; возможность подачи бетона в любое время года, причем зимой требуется лишь дополнительно утеплить вагонетки, укрыв в них бетон. Недостатками же этого вида транспорта являются невысокая производительность, значительная стоимость и трудоемкость, разрешение вопроса лишь горизонтального транспорта и т. д.

Подача бетона тачками и рикшами позволяла работать без тяжелых подмог и эстакад. Но этот способ, особенно на больших расстояниях, невыгоден из-за малой производительности. Поэтому очень часто тачки и рикши работали как дополнение к вагонеткам узкой колеи: вагонетки перемещали бетон лишь по длине сооружения, а дальше после перегрузки бетон по блокам развозился тачками или рикшами.



Фиг. 120. Рикши, применявшиеся в Водопроводном районе

Необходимо отметить, что тачки имеют то преимущество перед рикшами, что они просты в изготовлении и легки в ремонте. Кроме того для их работы требуется только одна катальная доска, что позволяет использовать их в любых условиях. Преимущество же рикши заключается в том, что при емкости $125\text{—}175 \text{ л}$, превышающей вместимость тачки в $2\text{—}2,5$ раза, передвижение ее легко осуществляется одним человеком.

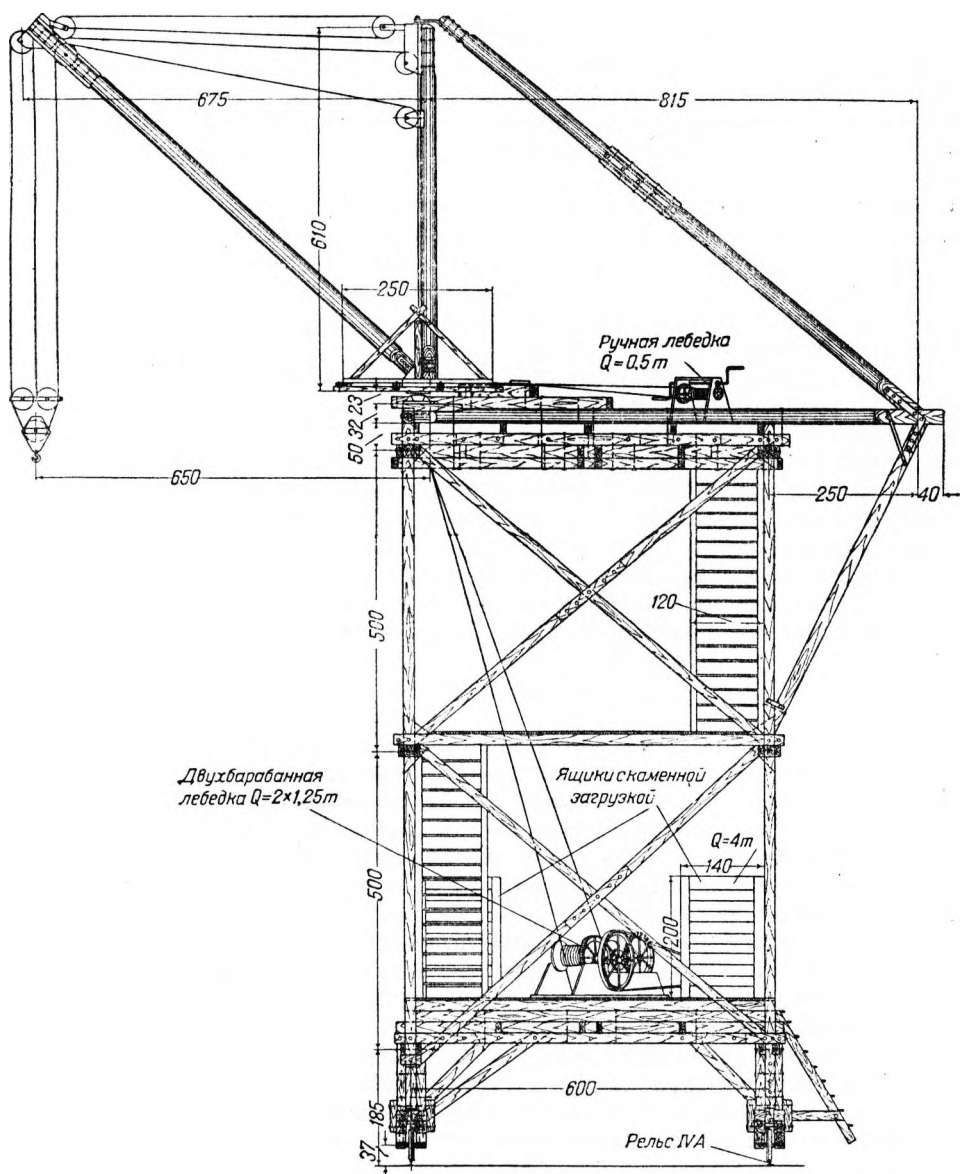
На строительстве канала применялись два типа рикш.

Первый тип—металлическая рикша сварной конструкции, изготовляемая Лефортовским механическим заводом в Москве. Ее данные таковы: емкость кузова— $175\text{—}185 \text{ л}$, диаметр колеса— $1\ 000 \text{ мм}$, вес — $65\text{—}75 \text{ кг}$, вес рикши с бетоном — 490 кг . Ее недостатки — большая стоимость и значительный вес.

Второй тип — деревянная рикша (фиг. 120). Колеса такой рикши фанерные по дощатому каркасу с железными шинами, диаметром 77 см . Колеса надевались на сквозную ось диаметром 25 мм с роликовыми подшипниками. Кузов собирался из дубового каркаса, обшитого шелевкой, и с внутренней стороны обделывался кровельным железом. Емкость кузова— $125\text{—}150 \text{ л}$.

водились в обычной шахте с несколько измененными размерами и конструкцией направляющих.

Клеть представляла собой жесткую раму из согнутого швеллера с платформой, закрепленной на раме четырьмя уголками. Платформа имела каркас из уголкового железа с настилом из 55—60-мм досок. В верхней части рамы устраивалась подъемная петля, служившая для закрепле-



Фиг. 122. Катучий пилон с жестким деревянным дерриком

ния конца троса. Все сопряжения элементов клетки были сварными. Направляющими для движения клетки в шахте служили узкоколейные рельсы или деревянные бруски, по которым двигались направляющие лапы швеллерной рамы. При 10-м высоте подъема цикл подъема, загрузки и разгрузки клетки повторялся в среднем 30—40 раз в час, что обеспечивало до 6,5 м³/час бетона. Для вагонеток «Коппель» применялся соответствующе приспособленный подъемник более мощного типа.

Другим очень хорошим решением бесперегрузочного подъемного устройства был катучий пилон с жестким деревянным дерриком (фиг. 122). Такие деррики были применены на шлюзах № 7 и 8. Пилоны были выполнены в виде пространственной каркасной деревянной конструкции размерами в плане 6×6 м и высотой 12 м; общий вес их — 12 т. На верхней площадке пилон был установлен жесткий деревянный деррик модели СССМ-30 грузоподъемностью 3 т со стрелой длиной 9 м; мачта деррика опиралась на одну из стоек пилон. Стрела и груз поднимались с помощью двухбарабанной фрикционной лебедки, установленной на нижней площадке пилон; стрела поворачивалась в горизонтальной плоскости при помощи ручной лебедки, расположенной на верхней площадке. Для устойчивости конструкции и погашения опрокидывающего момента при подъеме груза на нижней площадке пилон устанавливались противовесы — ящики с камнем.

Пилон помещался на четырех катучих опорах, установленных на рельсах нормальной колеи, причем три из опор — двухколесные и четвертая, под мачтой деррика — четырехколесная. Передвижка его производилась ручной лебедкой. Практическая производительность такого деррика — от 10 до 12 циклов в час, что при бадьях емкостью $0,75$ м³ составляет $7,5$ — $9,0$ м³ бетона в час.

Для подъема бетона применялись металлические бадьи емкостью $0,35$ и $0,75$ м³, рассчитанные на вместимость одного замеса 500- и 1 000-л бетономешалки. Кузов бадьи подвешивался на эксцентрично помещенной оси. В поднятом положении кузов удерживался специальной вилкой, шарнирно закрепленной на стене кузова и захватывавшей подвески. Для выгрузки бадьи, поднятой над местом укладки бетона, достаточно было поднять концы вилок, после чего кузов, выведенный из состояния равновесия, опрокидывался. Эксплуатация дерриков на пилонах и шахтоподъемниках оказалась целесообразной и может быть рекомендована при общей небольшой интенсивности укладки на сооружении.

9. ТИПЫ ЭСТАКАД

Эстакады возводились для транспортеров, вагонеток и рикш, причем магистральные эстакады значительно отличались от распределительных. Эстакады были деревянные и на железобетонных стойках или металлических опорах. Деревянные эстакады были наиболее распространены на строительстве не только из-за наличия лесоматериала в достаточном количестве, но и благодаря возможности сравнительно быстрого их возведения в любых условиях.

Очень большое распространение получили на строительстве эстакады на железобетонных стойках. Такие эстакады было удобно размещать в пределах бетонизируемых частей сооружения при условии оставления железобетонных стоек в кладке бетона.

Связи между стойками были деревянные, убирающиеся по мере бетонирования. Для лучшей связи с укладываемым в блок бетоном поверхности стоек кирковались. Высота таких эстакад изменялась от 4 до 12 м. В зависимости от назначения эстакад менялась их конструкция; наиболее легкими были эстакады под распределительные транспортеры.

Эстакады на металлических стойках устраивались преимущественно зимой, когда устройство железобетонных колонн было затруднительным, а также в отдельных случаях, когда требовалась особая срочность в постройке эстакад.

Интересным представляется вариант размещения транспортеров на насадках, связывающих верхние концы опалубочных стоек шлюзных камерных стен. Это было осуществлено на шлюзе № 5 и частично на шлюзе № 1. Как показал опыт, такое устройство подмостей-эстакад под транспортеры не вызывает заметных деформаций опалубки из-за сотрясений

при работе транспортеров. Кроме того этот способ чрезвычайно экономичен и производителен по времени.

10. БУНКЕРЫ И ХОБОТЫ

Бункеры устраивались: для выгрузки бетона из бетономешалок на транспортеры; для перегрузки бетона с транспортеров в вагонетки и рикши или из вагонеток в рикши и тачки; для выгрузки бетона в хоботы с транспортеров, из вагонеток и из рикш.

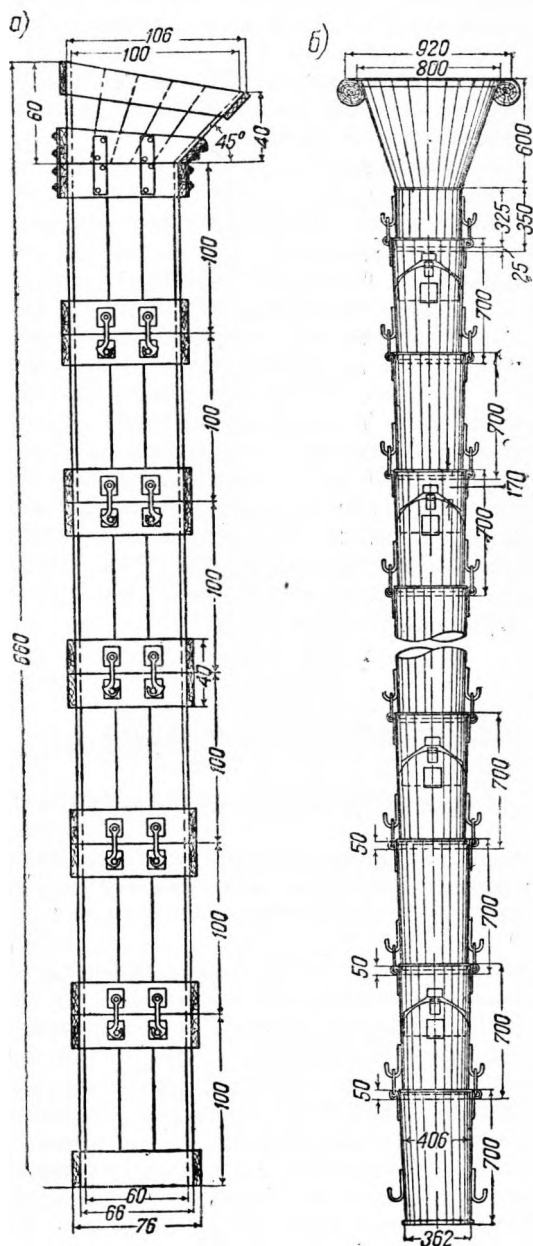
На заводах с транспортерами и 1 000-л бетономешалками у каждого агрегата был свой металлический бункер емкостью 0,75 м³, выдававший бетон через рукавотки на одну или на две транспортерные ленты. Бункер был обычной конструкции (фиг. 104, г) емкостью в один замес бетона. Эти бункеры вполне оправдали себя в работе.

Для 2 200-л бетономешалок обычно применялись деревянные бункеры (фиг. 104, в) емкостью около 2 м³. Внутри бункер обшивался кровельным железом.

Перегрузочные бункеры были различных типов и размеров в зависимости от характера транспорта, производительности бетонирования и разности отметок путей подачи бетона в бункер и путей отвозки бетона от бункера. Весьма распространен был металлический бункер, впервые примененный на Ивановской плотине для перегрузки бетона с транспортера в вагонетки «Коппель» узкой колеи. Этот бункер емкостью 1,6—2,5 м³ имел два секторных затвора. Наличие второго затвора было вызвано тем, что один затвор при пропуске бетонной смеси с трепелом часто закупоривался. Бункеры же с двумя секторами позволяли работать бесперебойно (фиг. 104, б).

Бункеры, перегружавшие бетон в рикши, делались деревянными. Обычно они имели не менее двух выгрузочных отверстий, закрывавшихся с помощью рычага щитовыми затворами, ходившими в направляющих пазах (фиг. 104, а). Объем такого бункера — 1,4 м³.

Бункеры для выгрузки бетона с транспортеров или из вагонеток в хоботы были самой простой конструкции. Такой бункер представлял со-



Фиг. 123. Хоботы для опускания бетона:
а—деревянный; б—металлический

бой небольшую воронку без всяких затворов. При вагонеточной возке бункер имел раструб размером $1,6 \times 1,0$ м и откосы, достаточно крутые для того, чтобы бетон плавно, без задержки проваливался в хобот. Это достигалось при высоте воронки в 60—70 см. При хорошо устроенном бункере рабочие лишь слегка помогали лопатой продвижению бетона в хобот.

В блок бетон подавался с помощью хоботов, преимущественно металлических. Деревянные хоботы применялись для сбрасывания бетона с высоты до 5—6 м. В этом случае хобот представлял деревянную трубу сечением в свету 40×60 см (фиг. 123, а). Внутри хобота имелись обитые кровельным железом лопасти, наклоненные под углом 60° к горизонту. Хобот состоял из отдельных секций длиной около 1,0 м, что позволяло изменять его длину.

Наибольшее распространение получили металлические секционные хоботы, через которые бетон опускался на глубину до 10—12 м (фиг. 123, б). Металлические хоботы устраивались различных размеров как без лопастей, так и с перемешивающими лопастями. Последние однако не получили большого распространения.

Нужно заметить, что бункеры, как и хоботы, являясь несложным приспособлением, все же требуют к себе большого внимания, в особенности в процессе их конструирования (размер отверстия, уклон скосов и т. п.).

Вообще же надо признать, что вопрос о транспорте бетона по вертикали вниз в настоящее время еще не может считаться решенным. При сбросе бетонной смеси вниз особо тщательно необходимо следить за перелопачиванием части бетонной смеси, отслоившейся в виде крупного отошателя по периметру основания образовавшегося конуса. Особо следует опасаться расслоения при сбросе через арматуру, когда гравий или щебень сбрасываемого в блок бетона может отсепарироваться в виде гнезд, на заполнение которых нехватит раствора, попавшего в другое место с избытком.

ГЛАВА VII

УКЛАДКА БЕТОНА

1. ХАРАКТЕРИСТИКА БЕТОНА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛА

К составам бетона в сооружениях канала Москва—Волга, как уже было указано в I части выпуска, предъявлялись особые требования, учитывающие работу бетона под напором воды и подверженность его выщелачиванию.

Таблица 58

Осадка конуса в см	
бетон с трепелом	бетон без трепела
0,0	0,5
0,5	1,0
1,0	2,0
2,0—2,5	4,0
3,0—3,5	6,0
4,0—4,5	8,0

На всех крупных сооружениях Строительства большая часть бетона приготавливалась на портландцементе с гидравлической добавкой, причем в отдельных случаях объем бетона с присадкой добавки доходил до 85% всего уложенного в сооружение бетона. В качестве гидравлической добавки был применен трепел Тентиковского месторождения, вводившийся в виде трепельно-водной суспензии.

В результате проведенных в ЦБЛ исследований минимально необходимым с точки зрения удобообрабатываемости оказалось водоцементное отношение 0,65—0,67. Поэтому и основная масса бетона, уложенного в гидротехнические сооружения канала, имела указанный водоцементный фактор. В табл. 58 показано уменьшение осадки конуса Абрамса для бетона с 20%-ной добавкой трепела по сравнению с бетоном без добавки.

В соответствии с разнообразием и многочисленностью типов бетонных сооружений канала значительным разнообразием отличались и примененные на строительстве марки бетона.

На диаграмме (фиг. 124) сопоставлены количества уложенного на строительстве бетона различных марок.

Как видим, преобладают марки 90 и 110. Из бетона этих марок построены наиболее крупные сооружения канала — шлюзы и плотины. Бетон марок 130 и 170 применен для акведуков и перекрытий насосных станций, гидроэлектростанций, дюкеров, труб и других сооружений.

Некоторые крупные сооружения потребовали применения бетона марок 300 и 500.

2. ПОДГОТОВКА БЛОКОВ К БЕТОНИРОВАНИЮ

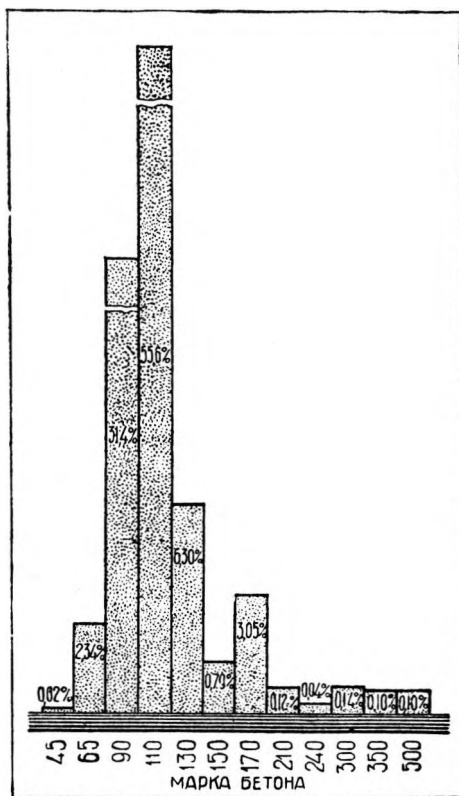
Плотная и прочная связь между отдельными блоками бетонного сооружения может быть достигнута только при укладке бетона на чистую, хорошо подготовленную поверхность. Поэтому первым требованием, предъявлявшимся на строительстве канала к производству бетонных работ, была самая тщательная подготовка места укладки бетона.

Поверхность, на которую предполагалось укладывать бетон, — будь то основание сооружения в котловане, бетонная подготовка или ранее уложенный бетон, — хорошо очищалась от грязи, мусора, щепы, а также от лишней влаги.

До начала подготовки блока заканчивались все работы по установке опалубки. Бетонирование на ранее уложенном бетоне допускалось только по достижении этим бетоном 25% проектной прочности (по прошествии примерно двух суток при нормальных условиях твердения).

Подготовка блока начиналась с уборки строительного мусора. После этого поверхность подметалась метлами. Первая, так называемая «грубая» уборка блока производилась насухо. После уборки строительного мусора удалялись деревянные корыта штраб, пробки и прочие деревянные закладные части, если такие в блоке имелись и в дальнейшем не требовались. Одновременно кирковалась бетонная поверхность. Совершенно обязательным было удаление цементной пленки, отдельных наплывов бетона и раскировка раковин, так как все это препятствует прочной связи нового бетона с ранее уложенным и создает путь для фильтрации воды по рабочему шву.

Цементная пленка и наплывы бетона тщательно скалывались кирками вместе с верхним слоем бетона примерно на 1—1,5 см. Если верхний слой бетона оказывался загрязненным и с нарушенной прочностью, то он срубался до здорового бетона. Отдельные пятна мазута, гудрона и масла, а также поверхностные раковины или скопления гравия самым тщательным образом вырубались.



Фиг. 124. Процентное распределение уложенного на строительстве бетона по маркам

Вначале удаление цементной пленки и верхнего неплотного слоя бетона производилось кирками вручную, что требовало большой затраты рабочей силы и времени. Впоследствии с пуском компрессорных установок кирки были заменены пневматическими зубилами.

К последующему бетонированию бетонная поверхность подготавливалась в отдельных случаях и непосредственно после окончания укладки. Для этого верхняя цементная пленка еще не вполне отвердевшего бетона через 12—18 час. после окончания укладки бетона в блоке снималась стальными щетками и жесткими метлами.

После того как поверхность бетона была очищена и подметена, бетон промывался водой из шлангов от центробежных или пожарных насосов. При этом сильной струей воды из брандспойта вся грязь из блока смывалась в устроенные специально для этого канавки, либо удалялась из штраб ведрами или легким переносным насосом — «лягушкой». Во время промывки поверхность блока вновь протирались жесткими метлами и металлическими щетками, которые удаляли плотно приставшую грязь и глину, не поддающиеся размыву струей воды. Промывка блока производилась последовательно в одном направлении с одновременным удалением воды из пониженных мест. Промывка блока значительно облегчалась, когда эта работа предусматривалась еще до окончания бетонирования нижнего блока, т. е. когда заранее устраивались небольшие уклоны для стока воды и необходимые отводы из пониженных мест блока и штраб.

На большинстве сооружений канала вслед за промывкой блок продувался сжатым воздухом под давлением 2—3 ат, что значительно удешевляло и ускоряло очистку. Промывка и продувка блоков производились, как правило, по нескольку раз до тех пор, пока бетон не оказывался настолько чистым, что при протирании поверхности не пачкал рук.

После очистки и промывки перед началом нового бетонирования блок осматривался и особым актом принимался комиссией в составе представителей Технической инспекции, ЦБЛ, начальника сооружения и производителя работ.

В надлежащей подготовке сооружений к бетонированию серьезнейшую роль играют организация и выполнение опалубочных и арматурных работ. Этим вопросам посвящены следующие главы. Поэтому здесь рассматриваются лишь некоторые вопросы подготовки опалубки и арматуры, непосредственно связанные с самой укладкой бетона.

Плотность опалубки, в особенности когда для тонких железобетонных конструкций применяется пластичный или даже литой бетон, имеет очень большое значение для качества поверхностного слоя бетона, впоследствии при эксплуатации непосредственно соприкасающегося с водой. Поэтому во время подготовки блоков к бетонированию приходилось также конопатить и заделывать щели и отдельные отверстия в опалубке (особенно в случае применения сырого леса). Вторично применявшиеся доски опалубки тщательно очищались от старого бетона. В летнее время, когда опалубка очень быстро высыхала, ее смачивали перед укладкой бетона, для того чтобы доски не впитывали в себя цементное молоко, а также для устранения щелей в опалубке.

Перед началом бетонирования на опалубке наносились все отметки, на которых должны были закладываться трубы, болты, анкера, пробки и т. п.

Для обеспечения хорошей, надежной связи арматуры с бетоном стержни арматуры очищались от ржавчины, грязи, жира и присохшего бетона. Такая очистка производилась частично на арматурном дворе, а частично в самом блоке во время армирования. Степень очищенности арматуры наряду с правильностью укладки ее также проверялась приемочной комиссией строительства.

Арматура очищалась не только до, но и во время бетонирования. Дело в том, что при бетонировании арматура забрызгивается бетоном,

который, засыхая, создает на ней вредную прослойку между железом и укладываемым бетоном. Поэтому во время бетонирования в сильно армированных конструкциях приходилось ставить рабочих специально для очистки арматуры. Техническому персоналу — сменному производителю работ, десятнику и лаборанту вменялось в обязанность следить также за тем, чтобы арматура не была выведена из проектного положения, что могло иметь место при применении тонких диаметров и недостаточно надежной вязке арматуры. Особое наблюдение устанавливалось за состоянием защитного слоя бетона, который при недостаточной опытности рабочих-бетонщиков также мог нарушаться.

При бетонировании сильно армированных конструкций принимались меры против повреждения и смятия арматуры: над большими блоками устраивались эстакады, на которых крепилась и сама арматура во время армирования.

3. УКЛАДКА БЕТОНА

Бетонирование блоков начиналось с укладки на зачищенную поверхность слоя цементного раствора («мягкого бетона») толщиной 1—1,5 см того же состава, что и в бетоне, подлежащем последующей укладке. Этот подстилающий слой раствора устранял возможность образования пустот. Без него не было бы гарантии в том, что при укладке первого слоя бетона его гравелины или щебенки не будут соприкоснуться с затвердевшей поверхностью ранее уложенного бетона.

В малых блоках слой раствора укладывался сразу по всей площадке блока. В больших блоках, в которых цементный раствор мог начать схватываться раньше, чем на него будет уложен первый слой бетона, укладка подстилающего слоя производилась отдельными участками.

Бетон укладывался в блоки горизонтальными слоями толщиной 15—20 см. Бетон, подававшийся через металлические звеньевые хоботы с выдвигаемыми лопастями (на некоторых сооружениях через деревянные трубы с лопастями), попадал на деревянные бойки, откуда и укладывался лопатами (гл. VI). Для возможности охватить всю площадь между хоботами без дополнительной перекидки бетона расстояние между хоботами обычно было 4—5 м. До высоты 8 м бетон опускался по хоботам преимущественно без дополнительного перелопачивания при укладке, так как расслаивания при этом не наблюдалось. При опускании на 10—12 и даже 14 м в хоботах без лопастей расслаивание бетона имело место и поэтому бетон на бойке обязательно перелопачивался.

Бетон укладывался с одной стороны блока — от одной стены опалубки до другой. Укладка велась, как правило, от большей стороны блока, что обеспечивало больший фронт загрузки бетона и следовательно большую интенсивность укладки. Полная укладка каждого слоя бетона длилась не больше 2 час. Этот оговоренный в инструкции срок обеспечивал хорошее схватывание слоев между собой и монолитность бетонной кладки. В соответствии с этим скоростью подачи бетона к месту укладки рассчитывалась так, чтобы количество поданного за 2 часа бетона было равно объему одного слоя бетона в блоке.

На многих крупных и однотипных сооружениях канала (на некоторых шлюзах, плотинах и насосных станциях) бетонирование производилось различными по площади блоками. В качестве примера можно привести совершенно однотипные сооружения — однокамерные шлюзы № 2, 3, 4, 5 и 6, где секции одного и того же размера в плане (20 × 40 м) бетонировались с разрезкой — в одном случае на 10 блоков, в другом — на 4, 6, на 8 блоков, а на шлюзе № 5 —целой секцией без разрезки на блоки. Размеры каждого отдельного блока согласовывались с мощностью обслуживающего бетонного завода и его транспортных устройств.

В случае каких-либо производственных неполадок, уменьшавших, а иногда и прерывавших подачу бетона в блок, приходилось уменьшать

слой укладываемого бетона с тем, чтобы избежать остановки в бетонировании незаконченного блока, и хотя бы тонким слоем свежего бетона перекрыть ранее уложенные слои и тем самым предупредить схватывание неперекрытого слоя. Однако на отдельных сооружениях Строительства вследствие интенсивного схватывания неперекрытого слоя (в случае высоких температур воздуха или цемента с быстрым началом схватывания) бетонирование приходилось все же прерывать, штрабить блок и выждать с дальнейшим бетонированием примерно до двух суток, пока бетон не приобретет 25% проектной прочности.

При укладке бетона особое внимание обращалось на то, чтобы гравий не скопился в так называемые гнезда, являющиеся причиной образования раковин и каверн. Такие гнезда перемешивались с «мягким» бетоном и проштыковывались. Покрывать эти гнезда мягким бетоном воспрещалось.

Хотя дозировка воды была точной и строго регламентировалась, все же имели место несколько случаев так называемого заболачивания бетона, т. е. скопления на поверхности обработанного рабочего слоя бетона излишков воды. Инструкция категорически запрещала вычерпывать или спускать эту воду из блока через опалубку, так как это могло повлечь за собой вымывание цемента из раствора. В этих случаях приходилось временно подавать более сухую бетонную смесь, направляя ее в места скопления воды и тщательно перемешивая ее с ранее уложенной смесью.

В результате скопления внутри бетона излишков воды или воздуха наблюдались также явления образования в блоке зыбких мест — трясин, подушек. С этими явлениями приходилось вести борьбу путем перелопачивания дефектных мест и тщательного штыкования.

4. ОБРАБОТКА БЕТОНА

Максимальная плотность и прочность бетона, как известно, достигаются хорошей его обработкой и уплотнением. Вопрос о плотных бетонах хорошо и экономично разрешается при употреблении жестких бетонов с низким водоцементным фактором, что возможно только при механическом уплотнении бетона.

Практика строительства неоспоримо доказала ряд преимуществ бетона, уплотненного вибрированием, главнейшие из которых: достижение высокой плотности бетона, экономия 6—8% цемента, значительная экономия рабочей силы и кроме того значительное ускорение обработки. Последнее преимущество дает возможность бетонировать блоки значительного объема, что соответствует возможностям транспортной подачи бетона и тем самым способствует общему ускорению работ.

Современные типы вибраторов безусловно позволяют обеспечить хорошую обработку бетона самых разнообразных конструкций. К сожалению строительство канала Москва—Волга не было обеспечено всеми нужными видами виброаппаратуры. Так например, хорошие стержневые вибраторы и вибробулавы были получены уже под конец бетонных работ и в ограниченном количестве.

Не повторяя данных, уже изложенных в I части (глава «Уплотнение бетонной смеси методом вибрирования»), напомним лишь, что более 50% всего объема бетона на строительстве канала было уложено с уплотнением вибраторами.

Ручная обработка бетона применялась лишь при особо стесненных условиях работы, наличии густой арматуры и применении пластичного бетона. К сооружениям с такими условиями работы относились насосные станции, гидроэлектростанции, трубы, дюкеры и некоторые другие более мелкие сооружения.

Ручная обработка бетона на этих сооружениях велась с помощью металлических штыковок и трамбовок, сечения и размеры которых были приспособлены для работы в густой арматуре. При ручной обработке особое внимание обращалось на уплотнение бетона около опалубки: здесь

бетон тщательно штыковался специальными штыковками-лопатками. Применявшееся на Днепрострое уплотнение бетона ногами на строительстве канала не практиковалось вследствие кустарности и несовершенства этого метода. Обработка бетона велась вслед за укладкой слоя, после окончания которой укладчики вновь переходили к исходному положению и продолжали укладку нового слоя на уже обработанном и уплотненном бетоне. Ручная обработка бетона, особенно в местах, стесненных арматурой, несколько задерживала темпы бетонных работ и значительно увеличивала расход рабочей силы.

Для наилучшей сохранности вибраторов и правильного обслуживания ими бетонных работ на крупных сооружениях канала были созданы специальные мастерские, и все вибраторное хозяйство сосредоточивалось у старшего электромеханика сооружения.

Обслуживание вибраторов в работе, присоединение их к сети, включение в работу и общий надзор за состоянием моторов производились специальными дежурными электриками-вибраторщиками. Время работы вибратора на одном месте было установлено в среднем около 60 сек.

Достаточное уплотнение бетона вибраторами определялось следующими признаками: после снятия вибратора поверхность бетона должна иметь маслянистый вид — выступает цементное молоко; прекращается выделение из-под вибратора и из бетона вокруг платформы пузырьков воздуха; рабочая платформа должна погрузиться в бетон не менее чем на две трети ее толщины.

Отсутствие этих показателей означало либо неудовлетворительную работу вибратора, либо неполную выдержку вибратора на одном месте, либо резкое отличие фактической консистенции бетона от проектной.

Количество вибраторов, необходимых для бетонирования блока, устанавливалось, исходя из следующего расчета: на один вибратор принималось 30 м^2 площади блока, считая производительность вибратора 5—6 м^3 бетона в час. При консистенции бетона, соответствующей осадке конуса примерно в 1—1,5 см, требовалось 45 сек. работы вибратора на одном месте. Учитывая время на перестановку вибратора, считали, что для вибрации $0,5 \text{ м}^2$ площади блока требуется 1 мин. Тогда в течение часа один вибратор может уплотнить 30 м^2 площади блока при толщине слоя 20 см, т. е. 6 м^3 бетона в час. Отсюда следовало например, что для блока площадью 400 м^2 и объемом 1 600 м^3 при средней производительности укладки бетона 80 $\text{м}^3/\text{час}$ требуется 13—14 вибраторов. Кроме того предусматривался 30%-ный запас вибраторов на случай возможного выхода их из строя. Во многих случаях из-за сложной конфигурации и насыщенности блока арматурой большие перемещения вибраторов были вообще нецелесообразны: в этих случаях количество вибраторов также увеличивалось.

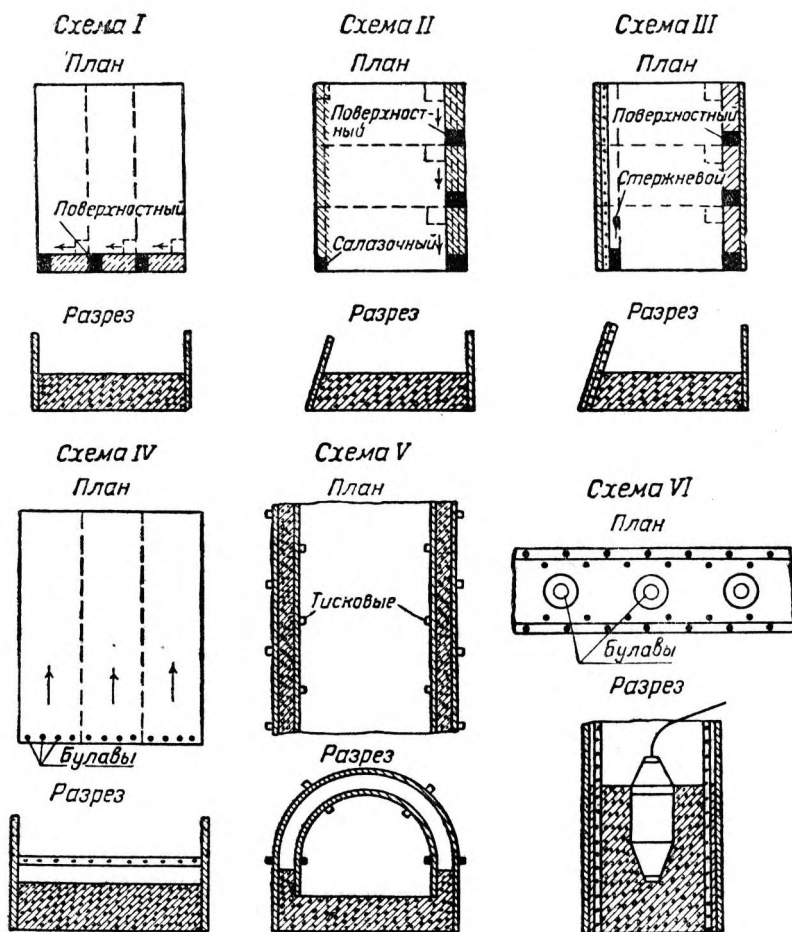
Размещение вибраторов в блоке было различным. Чаще всего группа из трех-четырех вибраторов закреплялась за определенным участком блока. Вибраторы ставились в ряд и, обрабатывая бетонную смесь, их перемещали все вместе полосами. Бетонная смесь подавалась в блок последовательно с одного конца блока в другой. Когда в конце блока подача бетона заканчивалась, а в начале блока бетон был уже уплотнен, подача бетона возобновлялась в прежнем порядке.

Последовательное перемещение вибраторов оказывало организующее влияние на подачу и укладку бетона, а потому и сам метод уплотнения вибраторами придавал укладке бетона стройную систему. По конструктивным особенностям и применению в связи с ними тех или иных типов вибраторов все элементы бетонных и железобетонных сооружений канала можно подразделить на следующие три основных типа: 1) части сооружения, весь бетон которых может быть уплотнен поверхностными вибраторами; 2) элементы, бетон которых может быть уплотнен частично поверхностными вибраторами, а частично специальными типами «внутренней» виброаппаратуры; 3) части сооружений, уплотнение бетона в которых по-

верхностными вибраторами невозможно и требует специальных внутренних или наружных виброаппаратов.

В соответствии с конструктивными особенностями тех или иных частей сооружений на строительстве канала рекомендовались различные схемы уплотнения бетона различными типами вибраторов. Эти схемы показаны на фиг. 125.

Схема 1: свободная работа поверхностных вибраторов на всей площади блока.



Фиг. 125. Схемы уплотнения бетона вибраторами различных типов

Схема II: наклонное расположение опалубки заставляет применить кроме поверхностного вибратора еще и салазочный вибратор.

Схема III: наличие вертикальной арматуры требует применения кроме поверхностных еще и стержневых вибраторов.

Схема IV: наличие густой горизонтальной арматуры затрудняет работу поверхностных вибраторов и требует применения вибробулав.

Схема V: малая толщина возводимой стенки допускает применение исключительно наружных (тисковых) вибраторов.

Схема VI: малая толщина стен, не очень сильно армированных, позволяет успешно применить вибробулаву или всплывающий вибратор.

Исходя из этих схем, необходимо было до начала работ рассмотреть конструктивные детали сооружения и в соответствии с конфигурацией и

размерами элементов, а также характером арматуры, выбрать наиболее подходящую схему вибрирования.

Фактически однако из-за отсутствия нужного ассортимента вибромеханизмов на строительстве канала приходилось работать преимущественно с поверхностными и отчасти салазочными вибраторами. Иногда приходилось идти на уплотнение бетона поверхностными вибраторами и вручную. Так например, в блоках стен камер шлюзов, бычков плотин, устоев мостов и других сооружений, соответствующих вышеуказанной схеме III, обработка бетона, расположенного у опалубки, производилась ручными штыковками и трамбовками, в то время как бетон по всей площади блока уплотнялся поверхностными вибраторами.

В днищах камер шлюзов, водобойных плитах плотин и на других крупных сооружениях, где блоки имеют густую верхнюю арматурную сетку, нижние слои бетона под сеткой уплотнялись поверхностными вибраторами, верхние же слои до сетки и в плоскости самой сетки уплотнялись вручную, так как в этих условиях невозможно работать поверхностными вибраторами, а наиболее подходящих для данной схемы виброулав на строительстве не было.

Уплотнение бетона в одном блоке разными способами, а следовательно и применение бетона разной консистенции (более жесткого для обработки вибраторами и более пластичного — для ручной обработки) создавало в блоках определенную неоднородность бетона. Однако, как показывает заграничная -практика, в частности на плотине Боулдер (США), такая комбинированная обработка бетона при тщательном выполнении работ не отражается на качестве бетона.

5. УЧЕТ РАБОТЫ ВИБРАТОРОВ И РЕЗУЛЬТАТЫ ВИБРИРОВАНИЯ БЕТОНА

Контроль и учет работы вибраторов производились на строительстве путем заполнения дежурным производителем работ и лаборантом специального журнала и рапортичек по следующей схеме:

Наименование блока	Объем уложенного бетона	Номера работающих вибраторов	Число часов работы вибраторов	Простой	Продолжительность и причины простоев

Такой учет позволял установить срок работы каждого вибратора, основные дефекты и неполадки в его работе и производительность работы вибраторов, что было особенно нужно для вибромехаников, так как помогало им исправлять обнаруженные дефекты.

В среднем ежедневно работало 45% всего парка вибраторов, что говорит как бы об излишке вибраторов на строительстве. На самом деле это объясняется следующими обстоятельствами: прежде всего 30% вибраторов были в резерве для замены вибраторов, временно выходящих из строя; кроме того продолжительная эксплуатация вибраторов довольно часто приводила к серьезным их поломкам, требовавшим длительного пребывания определенной части -вибраторов в ремонтной мастерской; наконец при укладке бетона часто имели место пиковые потребности в вибраторах, для чего также необходимо было держать определенный резерв.

По данным учетных журналов производительность поверхностных вибраторов составляла в среднем от 4,70 до 6,23 м³/час и колебалась от 3,10 до 9,60 м³/час. В табл. 59 показаны результаты работы поверхностных вибраторов на Иваньковской плотине на Волге за 4 месяца наибольшей производительности бетонных работ.

Наименование	Единица измерения	1935 г.				итого с июля по октябрь
		июль	август	сентябрь	октябрь	
Наличие вибраторов	шт.	45	45	43	33	33—45
Число дней работы вибраторов .	аппарато-дней	1 220	1 220	1 120	890	4 450
Фактически работали	То же	547	404	328	264	1 543
Использование	%	45	33	29,3	29,8	34,7
Уложено бетона	м ³	36 835	31 057	24 106	19 700	111 698
Затрачено полезной работы вибраторов	час	6 278	4 985	4 620	4 180	20 063
Средняя выработка на 1 вибратор	м ³ /час	5,86	6,23	5,21	4,70	5,56

Учетные данные по этой плотине за декабрь 1934 г. — март 1935 г. показывают среднюю производительность поверхностного вибратора — 3,08 м³/час. Данные же второго полугодия 1935 г. показывают среднюю производительность уже 5,56 м³/час, или 180% от производительности 1934 г. Эти цифры наглядно иллюстрируют постепенное освоение нового метода уплотнения бетона.

Чрезвычайно важной является величина продолжительности работы вибраторов. Вначале продолжительность была установлена ориентировочно в 500 час. На практике срок службы вибраторов доходил до 1000 час. и более, причем вибраторы, проработавшие по 1 000 час., требовали только текущего ремонта и ремонта, связанного с исправлением тех или иных конструктивных дефектов. Основными предпосылками такой продолжи-

Таблица 60

Части сооружения	Секция	Ярус	Количество бетона, уложенного вибраторами, в м ³	Количество часов работы вибраторов (машиночас.)	Производительность в м ³ /час	% вибрированного бетона в блоке	Характеристика блока по конфигурации и степени армирования
Водобой	IV	I	2 055	282	7,30	100	} Блоки большой площади, по форме простые, слабо армированные
„	II	I	1 440	185	7,80	100	
Двухъярусные секции	VIII	I	1 319	228	5,80	100	
„	VII	I	1 028	177	5,80	96	
Устой	AB	IV	352	78	4,50	90	} Блоки средних размеров, сложной формы, средние армированные
Водослив	IV	II	729	164	4,45	83	
„	I	III	970	180	5,40	88	
„	I	IV	143	37	3,85	38	} Блоки малого объема, сложной формы, сильно армированные
„	II	IV	324	56	5,80	46	
Двухъярусные секции	V	I	235	50	4,70	69	

тельности является хороший уход за вибраторами, правильное обращение с ними во время работы и тщательный надзор со стороны электриков.

Большой интерес представляют данные о влиянии характера блоков (размеров их, конфигурации и степени насыщенности арматурой) на производительность вибраторов и на величину общего процента вибрированного бетона в этом блоке или части сооружения. В табл. 60 приведены эти данные, относящиеся к отдельным частям сооружения одной бетонной плотины.

Приведенные цифры достаточно убедительно говорят о влиянии конструкций сооружений на производительность вибраторов и общий охват укладки вибрированием.

В заключение настоящей главы надо заметить, что опыт строительства канала Москва — Волга безусловно подтвердил, что вибрирование бетона является для гидротехнических сооружений мероприятием, не только облегчающим и механизующим производство работ, но **н а с т о я т е л ь н о** необходимым для обеспечения максимальной плотности бетона. В современном гидротехническом строительстве за границей, в частности во Франции и Америке, вибрирование бетона стало столь же нормальным явлением, как приготовление бетона в бетономешалках.

В этом отношении вибрирование бетона на строительстве канала Москва — Волга, достаточно широко внедренное и освоенное, дало большой сдвиг технике бетонного дела и обеспечило дальнейшее широкое применение вибрирования на стройках Союза.

ГЛАВА VIII

ОПАЛУБОЧНЫЕ РАБОТЫ

Как бетонные и железобетонные сооружения канала, так и конструкции опалубок и подмостей отличались чрезвычайным разнообразием. Разбросанность сооружений и отсутствие на некоторых строительных площадках кранового оборудования заставили пойти по пути конструирования такой опалубки, которая собирается из элементов, переносимых вручную. Это явилось причиной применения на строительстве разнообразных типов и в ряде случаев малосовершенных конструкций опалубки.

Расход опалубки колебался в очень широких пределах; так например, днища шлюза № 5 требовали $0,15 \text{ м}^2$ опалубки на 1 м^3 уложенного бетона; стенки камер верхних ярусов — $1,0—1,25 \text{ м}^2$, а некоторые тонкостенные конструкции — трубы, дюкеры и т. д. — до $4,0—5,0 \text{ м}^2$ опалубки.

На всех сооружениях канала было установлено около $2,5 \text{ млн. м}^2$ опалубки¹.

Для наиболее распространенных на канале типов сооружений, представляющих собой массивы с плоскими гранями (камеры и головы шлюзов, насосные станции, опоры мостов и головные сооружения всякого рода водосбросов и водоспусков), применялась стационарная, подвесная и разборно-щитовая опалубка.

Конструкции с криволинейными поверхностями — водосливы, трубы, колодцы, акведуки и т. д. — бетонировались в так называемой лекальной опалубке. Наконец бетон архитектурно-строительных конструкций, главным образом каркасного типа, возводился в опалубке, применяемой обычно в гражданском строительстве.

¹ Сортамент леса, употребленного на опалубку и подмости, а также расход лесных материалов на опалубочные работы приведены в разделе «Лесозаготовки и лесоснабжение» отдельного выпуска технического отчета «Вспомогательные работы на строительстве канала Москва — Волга».

Опалубка верхних ярусов на высоте до 15—18 м устанавливалась несколькими способами. На ряде сооружений стационарная опалубка наращивалась, подкосы заменялись тяжами из двух-четырех ветвей 6-мм проволоки, укреплявшимися за анкеры, выпущенные из бетона. Для установки в проектное положение опалубка растягивалась с внешней стороны вантами и оттяжками из круглого железа диаметром 8—10 мм. Таким

образом нижние ярусы оставались в опалубке до конца бетонирования сооружения.

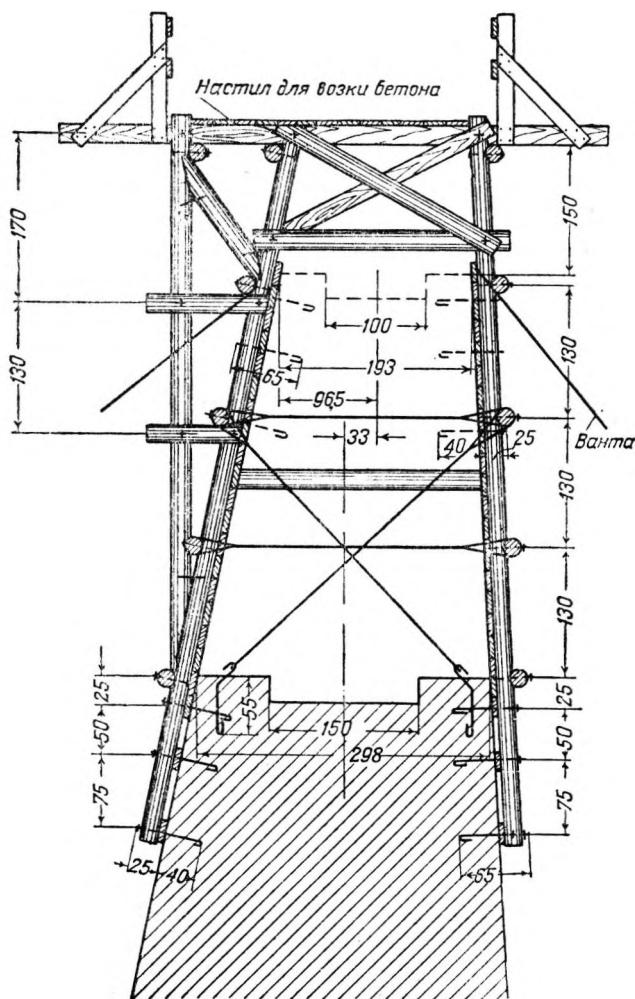
Подвесная опалубка. При бетонировании верхних ярусов значительно большее распространение получила подвесная опалубка (фиг. 128), выгодно отличающаяся тем, что ее основные стойки, будучи прикреплены к анкерным болтам нижнего яруса блоков, дают весьма жесткое защемление, причем нижние ярусы к этому времени могут быть распалублены. Как и у стационарной опалубки, возводимой наращиванием, боковое давление бетона в верхней части воспринимается тяжами. Подвесная опалубка оказалась особенно удобной при бетонировании длинных и узких блоков — шириной 2—5 м, противоположные стенки которых можно связать горизонтальными и косыми тяжами с распорками.

Система внешних растяжек, тяжей и распорок создавала устойчивую конструкцию,

легко поддающуюся выверке. Почти при всех решениях стойки опалубки помимо основного назначения служили также опорами для надблочных перекрытий, по которым развозился бетон или устанавливались ленточные транспортеры. Подвесная опалубка устанавливалась с подвесных люлек и лесов.

Благодаря указанным преимуществам подвесная опалубка получила наибольшее распространение при бетонировании стенок шлюзовых камер и всех вертикальных массивов высотой больше 6—8 м. На фиг. 129 показана подвесная опалубка стен камер шлюзов.

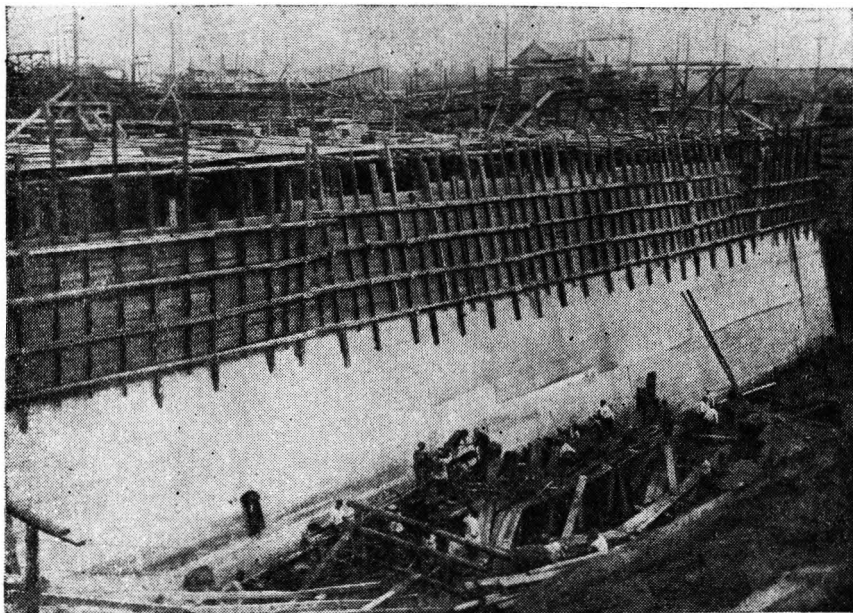
Разборно-щитовая опалубка. На сооружениях Химкинского узла блоки высотой до 4 м бетонировались в разборно-щитовой опалубке, показанной на фиг. 130. Основными элементами этой опалубки являются стандартные рамы подкосного типа с приставляющимися к ним легкими щитами размером 2,5 × 4,5 м. Рамы устанавливались и крепились аналогично стойкам стационарной опалубки. Между



Фиг. 128. Подвесная опалубка стен камер шлюзов

собой рамы связывались брусками сечением 15×20 см. К образованной таким образом плоской системе приставлялись щиты. Рамы, бруски и щиты скреплялись штырями и специальными крючками. Вес рамы и щитов позволял переносить, устанавливать и разбирать их вручную. Конструкция этой опалубки оказалась удачной и нашла широкое применение.

Как уже говорилось выше, на укладке бетона шлюзов одного из узлов применялись жесткие 3-т деррики, установленные на деревянных катучих пилонах высотой 12 м (фиг. 122). Это позволило для верхних ярусов использовать щитовую опалубку, обычно применявшуюся в гидротехническом строительстве. Выставленные щиты крепились при помощи



Фиг. 129. Подвесная опалубка стен камер шлюзов

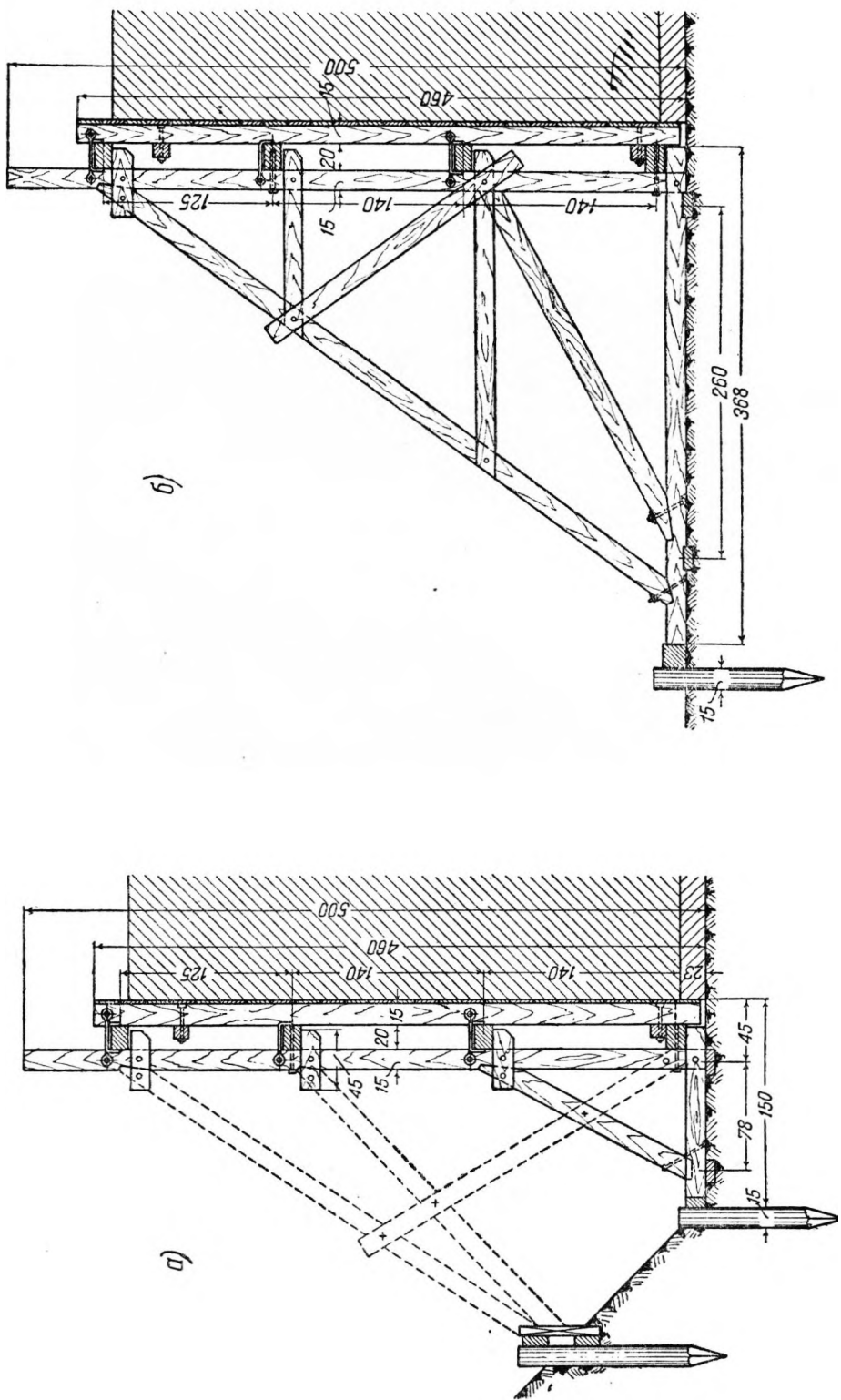
тяжей из круглого железа диаметром 25 мм, которые затем оставались в бетоне, и деревянных распорок, удаляемых по мере подъема бетона.

Благодаря механизации и большой оборачиваемости применение стационарной разборно-щитовой и щитовой опалубки дало значительную экономию в затрате рабочей силы и материалов.

Л е к а л ь н а я о п а л у б к а . При бетонировании всякого рода криволинейных поверхностей, как например водосливной части флютбета плотины, применялась лекальная опалубка. Так, опалубка гребенки одной бетонной плотины состояла из кружал пролетом 14,22 м, очерченных соответственно профилю гребенки. Опорами кружал служили железобетонные стойки, являвшиеся также опорами надбалочного настила. Кружала выверялись и раскреплялись системой распорок и винтовых растяжек. Опалубка гуська плотины была образована из ферм пролетом 12,42 м с очертанием нижнего пояса, соответствующим проектному очертанию гуська.

На фиг. 131 показана лекальная опалубка водосливной части плотины.

Конструкция опалубки в виде фермы с поясом, очерченным по проектному профилю бетона (с учетом обшивки), применялась на целом ряде сооружений. Конструкция опалубки оказалась удобной в изготовлении, установке, а также при укладке бетона. Обшивка, заранее заготовленная и подогнанная, укладывалась постепенно, не стесняя работу бетонщиков.



Фиг. 130. Разборно-щитовая опалубка для нижних ярусов:
 а — при наличии откоса; б — при отсутствии откоса

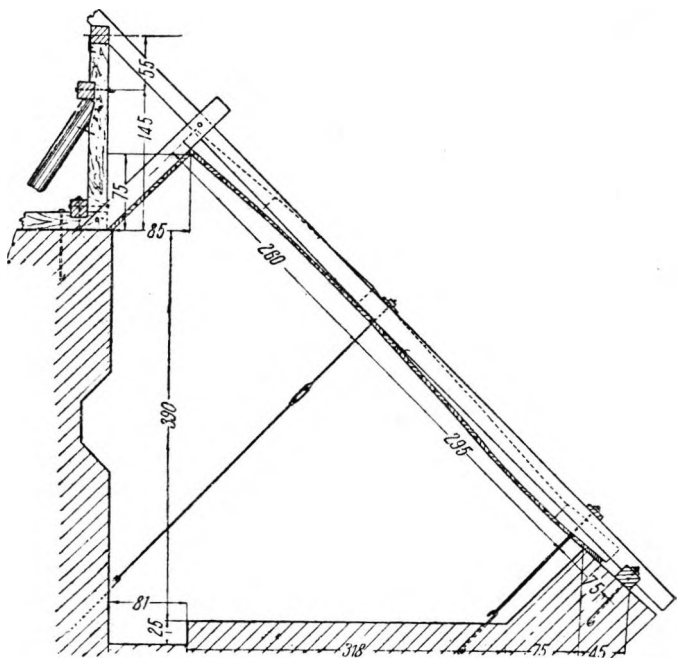
Примером опалубки массивных блоков с криволинейными гранями служит опалубка забральных балок той же плотины. Основанием ее служили подмости с парными стойками из брусьев 12×20 см, установленных через 0,75 и 1,26 м.

В насадки стоек были врублены кружала профиля, соответствующего проектному очертанию грани блока. Система стоек была связана горизонтальными и наклонными схватками и раскосами. Для возможности раскручивания стойки устанавливались на клинья с уклоном $1/12$. Распалубка шва производилась легко при помощи ломов и крючков из арматурного железа.

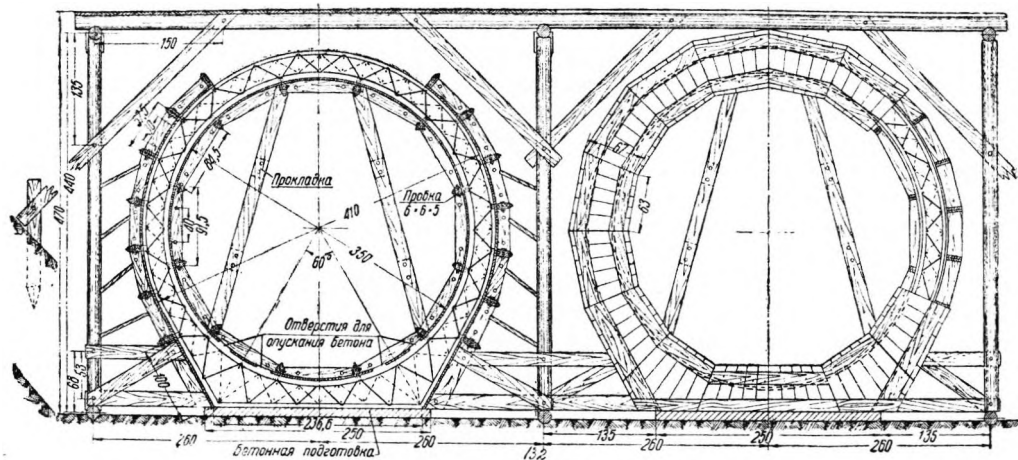
Внутренний контур опалубки труб (фиг. 132) состоял из кружал соответствующего профиля, установленных либо на ранее уложенный бетон нижней плиты, либо в случае неразрывного бетонирования - на бетонные стойки.

Кружала обшивались досками толщиной 35—40 мм; сначала устанавливалась внутренняя опалубка, затем производилось армирование, после чего возводилась опалубка внешних поверхностей.

Для внешних граней дюкеров и труб опалубка делалась обычного стационарного типа как для прямолинейных, так и для криволинейных по-



Фиг. 131. Лекальная опалубка водосливной части плотины



Фиг. 132. Опалубка трубопровода

верхностей. На фиг. 133 показан один из типов такой опалубки. Распор бетона в таких конструкциях воспринимался системой растяжек из железа диаметром 6—16 мм. Жесткость в вертикальной плоскости обеспечивалась распорками и связями кружал. Для соблюдения проектных размеров тол-

щины бетонных стенок между внутренней и внешней опалубками вставлялись дощатые распорки-шаблоны, удалявшиеся при подходе к ним бетона.

Одной из сложных работ являлась установка опалубки всасывающих труб и диффузоров (фиг. 134), представляющих собой полую конструкцию переменного сечения, являющегося переходным от прямоугольного (или эллипсообразного) к круглому с осью, изогнутой в вертикальной плоскости.

Технические условия требовали, чтобы кружала и обшивка по ним для всасывающих труб и диффузоров в гидроэлектрических и насосных станциях устанавливались с допусками не более 10 мм. Установка кружал, образующих пространственный каркас, производилась на клетках из брусьев. Опорные клетки штрабились, бетонирование штрабленной части трубы производилось по специальным шаблонам после разборки опалубки. Обшивка состояла из строганых досок толщиной 35 мм; в горловине, в местах значительной кривизны, обшивка состояла из двух-трех слоев 10-мм досок. Необходимым условием при установке опалубки сложного пространственного очертания была точная плановая и высотная разбивка.

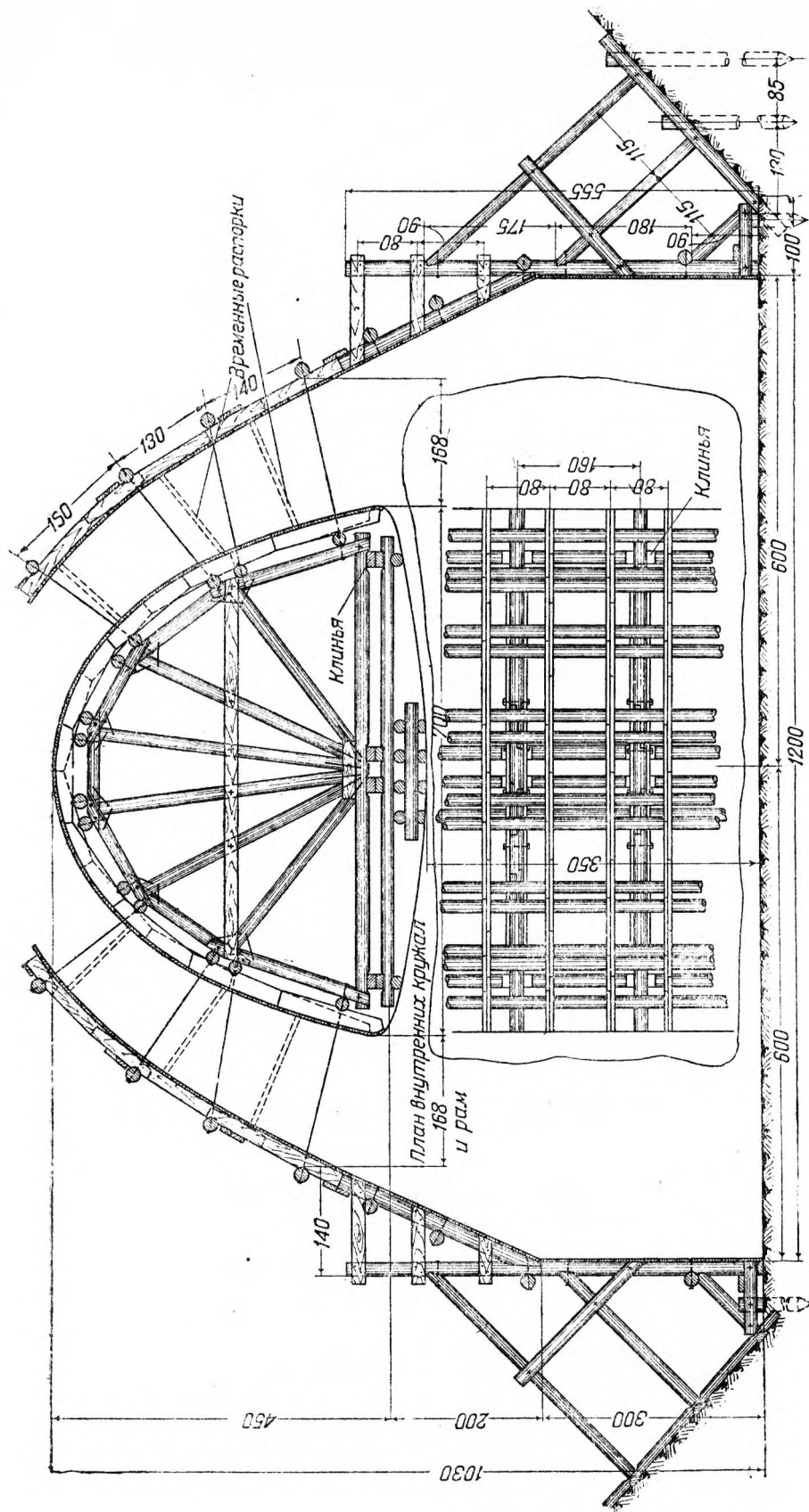
На насосной станции при шлюзе № 6 конструкция опалубки всасывающих труб была несколько изменена. Основанием каркаса здесь служила дощатая гвоздевая ферма, по очертанию поясов соответствующая продольному осевому сечению трубы. В первую очередь в проектное положение устанавливалась осевая ферма. Затем к ферме по нанесенной на ней разбивке крепились боковые полукружала, раскреплявшиеся системой раскосов, после чего каркас обшивался. Измененная конструкция оказалась удобнее при сборке и выверке, а наносимая при изготовлении фермы разбивка боковых полукружал значительно облегчала дальнейшую установку.

Близкой по конструкции к опалубке всасывающих труб является опалубка акведуков, соединяющих насосное здание с водоприемником. Арматура в акведуках устанавливалась, как правило, после окончания опалубочных работ, что, естественно, создавало для арматурщиков большие неудобства. Поэтому на насосной станции при шлюзе № 6 был проведен опыт установки арматуры днища и стенок до установки внутренней опалубки. Такая последовательность работ значительно уменьшала затраты рабочей силы на арматурные работы и на 2—3 дня ускоряла подготовку блока.

Несколько особо стоит конструкция лекальной опалубки одного из напорных трубопроводов. Армированный трубопровод внутренним диаметром 3,5 м, с толщиной стенок 0,3 м, бетонировался отдельными секциями длиной по 12,5 и 25,0 м. В результате испытаний различных конструкций была применена опалубка, показанная на фиг. 132. Она собиралась из стандартных элементов, заготовленных в опалубочной мастерской; после монтажа элементы устанавливались и крепились к арматурному каркасу трубопровода.

Конструкция отличалась легкостью, удобством сборки и значительной оборачиваемостью (до 3—4 раз). Вес отдельных элементов позволял собирать и разбирать опалубку без применения каких-либо сложных подъемных приспособлений. Внутренняя и внешняя опалубка трубы состояла из профильных щитов шириной около 0,6—0,9 м и длиной до 3,2 м. При сбалчивании бортов фланцев щиты ограничивали в поперечном сечении контур трубы. Внешняя опалубка через дощатые распорки передавала распор бетона на стойки эстакады, проходившей над котлованом трубопровода и предназначенной для подачи бетона. При наполнении формы бетоном внутреннее кольцо опалубки работало как арка; случайные вертикальные нагрузки — удары падающего бетона и пр. — воспринимались внутренними дощатыми распорками. Несмотря на легкость конструкции, опалубка обладала достаточной жесткостью.

Опалубка конструкций каркасного типа. Опалубка для



Фиг. 133. Опалубка штольни донного водоспуска

железобетонных конструкций каркасного типа устраивалась по принципам, обычно применяемым в гражданском и фабричном строительстве. В большинстве случаев опалубка устанавливалась с коренными лесами на полную высоту здания. Это вызывалось тем, что опалубочные леса использовались для всякого рода монтажных и отделочных работ.

2. ПОДМОСТИ

При бетонировании акведуков насосных станций весьма сложным оказался вопрос о конструкции подмостей. Дело в том, что подмости опалубки устанавливались на свежую засыпку пазух толщиной до 6—8 м. Это обстоятельство и вынудило строительство во избежание разрывов свежего бетона при неравномерных просадках подмостей применить предварительное обжатие подмостей нагрузкой, равной по величине расчетной. Подмости загружались песком по временному настилу, уложенному по насадкам. Загрузка выдерживалась в течение двух-трех суток. Остаточные деформации, вызванные осадкой основания и обжатием врубок, достигали 120—150 мм, упругие деформации не превосходили 25—30 мм.

Отрицательной стороной принятого типа подмостей было отсутствие приспособлений для раскружаливания, что приводило к необходимости вырубать стойки.

Все блоки, на которые бетон доставлялся тачками, рикшами, вагонетками и т. д., обычно перекрывались сплошными дощатыми настилами, одновременно служившими и для развозки бетона. При блоках шириной до 4—6 м перекрытие состояло из 16—18-см балок, уложенных по периметру на опалубку и непосредственно несших дощатый настил. При блоках шириной до 10—20 м балки укладывались по железобетонным стойкам, установленным через 4—6 м и остававшимся впоследствии в теле бетона. Стойки сечением 15 × 15—20 × 20 см бетонировались на стороне. После распалубки поверхность их накирковывалась для лучшей связи с бетоном массива. По головам стоек укладывались прогоны и лаги из 22—14-см кругляка, служившие опорами для досок настила. При бетонировании армированных плит и балок высотой до 3—4 м подмости использовались также в качестве конструкций, к которым подвешивались верхние арматурные сетки.

На строительстве железобетонного арочного моста под шоссе и городскую железную дороги, пересекающего судоходный канал, были применены подмости стоечного типа на сваях. Стойки устанавливались по фасаду через 2,24 м, в местах проездов и над опорами с пролетами соответственно 5,80 и 10,16 м, перекрываемыми подкосно-ригельной конструкцией. В поперечном сечении проезжую часть поддерживали 16 рядов стоек. Перед бетонированием подмости загружались песком весом, равным весу бетона проезжей части и арок. Раскружаливание производилось при помощи колодок Зуффера и клиньев.

Аналогичным образом были устроены подмости под арочный мост на одном из пересечений судоходного канала с железной дорогой. Здесь был принят следующий порядок бетонирования: сначала на подмостях бетонировались арки, из которых выпускалась арматура подвесок; по достижении бетоном должной прочности подмости арок разбирались; затем на нижних ярусах подмостей бетонировалась проезжая часть; подвески бетонировались после раскружаливания проезжей части.

Небезынтересна конструкция подвесных подмостей, примененных при бетонировании перекрытий некоторых насосных станций. Подмости балочного типа подвешивались к треугольным стропильным фермам пролетом около 12 м, установленным на парапетах кровли. Фермы устраивались с нисходящими раскосами из брусьев 25 × 25 см; растянутые стойки были из круглого железа сечением 36 мм; к их концам, пропущенным через нижний пояс, подвешивались при помощи тяжелой подмости. Фермы собирались на месте установки из готовых элементов. Перед установкой опа-

лубки подмости загружались кирпичом весом 18—20 т на ферму, что соответствовало их расчетной нагрузке. Остаточный прогиб ферм в пролете составлял 50—60 мм.

8. ОСНОВЫ СТАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ОПАЛУБКИ

При расчете опалубочных конструкций собственный вес сырого железобетона принимался равным $2\ 600\ \text{кг/м}^3$; в плитах и балках, особенно сильно насыщенных арматурой, учитывался фактический ее вес, вес же бетона принимался — $2\ 500\ \text{кг/м}^3$. В блоках значительной ширины при укладке бетона вручную с уплотнением его при помощи трамбовок или же обработкой штыкованием интенсивность бокового давления определялась по формуле:

$$P_1 = 6600 H + 250,$$

где P — боковое давление бетона в кг/м^2 ;

H — интенсивность бетонирования по высоте в м/час , обычно не превосходившая 0,15—0,20 м/час .

Динамическое воздействие на опалубку от падающего бетона, трамбования и т. д. принималось эквивалентным дополнительной статической нагрузке в $250\ \text{кг/м}^2$.

Для бетона, укладывавшегося с помощью вибраторов, боковое давление на основе опытов, произведенных ЦНИПС, принималось в пределах от 2 200 до 2 800 кг/м^2 .

Дальнейшие расчеты элементов опалубки и подмостей велись, как обычно, по ТУ и Н для железобетонных и деревянных конструкций.

4. ЗАГОТОВКА И ТРАНСПОРТ ОПАЛУБКИ

Элементы опалубки заготавливались в опалубочных мастерских и дворах, обычно располагавшихся вблизи сооружений. Наиболее распространенной была ручная заготовка с использованием простейшей механизации — циркульных пил и строгальных станков. Для стационарной и подвесной опалубки преимущественно заготавливались только стойки — они опиливались или окантовывались. На некоторых сооружениях взамен круглого леса частично применялся пиленый — брусья, что полностью себя оправдало. Криволинейные элементы для лекальной опалубки — кружала, ребра и др. — заготавливались на бойках по шаблонам в большинстве случаев вручную.

Заготовленные детали принимались десятником, маркировались и хранились на специальных площадках, что было довольно хлопотливым делом, так как деталей было много, а разница в их размерах была подчас небольшой.

Комплексная норма выработки (заготовка и установка) колебалась в пределах: для плоских стенок до 5—10 м^2 на человеко-смену, для криволинейных поверхностей — от 2 до 6 м^2 в зависимости от сложности опалубки и условий работы.

В зависимости от условий производства работ и веса детали опалубки подавались к месту установки автомашинами, вагонетками узкой колеи или же вручную. При установке опалубки большое значение имела своевременная и правильная плановая и высотная разбивка. Эта разбивка выполнялась специальной топографической службой.

5. СРАВНЕНИЕ РАЗНЫХ ТИПОВ ОПАЛУБКИ

Применение различных типов опалубки на строительстве канала Москва — Волга позволяет сделать следующие выводы.

Стационарная опалубка, особенно наращиваемая без разборки нижеустановленной, является во всех отношениях наименее экономичной. При такой схеме опалубочных работ консервируется большое количество лесоматериалов, исключена возможность вести параллельно очистку и засыпку пазух и гидроизоляцию бетона, схема небезопасна также в пожарном отношении. Распалубка высоких стенок со сплошной опалубкой и лесами вызывает большие затруднения из-за того, что очистке пазух мешает обычная засоренность лесов щепой, старым бетоном и другим строительным мусором. На строительстве канала подобного рода опалубочные конструкции применялись лишь там, где по соображениям производства бетонных и других работ или монтажа рядом с возводимым бетонным массивом требовались коренные леса. В этом случае стойки стационарной опалубки служили также стойками лесов. Стационарная опалубка оборачивалась не больше двух раз, причем для вторичного применения оказывалось годным 40—60% материалов. В последующем материал использовался в виде обрезков на второстепенные конструкции — настилы над блоками, тепляки и т. д.

При отсутствии на площадке кранового оборудования более экономичное решение опалубки вертикальных и наклонных стен массивов дают: для нижних ярусов — разборно-щитовая опалубка, для верхних — подвесная. Элементы разборно-щитовой опалубки удалось оборачивать 3—4 раза, причем установка ее требует значительно меньшей затраты рабочей силы; по подсчетам, произведенным на строительстве шлюзов № 7 и 8, применение разборно-щитовой опалубки уменьшает затраты квалифицированной рабочей силы — плотников — в 2—3 раза, в такой же мере снижается и расход лесоматериалов.

При подвесной опалубке верхних ярусов стойки и доски оборачивались 2—3 раза, причем каждый раз использовалось около 75% материалов. Подвесная опалубка позволяла параллельно вести все виды работ в пазухах, что было особенно важно при сжатых сроках строительства. При подвесной опалубке засоренность пазух лесоматериалами была меньшей, так как весь годный материал после распалубки использовался повторно, а небольшое количество отходов удалялось из котлована без труда.

Наиболее совершенным типом опалубки оказалась щитовая, возможность применения которой определялась наличием механизмов для ее установки. Щитовая опалубка на шлюзах № 7 и 8 оборачивалась 4 раза. Соответственно уменьшались расход лесоматериалов и потребность в рабочей силе.

Конструкции лекальной опалубки за небольшим исключением использовались только один раз. Это вызывалось не только уникальностью соответствующих бетонных конструкций, но и тем, что эти конструкции во многих случаях приходилось бетонировать почти одновременно.

ГЛАВА IX

АРМАТУРНЫЕ РАБОТЫ

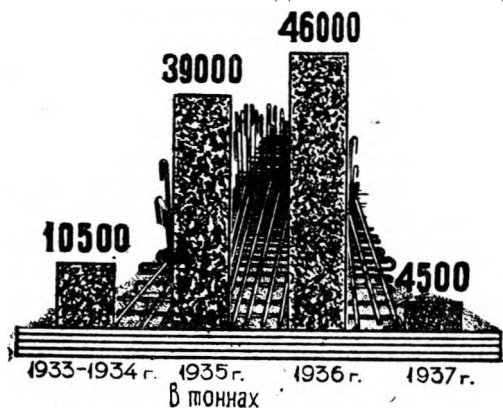
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В течение сравнительно короткого срока — трех-четырёх лет — строительству канала Москва — Волга необходимо было переработать около 100 тыс. т арматурного железа. Эта задача значительно осложнялась большим числом железобетонных сооружений, разбросанных на большом протяжении. Диаграмма (фиг. 135) показывает динамику развития арматурных работ. Как видим, наибольшие объемы работ приходились на последние годы. Насыщенность железом отдельных крупных сооружений была довольно значительна. Так например, в одну бетонную плотину уложено 5 000 т арматуры; в двухкамерные шлюзы № 7 и 8 — по 9 000 т, в однокамерные шлюзы — по 4 000 т. В среднем расход железа на 1 м³ бетонной кладки составлял 33 кг.

Арматура сооружений канала представляет собой преимущественно отдельные стержни круглого сечения диаметром 12—42 мм, длиной до 50 м, с отгибами и крюками Консидера на концах. В большинстве случаев материалом для арматуры служили сталь-3 и торговое железо.

К торговому железу предъявлялись следующие требования: временное сопротивление растяжению — не менее 30 кг/мм²; предел текучести — 19,5 кг/мм²; относительное удлинение — 20%; модуль упругости — 2 100 000 кг/см²; содержание углерода не более 0,2%; отсутствие металла, прокатанного из прибыльного конца болванки.

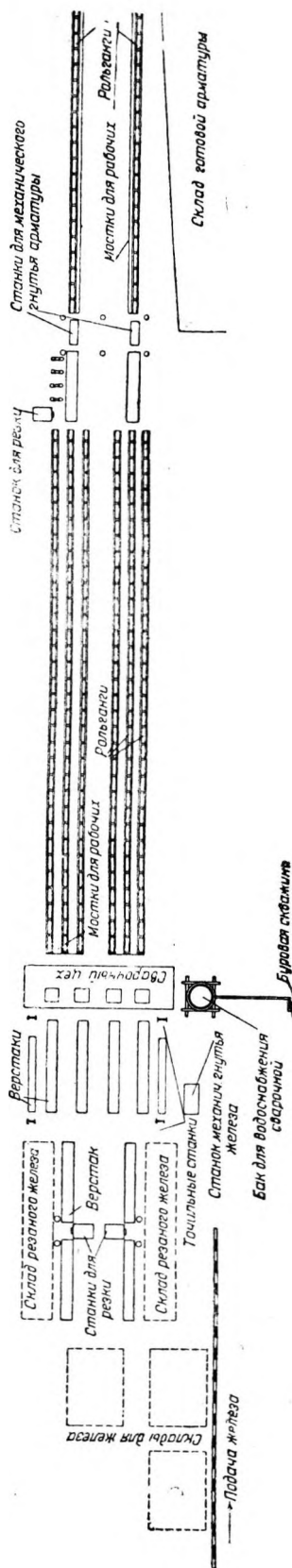
Так как торговое железо не имеет паспорта, то арматура на месте постройки проходила испытания на холодный загиб и в цент-



Фиг. 135. Динамика развития арматурных работ

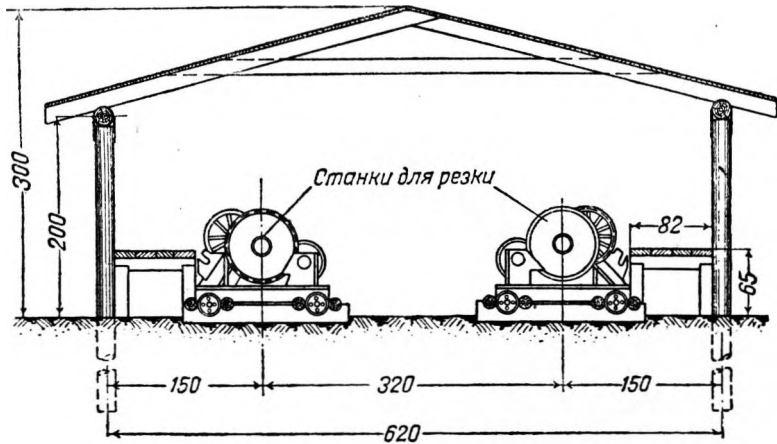
ральной лаборатории — на разрыв, предел текучести и относительное удлинение. Испытанию подвергался 1% стержней каждой партии. Для испытания на разрыв, предел текучести и относительное удлинение от каждых 20 т брались три образца длиной 12 d + 20 см. Установка арматуры в сооружение допускалась лишь после получения удовлетворительных результатов испытаний. Распределение всего количества железа по диаметрам представляется следующими цифрами: диаметром до 19 мм — 43%, от 19 до 30 мм — 22%, выше 30 мм — 35%.

Вся заготовка арматуры для каждого сооружения или узла сооружений производилась на специальном арматурном дворе или в цехе (фиг. 136). Создать централизованное хозяйство оказалось затруднительным главным образом из-за невозможности удобного перемещения значительной части готовой арматуры, представлявшей собой негабаритные грузы. Поэтому на строительстве работало около 50 арматурных цехов. Все цеха, заготавлившие арматуру, устраивались легкого открытого типа, по возможности в непосредственной близости к сооружению.



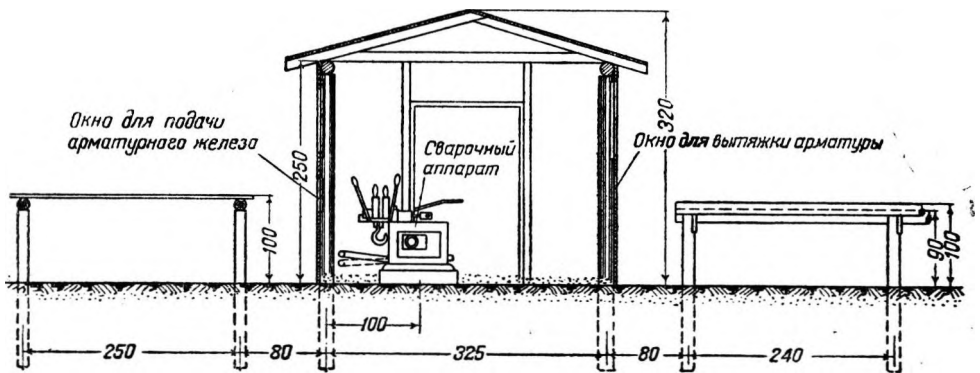
Фиг. 136. Схема арматурного двора

Почти все операции по обработке железа производились при помощи следующих механических станков: электросварочные аппараты стыковой сварки (49 шт.), электросварочные аппараты дуговой сварки (245 шт.), станки для гнутья арматуры типа «Рекорд» и «Футура» (40 шт.), механические станки для резки железа (24 шт.) и бензорезы (60 шт.).



Фиг. 137. Установка для резки железа

Технологический процесс заготовки арматуры протекал обычно следующим образом. Из складов железо поступало на разметку и резку, изогнутые стержни предварительно правились. На фиг. 137 показана установка для резки железа. Нарезанное железо либо складывалось, либо передавалось непосредственно на аппараты для заточки концов перед сваркой. При изготовлении длинных стержней часть железа миновала процесс

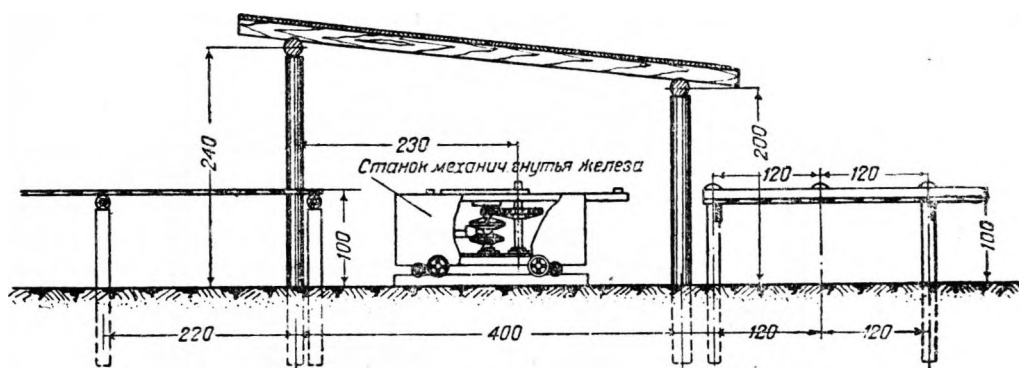


Фиг. 138. Сварочный цех

резки и после правки передавалась сразу на заточку концов. На конце прута, предназначенного быть первым в будущем длинном составном стержне, тут же загибался крюк Консидера.

Следующий этап — сварочный цех (фиг. 138), где при помощи стыковой контактной электрической сварки пруты соединялись в стержни необходимой длины. На сваренных стержнях размечались отгибы, отмечалась проектная развернутая длина стержня, лишний конец отрезался. Размеченный стержень поступал на аппарат (фиг. 139), делавший отгибы и крюк Консидера на втором конце. Заготовленные стержни маркировались и направлялись на склад готовой арматуры.

У площадок правки, резки, обточки и сварки имелись промежуточные склады, позволявшие обрабатывать железо независимо от его поступления с аппаратов предшествующих процессов обработки.

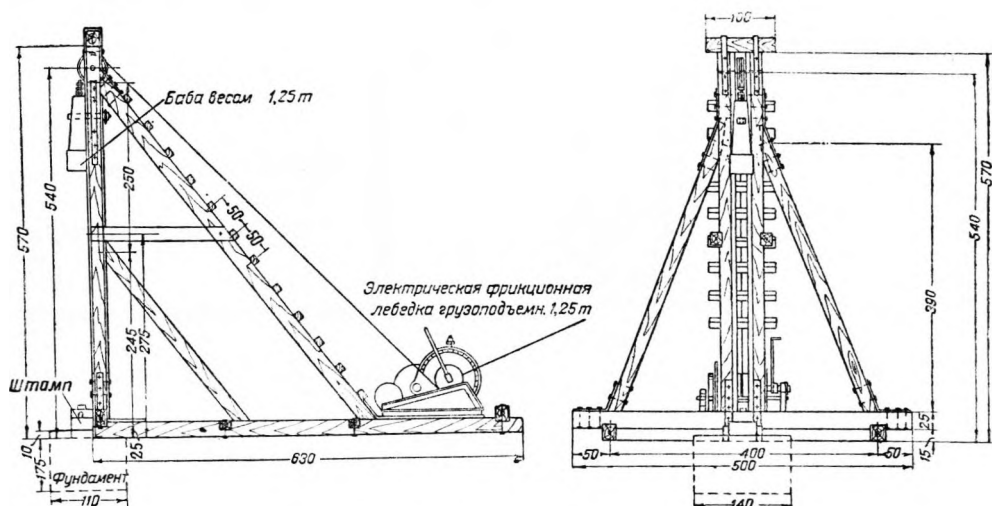


Фиг. 139. Установка для гнутья железа

Железо монтажных и распределительных стержней диаметром до 12 мм приходило в бунтах, которые растягивались, после чего арматура размечалась и нарезалась кусками необходимой длины.

2. ХРАНЕНИЕ, ПРАВКА, РЕЗКА И СВАРКА АРМАТУРЫ

Склады арматурного железа устраивались открытыми: железо по сортам размещалось на бревенчатых лагах, расположенных на песчаной подушке и покрытых дощатым настилом. В случае, когда в складе сооружения размещался и базисный склад участка строительства, для хранения железа устраивались крытые двух-трехъярусные стеллажи.



Фиг. 140. Копер для рубки арматурного железа

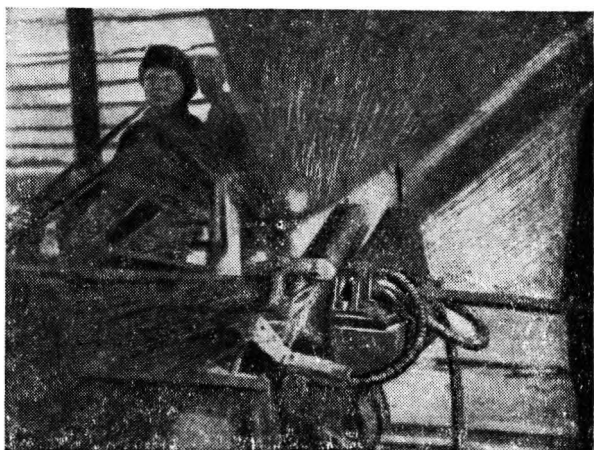
Резка железа осуществлялась обычно на механических приводных ножницах модели СССР-29. Со стороны резаков ножниц устраивались деревянные верстаки высотой 65 см, на которых обрабатываемые стержни размечались и раскладывались до и после резки. Над ножницами устраивался навес. Резка (вернее — рубка) железа диаметром более 32 мм во многих случаях производилась на специальных электрических копрах с чугунной бабой весом 1 250 кг (фиг. 140). Штамп устанавливался на чугу-

ном постаменте, покоящемся в свою очередь на бетонной подушке. Вкладыши и штампы из высококачественных сталей изготовлялись отдельно для каждого диаметра стержней.

На строительстве получила применение также бензинокислородная резка, преимущество которой заключается в возможности резки железа любых диаметров, а также в портативности режущего аппарата.

Весьма широкое применение получила на строительстве электрическая стыковая сварка арматуры, полностью исключившая обычное соединение стержней внахлестку с проволочной вязкой. При общем количестве сваренного железа 60 тыс. т, среднем диаметре железа 30 мм и средней длине стержня 6 м потребовалось сварить около 1 800 тыс. стыков. Если бы эти стыки осуществлялись внахлестку, то на каждый стык потребовался бы кусок металла длиной, равной 42 d, тогда как при сварке требовалась длина, равная 1 d. Одно это обстоятельство дало Строительству экономию до 12 тыс. т металла, что при стоимости 1 т стали 250 руб. составило сумму 3 000 000 руб. С учетом же стоимости заготовки и установки арматуры общая экономия от этого мероприятия достигла 8 000 000 руб.

Перед сваркой концы стержней затачивались на стационарных приводных наждачных станках. Станки устанавливались попарно с разрывом, равным длине наибольшего стержня, т. е. около 7—8 м. Такое расположение станков позволяло обтачивать стержни с обоих концов без переворачивания их. Приготовленные к сварке стержни укладывались на расположенных перед сварочными агрегатами специальных верстаках высотой в 1 м.



Фиг. 141. Стыковая контактная сварка арматуры на аппарате АСН-25

Электросварка арматуры производилась по методу Томсона на стыковых аппаратах типа АСН-25 (фиг. 141). Аппараты находились в специальном помещении шириной 3 м, высотой 2,5 м и длиной — в зависимости от числа аппаратов, расстояние между которыми было установлено в 2,5 м для того, чтобы один сварщик мог одновременно обслуживать два аппарата. По противопожарным условиям внутренние стены помещения штукатурились, пол делался земляным. В обеих стенках помещения перед каждым аппаратом, на высоте его губок, устраивались люки: задние — для передачи железа, прошедшего обточку, и передние для вытяжки сваренных стержней.

Поступавшие на строительство сварочные аппараты АСН-25 имели водяное охлаждение одних только губок, что не позволяло сваривать железо сечением более 800 мм² или диаметром более 32 мм. При этом на сварке стержней диаметром 32 мм предельная производительность не превышала 220—240 стыков за 8-часовую смену. Для увеличения производительности аппаратов и возможности сваривать железо диаметром более 32 мм было увеличено напряжение питающего тока, а также применено дополнительное водяное и воздушное охлаждение. Имевшиеся на строительстве аппараты АСН-25-6, рассчитанные на ток напряжением 220 в, без изменения электрической части были переключены на ток 380 в, на котором и работали безотказно. Было устроено водяное охлаждение станины аппарата и воздушное охлаждение трансформаторов. В результате этих мер удалось повысить диаметр свариваемых стержней до 42, а в отдель-

ных случаях — до 50 мм. Значительно увеличилась и производительность аппаратов. При 7-часовой норме на один аппарат в 280 стыков стержней диаметром 30 мм сварщики достигали производительности 330—350 стыков диаметром 32 мм. Рекордная производительность была достигнута 14 января 1936 г. — при сварке на двух аппаратах за 8 час. было сделано 1086 стыков стержней диаметром 32 мм.

Водоснабжение аппаратов производилось из напорного бака, расположенного на постаменте высотой не менее 5 м. Бак наполнялся водой из водопровода или специальной артезианской скважины. Для экономии воды на ряде сооружений устраивалась циркуляционная система с подачей отработанной воды от аппаратов в специальный бак, откуда она с помощью ручного $1/2$ " насоса Альвейера перекачивалась в напорный бак. При этом для охлаждения отработанной воды под напорным баком устраивалась простейшая градирня. В ряде случаев перед сварочной мастерской устраивалось помещение длиной 12—15 м, в котором стыки с целью предохранения их от резкого изменения температуры и от дождя остывали после сварки.

Вода к аппаратам подводилась по трубам диаметром 37 мм и непосредственно в станины по резиновым трубкам. По резиновым трубкам непосредственно в станины аппаратов подавался и воздух от вентилятора «Сирокко». Расход воды для охлаждения аппарата составлял в среднем 400 л/час; расход электроэнергии — около 30 квт-ч.

На Строительстве были введены жесткий контроль и приемка сварочных работ. Кроме наружного осмотра стыков 1% от общего количества сваренной встык арматуры испытывался на холодный загиб: образец должен был гнуться, не ломаясь, на 180° . Если при испытании на загиб хотя бы один стык ломался при угле меньше 90° , то испытание повторялось над удвоенным количеством стыков той же партии. Если и в этих условиях стык ломался при угле меньше 90° , то вся партия браковалась и направлялась на усиление стыков накладками длиной 6 д, приваривавшимися по всей длине с двух сторон стержня. Площадь сечения накладок определялась по формуле:

$$F_{доп} = \frac{pF - p_1F_1}{p},$$

где p — временное сопротивление арматуры;

p_1 — временное сопротивление шва;

F — площадь поперечного сечения стержня;

F_1 — площадь поперечного сечения по шву.

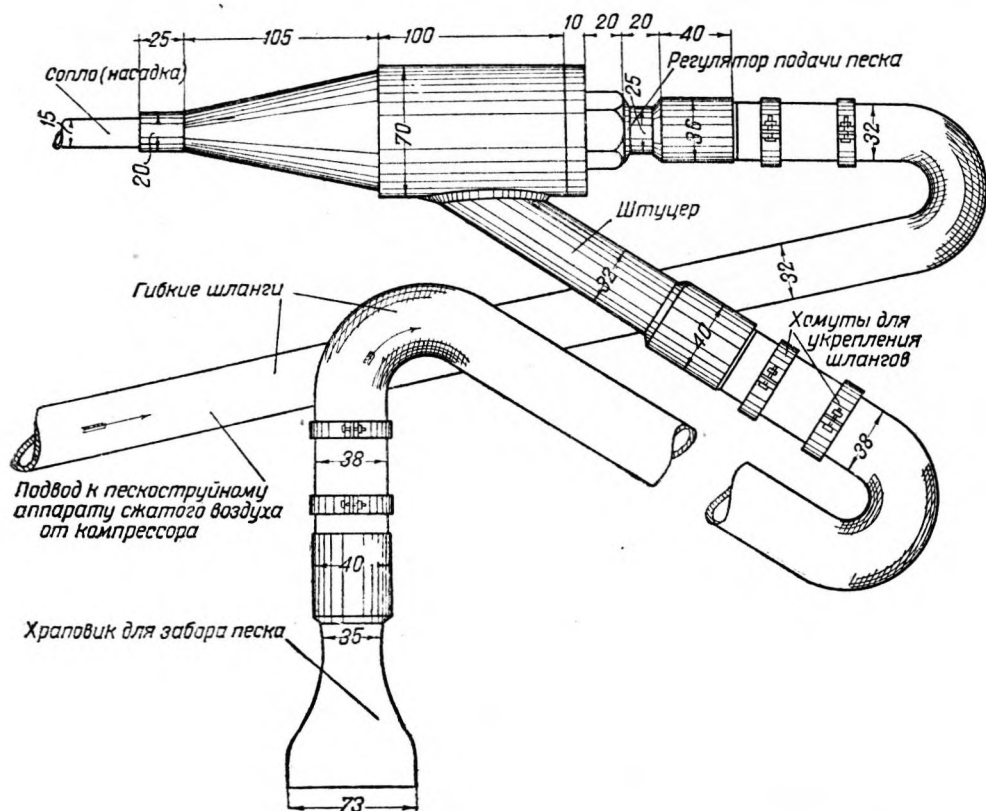
Из общего количества сваренных на строительстве 1,8 млн. стыков центральной бетонной лабораторией было испытано около 20 тыс. стыков, из которых только 650 стыков, или 3,25%, дали отрицательные результаты.

При испытании на разрыв место сварки, как правило, оказывалось прочнее железа самой арматуры: по месту сваренного стыка разорвалось всего лишь 17% стыков. Эти цифры достаточно характеризуют качество сварки на строительстве.

3. ВЫТЯЖКА, ГНУТЬЕ И ОЧИСТКА АРМАТУРЫ

По выходе из окна сварочного помещения стержень по мере наращивания вытягивался на специальных рольгангах, расположенных перед каждым сварочным аппаратом. Лучший тип рольгангов — железные ролики с осями на шариковых подшипниках. В ряде случаев для этого использовались транспортерные роликовые опоры для ленты шириной 600—750 мм. На строительстве получили большое распространение также упрощенные типы рольгангов: отрезки $1-1\frac{1}{2}$ -дюймовых газовых труб со сквозной осью из круглого 25-мм железа, а также деревянные ролики диаметром 17 см, длиной 25—30 см с вогнутой поверхностью, с краями, обтянутыми полосовым железом, и сквозной железной непод-

вижной осью, помещенной в специальных втулках. Между рядами рольгангов двух соседних сварочных аппаратов помещался средний рольганг, расположенный на линии станка для гнутья арматуры. На крайних рольгангах стержни вытягивались от сварочных аппаратов; со среднего рольганга сваренные стержни подавались к аппаратам для гнутья. Такое устройство позволяло обслуживать одним аппаратом для гнутья два стыковых сварочных аппарата. Для удобства подачи стержней с крайних рольгангов на средний последний устраивался на 10—15 см ниже и между рядами рольгангов через 1—1,2 м делались наклонные направляющие из 25-мм железа



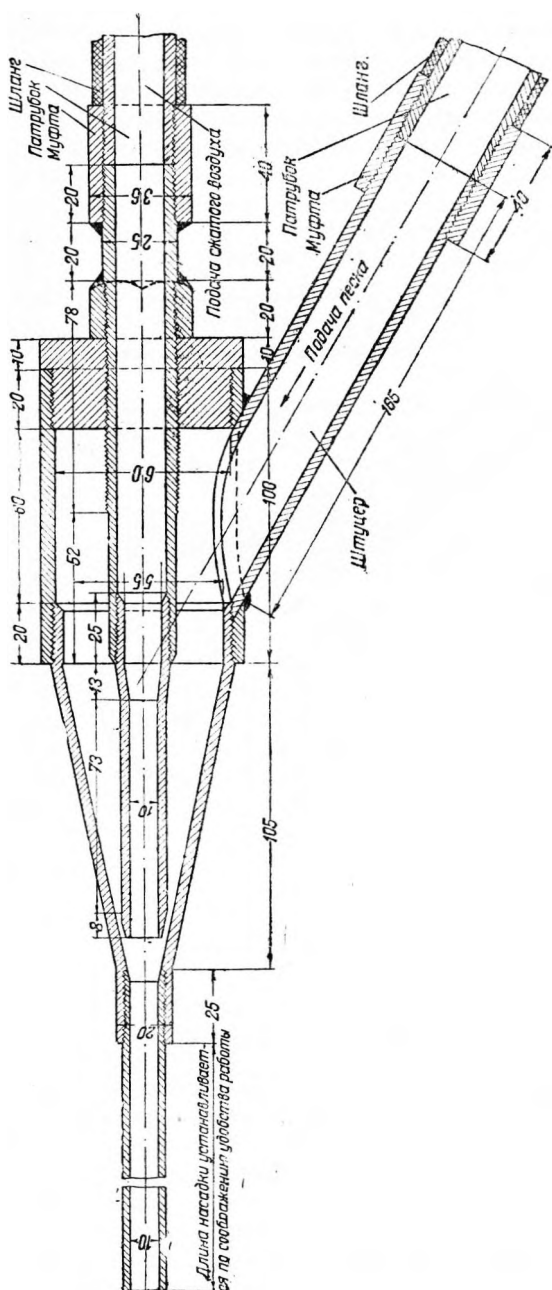
Фиг. 142. Пескоструйный аппарат для чистки арматуры (общий вид)

На уровне среднего ряда на всем протяжении между рольгангами устраивались деревянные мостики для рабочих, занятых на вытяжке и укладке стержней, а также разметке отгибов.

Длина рольгангов делалась равной длине наибольшего стержня в сооружении, что в условиях строительства составляло 40—50 м. После разметки отгибов и установления развернутой длины сваренного стержня его конец отрезался в большинстве случаев с помощью бензопилы или же на механическом приводном станке, установленном на конце рольгангов. Гнулись стержни в зависимости от диаметров на механических приводных станках типа «Футура» или «Рекорд». Станки для гнутья устанавливались под навесами. Для вытяжки стержня при производстве отгибов за аппаратами для гнутья также располагались рольганги. Однако следует заметить, что установка этих рольгангов не всегда оправдывалась, так как вытяжка на рольгангах стержня с отгибами затруднительна. Склад готовой арматуры, куда поступали стержни после гнутья, устраивался открытым.

Необходимо отметить также впервые примененный и освоенный на строительстве метод очистки арматуры от ржавчины специальным пескоструйным аппаратом (фиг. 142 и 143). Этот аппарат полностью удалял

ржавчину и очищал железо до блеска. Очистка производилась непосредственно в блоке, когда арматура была полностью установлена и смонтирована. Производительность аппарата — около 5 т 12-мм железа в час.



Фиг. 143. Пескоструйный аппарат для чистки арматуры (продольный разрез)

4. ТРАНСПОРТ, УСТАНОВКА И МОНТАЖ АРМАТУРЫ

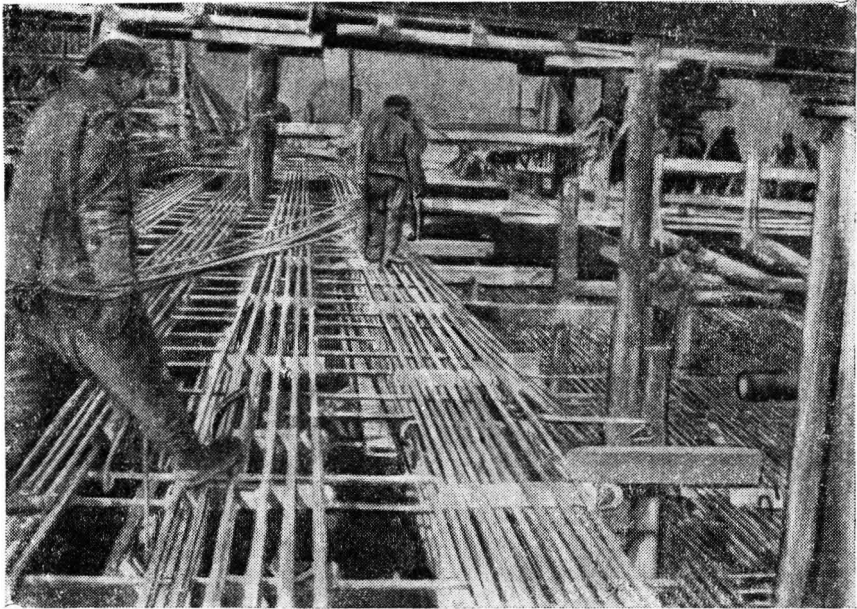
Доставка готовой арматуры из заготовительного цеха к месту установки состояла из трех этапов: горизонтальное перемещение стержней вдоль сооружения в среднем на расстояние 100—150 м, опускание в котлован на глубину до 30 м и перемещение в котловане в пределах армируемого блока. Кроме того во время перемещения стержни приходилось 1—2 раза разворачивать. Проведение подобных операций над гибкими стержнями длиной до 50 м, весом до 500 кг, имевшими отгибы высотой до 6 м, было делом крайне нелегким и, как показала практика строительства, трудно поддающимся механизации. Многочисленные попытки и предложения механизировать транспорт арматуры не увенчались успехом. Перемещение вдоль сооружения на железнодорожных платформах оказалось применимым лишь для прямых стержней и рентабельным при перевозках на значительные расстояния. Рольганговые дорожки также только частично разрешали задачу, поскольку перемещение на рольгангах стержней с отгибами затруднительно, неудачей закончились и попытки устройства монорельсовой дороги для перевозки стержней.

Поэтому на большинстве крупных массивных сооружений (шлюзы, плотины и т. д.)

длинные фасонные стержни арматуры перемещались вручную. В котлован стержни опускались преимущественно непосредственно у армируемой секции при помощи переносных «склизов» или наклонных плоскостей: стержни скользили по наклонной плоскости под действием собственного веса и небольшого подталкивания. Вручную перемещались стержни также внутри котлована и блоков, где в условиях исключительной стесненности опалубкой, эстакадами, а в зимнее время тепляками другие способы оказались неприменимыми (фиг. 144).

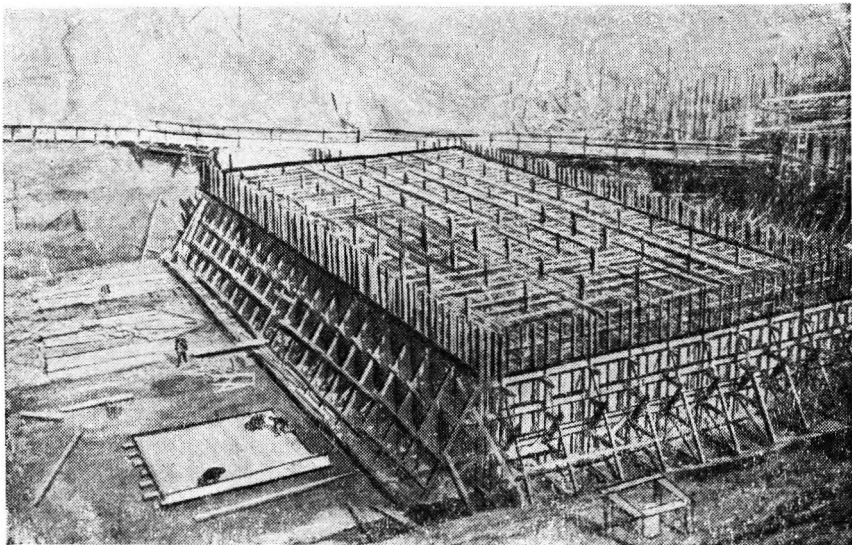
Нижние горизонтальные сетки для обеспечения защитного слоя уста-

навливались на бетонные плитки или подушки, уложенные на бетонную подготовку. Верхние горизонтальные сетки монтировались на специальных подмостях, устроенных над всей армируемой конструкцией (фиг. 145).



Фиг. 144. Монтаж верхней сетки арматуры в днище камеры шлюза

Подмости для установки верхних сеток и закрепления концов отогнутых и плавающих стержней строились с учетом использования эстакад для транспортировки бетона, расположенных внутри блоков.



Фиг. 145. Опалубка и подмости для установки арматуры в днище шлюза № 7

В плитах неразрезных конструкций (днища камер, подкоролевые конструкции голов в шлюзах) верхние сетки объединялись в пакеты, для монтажа которых требовались достаточно прочные поддерживающие под-

мости. В первое время в качестве материала для стоек подмостей применялось дерево. Однако удаление таких стоек по окончании бетонирования в большинстве случаев было чрезвычайно затруднено, несмотря на то, что их обертывали толем, заключали в дощатые конусообразные коробки, делали из хорошо остроганных круглых бревен. Трудность удаления таких стоек приводила в некоторых случаях к необходимости даже выжигать и выдалбливать их при помощи станков «Сандерсон». Несколько лучшим оказалась строганая конусообразная круглая стойка, удаление которой из бетона производилось при помощи домкратов. Однако после удаления стойки в бетоне всегда оставалась глубокая узкая ниша, засоренная щепой, толем и т. д. Очищать эту нишу и придавать ей шероховатость для лучшего сопряжения с заделочным бетоном было весьма затруднительно.

Поэтому в последующем для подмостей стали применять стойки, остающиеся в бетонной кладке. При необходимости устройства подмостей сразу на большую высоту (что имело место в случае бетонирования плит в один прием по высоте, например на шлюзе № 5) такие стойки устраивались в виде железобетонных колонн. В днище камеры шлюза № 5 колонны делались сечением 18×18 м и устанавливались на плитки размерами $50 \times 50 \times 8$ см. Монтаж пакетов арматуры производился на горизонтальных двухсторонних деревянных схватках, устроенных в верхней части колонн.

После монтажа пакетов и взаимной увязки их распределительной арматурой пакеты подвешивались на специальных вязках из 10-мм проволоки к бревенчатым прогонам, устроенным над стойками. Подвеска пакетов после монтажа была необходимой для возможности уборки деревянных схваток, расположенных в теле блока.

Обычно колонны делались из бетона той же марки, что и бетон в самом сооружении. Однако в случаях быстрого введения колонн в эксплуатацию применялся высокосортный цемент или же добавка ускорителей твердения (хлористого кальция). Для лучшей связи с бетоном сооружения поверхности колонн насекались.

При монтаже пакетов верхней сетки на небольшой высоте (что имело место например на сооружении шлюза № 1, где днище камеры шлюза бетонировалось по высоте в два приема) устраивались ряды парных стоек из арматурного 32-мм железа. В верхней части к каждой паре стоек приваривались горизонтальные элементы по числу рядов рабочей арматуры. В некоторых случаях в качестве стоек применялись старые рельсы и профильное железо.

Обычная вязка рабочей арматуры и распределительных стержней во многих случаях была успешно заменена сваркой узлов. Производительность монтажа при этом сильно возросла: как показал опыт, один сварщик свободно изготовлял от 1,5 до 3 узлов в 1 мин.

На насосно-очистительной станции с успехом варились сетки для башмаков колонн. При этом норма ручной вязки, составлявшая три сетки на 1 чел.-день, перевыполнялась в 3—4 раза. Вследствие получаемой при сварке жесткости конструкции оказалось возможным сваривать узлы через один. Это обстоятельство дало возможность увеличить производительность еще на 30%.

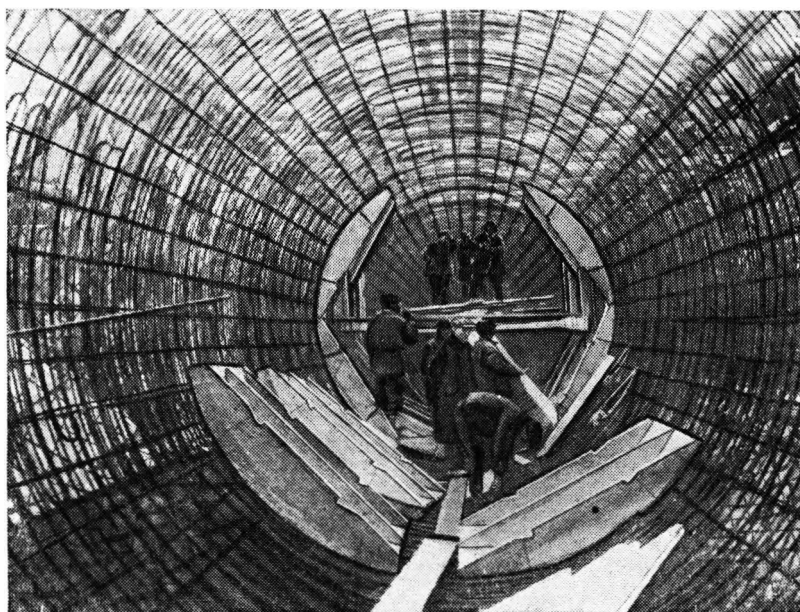
Как видно из изложенного, на строительстве канала не удалось механизировать весь цикл арматурных работ. При достаточной механизации заготовки арматуры, широком внедрении сварки в заготовительные и монтажные операции, транспорт и установка арматуры производились в основном вручную. Естественно, что это шло вразрез с огромными возможностями механизированной бетонной кладки. Поэтому на большинстве крупных сооружений так называемая «подготовка фронта» занимала в 2—3 раза больше времени, чем сама бетонная кладка.

Армирование сооружений отдельными стержнями имеет ряд и других существенных недостатков. Так, уплотнение бетона в пакетах арма-

турных сеток оказалось крайне затруднительным; в верхних частях плит практически не удалось добиться достаточной уплотненности бетона, и их на многих сооружениях пришлось цементировать. Кроме того верхние арматурные сетки затрудняют уплотнение вибраторами бетонной смеси верхних частей плит толщиной 80—100 см. К недостаткам армирования отдельными стержнями следует отнести также необходимость устройства специальных громоздких подмостей для установки и монтажа верхних сеток.

На основе изложенного следует заключить, что армирование крупных гидротехнических сооружений отдельными стержнями диаметром до 42 мм ставит ряд производственных ограничений.

На строительстве канала Москва — Волга были попытки индустриализовать цикл арматурных работ переходом на сборные сварные арматурные



Фиг. 146. Армирование трубопровода

конструкции. Так, в одном строительном районе арматура для железобетонного водовода заготавливалась в центральном цехе и развозилась на места установки на автомашинах. Эта арматура представляла собой плоские круглые фермы диаметром 3,5 м, состоявшие из двух колец диаметром 12 мм, связанных двойным переплетом (змейкой) из железа диаметром в 6 мм.

На фиг. 146 показано подобное армирование трубопровода.

Все сопряжения элементов выполнялись при помощи сварки. Конструкция оказалась настолько жесткой, что при транспорте и установке никаких деформаций не испытывала. В дальнейшем сетки с успехом использовались даже для крепления к ним внутренней опалубки трубопровода.

На основе полученного опыта коллектив отдела бетонных работ Строительства в 1937 г. разработал в схематическом виде метод индустриализации арматурных работ для крупных гидротехнических сооружений. Основа предложенного метода заключается в переходе от обычной прутковой арматуры к сварным жестким конструкциям из железа крупных диаметров (до 90—100 мм). Эти арматурные конструкции предполагалось за-

готовлять в специальных механизированных цехах и устанавливать в блоки при помощи кабельных и других кранов.

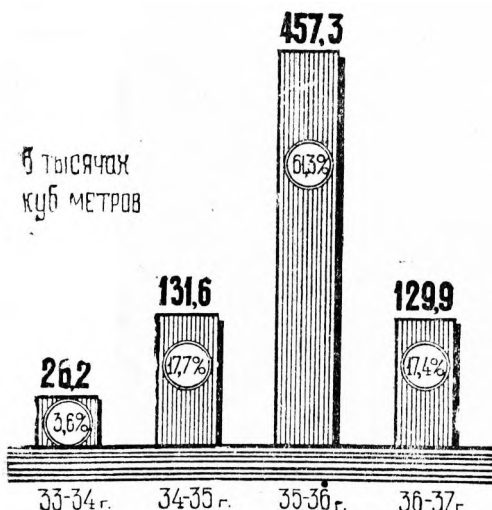
Опыты в полупроизводственной обстановке, поставленные со сварной фермой на Волгострое, вполне подтвердили практическую возможность и целесообразность работы с такой арматурой. В настоящее время на сооружениях Волгостроя этот метод арматурных работ широко используется.

ГЛАВА X

БЕТОНИРОВАНИЕ ЗИМОЙ

1. ОСОБЕННОСТИ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ

Настроительстве канала Москва — Волга большие объемы бетона уложены в условиях зимы. Зимняя кладка составляет около 23% всего уложенного бетона — 745 тыс. м³. Динамика зимнего бетонирования по годам видна на диаграмме (фиг. 147).



Фиг. 147. Динамика зимнего бетонирования по годам

В зависимости от конструктивных особенностей элементов бетонирования на строительстве канала производилось либо по принципу термоса (массивные блоки), либо в тепляках и в термоактивной опалубке (более мелкие конструкции и ажурный бетон).

На ряде сооружений в зависимости от местных условий применялась комбинация перечисленных методов укладки бетона. Применение всякого рода химических добавок, имеющих целью понизить температуру замерзания воды и ускорить процесс твердения, как правило, запрещалось.

2. ПОДОГРЕВ СОСТАВЛЯЮЩИХ

На сооружениях канала основная масса инертных материалов подогревалась паром. В небольшом количестве применялся и огневой подогрев. Способ подогрева составляющих определялся объемом бетонных работ, наличием оборудования и рядом других местных причин.

Степень подогрева материалов регулировалась таким образом, чтобы при всех потерях тепла температура бетона при укладке была не ниже +10°. Для ускорения и облегчения тепловых расчетов производственники и работники бетонных лабораторий пользовались типовой табл. 61, рекомендованной инструкцией по зимнему бетонированию.

Указанная в таблице температура бетона после укладки является ориентировочной, так как зависит от ряда причин: модуля поверхности массива, способа транспортирования, характера конструкции, утепления и т. д.

При подогреве инертных паром схема подогрева назначалась из соображений максимальной влажности материалов. Как уже отмечалось, пуццоланизация цемента требовала присадки около 20% трепела при максимальной концентрации трепельного молока 1,28—1,35, что и определяло предельно допустимую влажность для песка в 5% и гравия в 3%. По этим соображениям для подогрева гравия был принят острый пар, а для песка — закрытый пар (система радиаторов).

Температура наружного воздуха в °С	Температура материалов в °С					Темпера- тура смеси в °С	Темпера- тура бетона при выходе из бетоно- мешалки в °С	Темпера- тура бето- на после укладки в °С
	це- мент	трепель- ное молоко	вода	песок	гравий			
-7,0	0	+80	+80	+20	+10	+31,4	+26	+15,1
-12,5	0	+80	+80	+40	+10	+36,2	+29	+15,3
-20,0	0	+80	+80	+40	+20	+40,4	+33	+15,5
-33,5	0	+90	+90	+60	+40	+57,0	+42	+17,0
0,0	0	+80	+80	+5	+4	+25,1	+20	+18,4
-33,0	0	+90	+90	+15	+70	+54,7	+39	+16,2

В ряде случаев при сильном понижении температуры и смерзшемся песке приходилось идти на обогрев и песка острым паром, так как обогрев закрытым паром часто не давал желаемого результата.

При мелких обособленных бетонных работах применялся огневой способ подогрева инертных — на печах, плитах и т. д. Особенно широко огневой подогрев песка применялся для торкретных работ, и не только в зимнее, но и в летнее время (торкретные аппараты работали на сухом песке).

Наиболее употребительной была комбинированная печь (фиг. 148). Из топливника продукты горения поступали в жаровые железные трубы диаметром 100 мм, пропущенные через V-образную трехсекционную камеру, заполненную подогреваемым материалом. Камера загружалась инертными через открытый верх, а опорожнялась через тчки внизу камеры. При подогреве инертных от -8 — -10° до $+10^{\circ}$ средняя производительность печи была равна 8—10 м³/час. Вода нагревалась в примитивном экономайзере, смонтированном в специальной камере за печью. Эта схема выгодно отличается тем, что на подогреве воды используется тепло отходящих газов, обычно выбрасываемое в атмосферу. Нагревательное устройство дает около 1,0 м³ воды в час с температурой до 70—80°.

Кроме этого на строительстве применялся и другой улучшенный вариант печи типа Цинкостроя. По принципу работы эта печь аналогична рассмотренной и отличается лишь деталями топочного устройства и загрузочной камеры. Производительность ее — до 6 м³ инертных в час, подогреваемых до 40°. При небольших объемах работ для подогрева гравия и песка применялись также плиты, состоявшие из кирпичной топочной камеры, перекрытой котельным железом толщиной 8—40 мм, на котором и происходил нагрев материала.

Топливом для печей и плит служили дрова, обрезки леса, строительная щепа и другие древесные отходы. Коэффициент полезного действия таких печей не превышал 25—35%, а плит—10%.

Для уменьшения потерь тепла при транспортировке подогретого материала к бетономешалкам печи и плиты устанавливались в отепленном помещении, обычно рядом с бетонным заводом. Гравий, а частично и песок подогревались острым паром, обычно в бункерах бетонного завода или при недостаточной их емкости — на площадках вблизи бункеров. Обогрев в бетонном заводе, особенно в бункерах, был удобен, так как позволял сохранять летнюю схему транспорта материалов. При этом все тепловые потери в разводящих трубах служили дополнительным отоплением завода. Для обогрева острым паром бункеры над дозаторами были оборудованы разводящей системой труб, пронизывающих бункер. Обогревательная батарея сваривалась из газовых труб диаметром 25—50 мм и в готовом виде устанавливалась на место. На фиг. 149 показана паро-

распределительная клетка для подогрева песка в бункерах бетонного завода.

Батарея присоединялась через вентиль к паропроводу из котельной. Трубки через каждые 100—200 мм по длине имели 3—5-мм отверстия для выпуска пара в обогреваемую среду. Интенсивность подогрева регулировалась вентилем на отводе паропровода.

Для непрерывной работы бетономешалок при паровом подогреве инертных в бункерах требуется иметь на каждую бетономешалку объем не меньше 3—4-часового запаса материалов. При непрерывной загрузке такого бункера материал за время его пребывания в бункере успевает прогреться до 40—50°; в противном случае необходимо делать на каждую бетономешалку по два бункера, один из которых находится под прогревом, из второго же расходуется прогретый материал.

На строительстве применялся также метод последовательной работы бетономешалок; на время прогрева песка и щебня часть бетономешалок останавливалась. Это было возможно, потому что производительность бетонных заводов рассчитывалась на летние пики работ.

При прогреве острым паром давление пара в паропровode должно быть не менее 3—4 ат; при меньшем давлении чрезмерно увеличивается время прогрева. В условиях строительства, при наличии котельных, дававших пар давлением 6—8 ат, требуемые 3—4 ат легко поддерживались у обогревательных приборов.

Паровая игла, служившая для прогрева материала в кучах, закромах, вагонетках и т. д., состояла из трубки диаметром 32 мм, соединенной с паропроводом гибким шлангом; в рабочей части тело трубки снабжалось рядом отверстий для выпуска пара. Для прогрева на площадках применялись переносные решетки. Решетками и иглами инертные подогревались в том случае, когда для этой цели почему-либо нельзя было использовать бункеры завода.

Отрицательной стороной прогрева острым паром являются сильное парение из бункеров и штабелей и осаждение конденсата.

Для подогрева песка закрытым паром применялись нагревательные батареи из вертикальных трубок диаметром 32—75 мм. Верхнее распределительное кольцо батареи присоединяется к паропроводу из котельной, нижние же концы труб объединяются в сборное кольцо, заканчивающееся патрубком для отвода конденсата. Конденсат использовался для подогрева воды и трепельного молока на бетонном заводе.

Главным недостатком системы закрытых батарей являлась их малая теплоотдача; при увеличении же площади нагрева за счет насыщения трубами чрезмерно увеличивались громоздкость батарей, сложность их изготовления и ремонта.

Теплоотдача батареи определялась по известной формуле:

$$W = FK \left(\frac{T_1 + T_2}{2} - \frac{t_1 + t_2}{2} \right),$$

где W —теплоотдача системы в ккал/час;

F —поверхность нагрева системы в m^2 ;

T_1 — начальная температура пара;

T_2 —температура конденсации пара;

t_1 —начальная температура подогреваемой среды;

t_2 — конечная температура подогреваемой среды;

K —эмпирический коэффициент теплоотдачи системы, значение которого для песка и гравия колеблется от 25 до 30 ккал/ m^2 час.

Батареи для нагревания песка обычно монтировались в бункерах завода, либо просто укладывались на настил перекрытия рядом с бункером. В последнем случае песок наваливался над батареей штабелем.

Подогрев воды и трепельного молока производился в баках (фиг. 150) путем пропуска пара через сварной трубчатый обогреватель непосредственно в смесительный бак для трепельного молока или бак для воды.

Степень подогрева регулировалась впускным вентилем. Принятая система подогрева воды оказалась весьма удобной и надежной.

Вода и трепельное молоко подогревались до 80° и в исключительных случаях до 90° . Обычно для дополнительного подогрева в дозировочные бачки также подводился пар; это было резервной подачей на случай остановки бетономешалки или подачи в бачок недостаточно подогретой воды или трепельного молока.

8. ОТЕПЛЕНИЕ БЕТОННЫХ ЗАВОДОВ

На строительстве канала часть бетонных заводов была запроектирована с учетом производства работ в зимнее время, другая часть была мало приспособлена для ведения работ в зимних условиях. Однако по ряду причин летним заводам приходилось продолжать работать и зимой. Приспособление таких заводов к зимним условиям оказалось чрезвычайно трудным делом.

Основные мероприятия такого приспособления заключались в утеплении зданий и монтаже отопительных устройств, утеплении водопроводных и паропроводных линий и соответственной подготовке транспорта для бетона.

Большинство выстроенных заводов представляло собой многоэтажные каркасные здания с 30—40-мм обшивкой или рубленого типа из брусев. Каркасные здания утеплялись второй обшивкой и засыпкой промежутка толщиной 15—20 см опилками. Таким же путем утеплялись перекрытия.

Непременным условием хорошей теплозащиты являлось тщательное утепление углов, карнизов, потолочных перекрытий и прочих выступающих частей. Число входных дверей и ворот сводилось к минимуму; где возможно, двери заменялись люками с самозакрывающимися крышками; внешние входы оборудовались тамбурами; двери обшивались соломенными матами и рогами. На воротах и дверях с постоянным движением применялись дополнительные брезентовые фартуки. Утепление зданий рубленого типа заключалась в заделке щелей, оборудовании утепленных входов и утеплении отдельных конструктивных деталей.

Для всех бетонных заводов (за исключением временно устанавливаемых бетономешалок) было принято паровое отопление. Отопительными приборами служили радиаторы или железные трубы диаметром 75—250 мм; конденсат из системы использовался для подогрева воды или выпускался наружу. На паровой магистрали в заводе предусматривались отводы из гибкого шланга, которые в случае необходимости позволяли продувать паром бетономешалки, бункеры и вагонетки для бетона. В дозировочном помещении поддерживалась температура до $+8—10^{\circ}$, а в тамбурах для загрузки $+5—8^{\circ}$.

4. ОТЕПЛЕНИЕ БЛОКОВ

Техническими условиями на зимнее бетонирование требовалось, чтобы уклад бетона в блоки производилась при температуре воздуха не ниже $+4^{\circ}$. В процессе твердения бетону создавались условия, необходимые для достижения им 70%-ной прочности. Этими требованиями определялся и круг мероприятий, необходимых для утепления блоков.

Температурный режим бетонирования контролировался представителями технической инспекции и постоянно дежурившими работниками полевых бетонных лабораторий.

Типовое утепление массивных блоков состояло из утепленной опалубки, расположенной на 1,30 - 1,60 м выше отметки верха бетона, и утепленного перекрытия, опиравшегося на стойки опалубки. По перекрытию через 2—4 м в обоих направлениях устанавливались воронки с хоботами для опускания бетона, соединявшиеся системой путей с местом выдачи бетона. Воронки снабжались утепленными крышками, открывающимися только

в момент выгрузки бетона; для сообщения с блоком на перекрытии устраивался также вход с тамбуром.

Стены блока—опалубка—отеплялись по-разному в зависимости от наличия теплоизоляционных материалов, рабочей силы и ряда других причин. Наиболее распространенным было устройство двойной опалубки с заполнением пространства между опалубкой и внешней обшивкой опилками, сухим мхом и т. п. Довольно часто применялись также фибролитовые плиты, соломенные маты и другие кусковые материалы. Наиболее практичными в термическом отношении оказались сухие опилки, позволявшие поддерживать в блоке требуемую температуру при температурах наружного воздуха—20—25°. Надблочное перекрытие отеплялось обычно брезентами, фибролитовыми плитами и матами. При использовании для этой цели опилок на настил предварительно укладывался или брезент или толь, чтобы предотвратить просыпание опилок в блок.

На ряде сооружений, например на шлюзах двух значительных узлов, применялась несколько измененная схема отепления блоков. Верхний настил над блоком не утеплялся, над ним устраивался теплый шатер из досок или брезента, а перегрузка бетона в приемные воронки происходила в защищенном помещении. Однако такие шатровые тепляки оказались невыгодными, так как из-за большого объема тепляка трудно было поддерживать в блоке требуемую температуру; кроме того усложнялась подготовка блока к бетонированию. При температурах наружного воздуха до —5° специальные покрытия над блоками не устраивались.

В блоках необходимая температура поддерживалась при помощи железных печей-временок, парового и электрического отопления. Наиболее распространены были печи-временки, отапливавшиеся мелкими дровами и щепой. Временки подвешивались к арматуре или перекрытию; дымовые трубы выводились через настил перекрытия.

К достоинству временок следует отнести их большую теплоотдачу, легкость установки и разборки, быстрый нагрев воздуха в блоке. По мере подъема бетона печи переставлялись выше или часть их убиралась совсем; маневрируя печами, при хорошо отепленной опалубке на поверхности бетона легко поддерживали температуру в 8—12°. Число временок на 1000 м³ тепляка при сильных морозах доходило до 10—12 шт.

В углах при частой арматурной сетке и во всех трудно доступных местах использовались открытые печи без труб (мангалы), отапливавшиеся древесным углем. Паровое отопление применялось в больших блоках, в которых имелось свободное место для установки отопительных приборов. В акведуках насосных станций приборы монтировались на кружалах внутренней опалубки трубы. В качестве приборов отопления использовались радиаторы или трубы диаметром 75—400 мм. Трубы больших диаметров (250—400 мм) устанавливались в виде отдельных 3—5-м секций, последовательно соединявшихся паровой трубой диаметром 32—50 мм. Одним концом такая система присоединялась к паропроводу из котельной, через другой конец конденсат либо выпускался в воздух, либо использовался для нагрева воды.

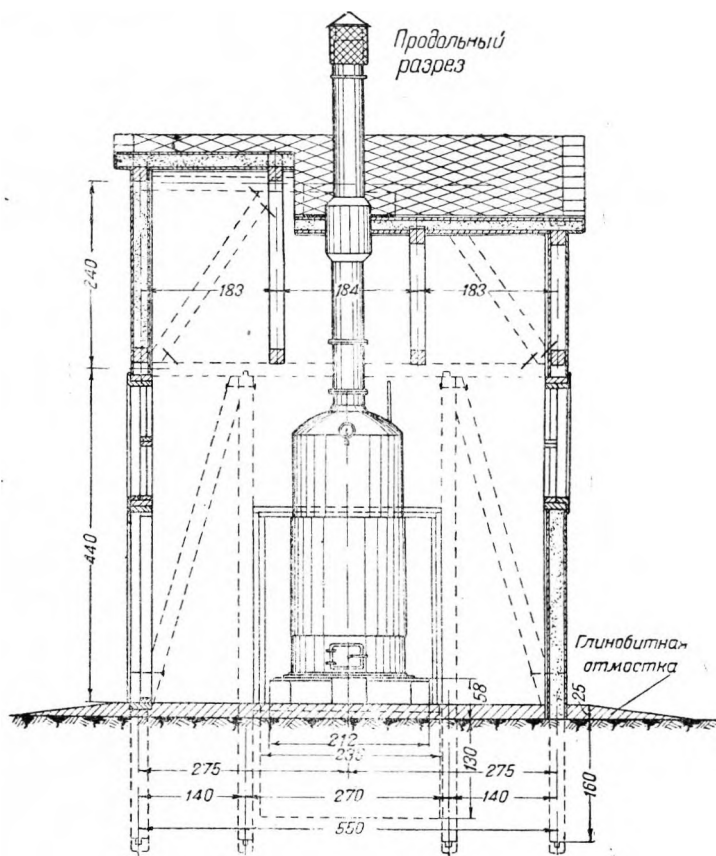
Помимо отопительных приборов пар использовался для прогрева старого бетона в блоках. Такой прогрев был необходим, потому что укладка нового бетона в блоке допускалась при условии, если температура нижележащего бетона была не ниже +4°.

В некоторых случаях применялось и электрическое отопление блоков. Электроотопительные приборы накаливания изготовлялись в электромеханических мастерских из труб и железной или никелевой обмотки. Однако электрическое отопление больших блоков оказалось маломощным в смысле теплоотдачи и опасным в эксплуатации, особенно при наличии арматуры. Поэтому оно применялось только как подсобное.

Тепляки над конструкциями каркасного типа отапливались большими печами-временками, устанавливавшимися на кирпичных постелях, с выводом труб через стены тепляка.

5. КОТЕЛЬНЫЕ И ПАРОПРОВОДЫ

В зависимости от расхода пара котельные проектировались на 1, 2 и 3 вертикальных котла Шухова с площадью нагрева 25—40 м². Кроме шуховских применялись также котлы других систем площадью нагрева до 50—80 м² со съемом пара 15—30 кг/м² в час. Питание котлов водой производилось инжекторами из установленных в котельной баков, по емкости равных 10—12-часовому расходу воды. Вода подавалась в бак из водопровода или чаще при помощи небольшого центробежного насоса, бравшего воду от глубинного водоотлива или из водоема. В зависимости от типа котлов рабочее давление в них было 4—8 ат.



Фиг. 151. Котельная установка

Так как из-за жесткой воды котлы часто останавливались на промывку, то для бесперебойной подачи пара вместо одного устанавливались два-три котла соответственно меньшей производительности.

Кроме бетонных заводов котельные питали паром копры на свайной бойке, для чего летом они переносились к месту свайных работ. В некоторых случаях для получения пара использовались паровозы серии «О^д» и «Т» с изношенной ходовой частью и поверхностью нагрева 153 и 115 м².

Разрез типовой котельной—см. на фиг. 151.

6. СОСТАВ БЕТОНА И ЕГО ПРИГОТОВЛЕНИЕ

К бетону зимней укладки предъявлялся ряд требований, в соответствии с температурными условиями окружающей среды. Основным из этих требований было снижение водоцементного отношения до минимума, диктуемого возможностью укладки бетона в сооружение.

Для массивных бетонных и железобетонных конструкций осадка конуса Абрамса выдерживалась в пределах 3—5 см для бетона без присадки трепела и 1,5—3 см для бетона с добавкой трепела. В ажурные конструкции укладывался бетон с осадкой конуса 6—10 см (соответственно при цементе с добавкой трепела и портландцементе).

При укладке бетона с помощью вибраторов количество воды составляло не более 6—7% веса сухой смеси.

Бетонная смесь приготавливалась только машинным путем и только в самых исключительных случаях, когда объемы работ измерялись всего несколькими кубометрами, разрешалось готовить бетон вручную в теплых помещениях. Время перемешивания увеличивалось. При низких температурах барабан бетономешалки перед загрузкой прогревался острым паром.

Транспортировка бетона к месту укладки производилась по возможности без перегрузки. Тара, как правило, применялась утепленная, бетон в таре закрывался матами, одеялами и т. д. При подаче бетона ленточными транспортерами транспортерные галереи утеплялись и отапливались паром и электричеством.

На сооружениях канала при помощи термоактивной опалубки (ч. I, гл. VIII) было уложено около 4 500 м³ ажурного бетона — в том числе на ряде ответственных сооружений. О характере бетонировавшихся этим способом элементов можно судить по тому, что на одном из сооружений например было уложено 1 672 м³ бетона, а поверхность обогрева составляла 7 500 м². Таким образом средний модуль поверхности был

$$\frac{F}{V} = \frac{7\,500}{1\,672} = 4,5.$$

На некоторых сооружениях (разных гидротехнических узлов) из-за недостаточного внимания к электроустройствам и режиму прогрева термоактивная опалубка дала отрицательные

Таблица 62

Наименование сооружения	Стоимость на м ³ бетона	
	термоактивной опалубки	тепляков
Шлюз № 7 (одна из секций)	48 р. 76 к.	106 р. 46 к.
„ № 7 (другая секция)	45 р. 60 к.	108 р. 40 к.
Одна из ГЭС	88 р. 00 к.	192 р. 00 к.
Одна гармонная переправа	31 р. 70 к.	267 р. 00 к.
Одни заградительные ворота	11 р. 00 к.	38 р. 00 к.

результаты и не нашла широкого распространения. При правильном же выполнении технических условий бетонирования в термоактивной опалубке, как это имело место например на сооружениях одного района канала, эта опалубка зарекомендовала себя с самой лучшей стороны. В табл. 62 приведены затраты на 1 м³ бетона, уложенного в термоактивной опалубке и в тепляках.

Как видим, применение термоактивной опалубки в 2—3 раза экономичнее способа бетонирования в тепляках.

ГЛАВА XI

КАЧЕСТВО ВОЗВЕДЕННЫХ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Оценка качества возведенных бетонных и железобетонных сооружений представляет собой чрезвычайно сложную задачу, требующую весьма глубокого анализа совокупности всех условий и всех элементов сложных работ, выполнявшихся большим коллективом.

Качество материалов, их дозировка, тщательность перемешивания,

транспорт, укладка, уплотнение бетонной смеси, правильный уход за уложенным бетоном — многие из этих элементов бетонных работ в готовом сооружении трудно или даже вовсе не поддаются учету. Тем не менее организованный на строительстве тщательный контроль над всеми фазами бетонных и железобетонных работ и над всеми без исключения сооружениями сделал эту довольно трудную задачу разрешимой.

Ниже приводится «Сводное заключение правительственной комиссии по приему канала Москва—Волга в части бетонных и железобетонных сооружений».

«Ознакомившись с представленными Управлением строительства канала Москва—Волга сдаточными документами и актами приемочных комиссий самого строительства, осмотрев в натуре конструкции, произведя в нужных случаях необходимые опробования и исследования бетона, заслушав объяснения представителей строительства канала, бетонная группа гидротехнической секции Правительственной комиссии на приемке канала Москва—Волга нашла:

По всем сооружениям Строительством были разработаны подробные рабочие чертежи и составлены детальные статические расчеты. Группа бетонных работ ознакомилась на выборку с некоторыми из них и может констатировать их хорошее в общем качество и правильность. К сдаче строительством были заготовлены кроме того альбомы «окончательного технического проекта», заключающие в себе планы и разрезы всех сооружений, отдельные важнейшие детали, а также и некоторые данные и результаты статических расчетов. В этих чертежах показаны проектные размеры, так что они не представляют собой исполнительных чертежей сооружений. Эти чертежи дают полное и ясное представление о всех сооружениях и были рассмотрены группой при изучении документации.

К моменту начала приемки правительственной комиссией многие части сооружений были уже недоступны для непосредственного осмотра — находились под землей, частично под водой. (Вся основная арматура была забетонирована и недоступна для обследования. Поэтому для суждения о качестве бетона, уложенного в сооружения, смонтированной арматуры, примененной изоляции и пр. было необходимо подробно изучить документы по производству работ на всех сооружениях, акты отдельных приемок их центральной комиссией (ЦПК) Строительства.

Следует отметить, что все указанные документы за крайне редкими исключениями велись чрезвычайно подробно и тщательно, чем строительство канала Москва—Волга выгодно отличается от очень многих других крупных строений. Полнота и тщательность ведения документации по организации и производству строительных работ дали возможность группе приемочной комиссии с достаточной точностью и полнотой составить себе картину ведения бетонных работ и суждение об их качестве. Изучив все вышеперечисленные документы и произведя осмотры сооружений, как правило, до ознакомления с документацией и после такового, а в отдельных случаях и промежуточные, группа составила 51 протокол освидетельствования и оценки сооружений, прилагаемый к настоящему заключению. По каждому крупному сооружению составлен особый протокол, более же мелкие объединены по нескольку в протоколе». «Подробные данные по качеству этих сооружений и оценке их даны в вышеуказанных протоколах. В настоящем заключении даны некоторые выводы и заключения, относящиеся ко всем этим сооружениям и к организации бетонных и железобетонных работ на канале Москва—Волга вообще.

Вопросы организации бетонных и железобетонных работ, контроль за их качеством, за качеством материалов были сосредоточены в центральной бетонной лаборатории (ЦБЛ), находившейся в г. Дмитрове».

«Центральная бетонная лаборатория играла инициативную и ведущую роль во всем деле постановки и организации бетонных работ. ЦБЛ были составлены все необходимые инструкции по производству бетонных работ, арматурных и гидроизоляционных работ.

По инициативе и под руководством ЦБЛ впервые в Союзе был произведен в большом масштабе опыт пуццоланизации бетона на стройке путем присадки в него трепела в виде трепело-водной суспензии, вводимой в барабан бетономешалки. Трепел добывался в Тентиковском карьере в районе строительства канала и добавлялся в количестве 10—20% от общего количества сложного вяжущего (цемент + трепел). Добавка трепела повышала качество бетона в отношении плотности, его сопропвляемости агрессивин и вместе с тем давала возможность сократить расход цемента. Группа считает в данном случае пуццолавизацию цемента опытом, а не системой, так как добавка трепела производилась далеко не на всех сооружениях. Не говоря уже о большом количестве сравнительно мелких сооружений, добавка трепела не производилась и на ряде крупных».

«Второй крупной заслугой ЦБЛ следует считать проведение в жизнь, также впервые в Союзе, в столь крупном масштабе укладки бетона вибраторами, что также привело к улучшению качества бетона, давая в то же время возможности экономии цемента. В некоторых сооружениях (шлюзы № 5 и 6) одновременное применение в широком масштабе трепела и вибраторов снизило расход цемента до 211—212 кг/м³, тогда как

при обычном бетоне при ручной укладке расход цемента был бы в пределах 270—300 кг/м³. Таким образом экономия цемента составила в данном случае — 20—30%».

«Вибрирование, как и добавка трепела, не производилось на строительстве систематически — вибраторами уложено 56% всего бетона. Это объясняется отчасти новизной дела, отсутствием на рынке нужных вибраторов, изготовление которых приходилось отчасти налаживать самому Строительству. Следует отметить, что на строительстве проведена большая научная работа по вопросам вибрирования бетона, разработана теория вибрирования, разработаны новые типы вибраторов.

Надо думать, что пуццоланизация цемента и вибрирование бетона, основанные на успешном опыте Москвалогостроя, найдут широкое применение как на работах, руководимых в дальнейшем работниками Строительства, так и на других стройках.

Дальнейшими работами, которые проводились ЦБЛ, были приемка и испытание материалов, составляющих бетон (цемент, трепел, песок, гравий, вода), контроль за качеством бетона, испытание пробных бетонных образцов, подбор составов бетона и т. д.».

А. Материалы для бетона

И. Цемент. Принятым на Строительстве «порядком достаточно обеспечивался контроль качества цемента и недопущение его в дело в случае несоответствия цемента требованиям ОСТ. Все же отмечались отдельные случаи, когда в дело попадал цемент, дававший отрицательные результаты испытаний. Это объясняется рядом ненормальностей в регулярном снабжении строительства цементом, благодаря которым нередко нависала угроза остановки работы вследствие отсутствия цемента. Приходилось пускать последний в работу, не дожидаясь окончаний всех испытаний, на основании заводского паспорта, который подчас не соответствовал качеству цемента. По выявлении недостаточных свойств цемента испытаниями ЦБЛ таковой немедленно запрещался к дальнейшему применению. Но все же в известном количестве попадал в дело. Такие случаи являлись исключениями, но группа сочла нужным отметить их в отдельных протоколах и в настоящем заключении как результаты ненормальностей в снабжении цементом строек даже столь крупных, как канал Москва—Волга.

Далее нельзя не отметить как серьезную ненормальность большую разношерстность цементов, из которых построены все почти сооружения. Как общее правило, каждое сооружение построено из цементов шести-восьми заводов, иногда даже 10—12. При этом активность цемента с каждого завода колебалась нередко в очень широких пределах. В результате можно без преувеличения сказать, что имеются крупные сооружения, в которых укладка бетона шла на цементах до 20 различных сортов. При этом нередко различные по качеству цементы попадали даже в один блок сооружения. Отсюда проистекает известная неоднородность бетона в сооружении и как следствие — возможное образование волосных усадочных трещин и т. п. До некоторой лишь степени указанную ненормальность можно отнести за счет организации работ на Строительстве, которое не производило сортировки поступающего цемента, не имея часто для этого практической возможности благодаря порядку поступления цемента. В основном это надо отнести к вине Союзцемента, который не принял мер к снабжению строительства цементом с небольшого числа заводов, специально выделенных для этой цели, цементом более или менее однообразного качества. Разнообразие цементов создавало и крупные затруднения при приготовлении бетона, состав которого приходилось изменять на ходу, применяясь к переменности их качества. Этим можно в известной степени объяснить и некоторые пониженные результаты испытаний пробных кубиков, когда попадался цемент низкой активности. Как вывод, можно оказать, что на дальнейших крупных стройках необходимо прикреплять к ним небольшое число цементных заводов, обязуя их готовить однообразные по качеству цементы, требующиеся для данного строительства. По отношению к Москвалогострою можно сказать, что при разнообразии примененных цементов недоброкачества цементов в сооружениях не оказалось, если не считать отдельных крайне редких случаев.

И. Песок и гравий. Песок и гравий добывались в различных карьерах в зависимости от местоположения того или другого сооружения, куда они направлялись. Загрязненность инертных в карьерах превышала иногда допускаемые пределы; в таком случае они подвергались, как правило, промывке. В протоколах отмечены отдельные случаи, когда песок или гравий попадали в барабан бетономешалки, имея предельную или даже большую загрязненность. Бывали случаи, когда по этой причине бетон брался лабораторией и не допускался к укладке. Гранулометрический состав инертных был в общем удовлетворительным. При значительных отступлениях от нормы это компенсировалось количеством цемента и в конечном итоге не могло отразиться на качестве готового бетона. В общем следует признать, что в основном инертные, составляющие бетона были вполне удовлетворительными и пригодными. Некоторые уклоны не могли отразиться на качестве сооружений».

«III. В о д а. Вода, применявшаяся для затворения бетона, подвергалась анализам, каковых было проведено 160. Сомнительных для затворения бетона вод не было. Кроме того был проведен ряд анализов грунтовых вод, которые будут служить средой для бетона сооружений. О результатах таковых сказано дальше в главе о гидроизоляции.

IV. Т р е п е л , применявшийся для пуццоланизации цемента, добывался в Гентиновском карьере». «ЦБЛ провела большую исследовательскую работу по определению

оптимальной дозировки трепела при пуццоланизации бетона на портландцементе, причем таковая выявилась в 10—20% от веса сложного вяжущего (цемент + трепел). Кроме того исследовались свойства бетона и добывание трепела и разработан способ введения трепела в бетон в виде трепельной суспензии.

Б. Бетон

В основной массе бетон, уложенный в гидротехнические сооружения, проектировался марок 90 и 110 кг/см² с добавкой трепела. Однако одновременно к бетону предъявлялись требования морозостойкости и водонепроницаемости, что иногда требовало увеличения количества цемента. Благодаря этому фактическая прочность бетона нередко получалась значительно выше требуемой по проекту, как это видно из данных по испытаниям кубиков, приведенных во всех протоколах».

«Бетон изготовлялся исключительно машинным способом на ряде бетонных заводов, построенных у наиболее крупных сооружений и в отдельных районах строительства. Здесь механизация надо считать осуществленной на 100%.

Транспорт бетона осуществлялся весьма разнообразным способом в зависимости от дальности его подвозки. Наряду с вполне современными способами подачи бетона, как например ленточными транспортерами, в строительстве были и примитивные тачки. Механизацию транспорта можно считать осуществленной на 75—100%.

Укладка бетона велась лишь частично помощью вибраторов (на 56%); 44% бетона было уложено вручную. Тем не менее здесь приходится отметить, что впервые в СССР вибрирование бетона было применено в столь широком объеме. Большему внедрению вибрирования препятствовал ряд обстоятельств. Прежде всего новизна дела, требовавшая предварительного его освоения. Во-вторых, отсутствие налаженного в Союзе производства разнообразных необходимых вибраторов. Для внедрения вибрирования ЦБЛ произвела очень большую работу, а именно: исследовала свойства вибрированного бетона, разработала теорию вибрирования бетона, методы определения степени уплотнения бетона вибраторами, типы и конструкции вибраторов и определила их характеристики. В дальнейшем произведенная работа должна несомненно содействовать значительно более широкому введению вибрирования в деле укладки бетона. Наконец следует отметить, что и при самой разработке проектов сооружений необходимо считаться со способом укладки бетона вибраторами. Этого в данном случае не было; нередко арматура была запроектирована так густо, что проникнуть через нее имеющимися вибраторами было невозможно и приходилось переходить на ручную укладку.

Бетонные работы на строительстве канала велись круглый год». «Последнее потребовало разработки и принятия ряда специальных мероприятий для обеспечения уложенному бетону нормальных условий твердения. В огромном большинстве случаев зимнее бетонирование производилось по так называемому способу термоса, т. е. с применением боковой утепленной опалубки и закрытием сверху легкими переносными тепляками (брезентовыми), внутри которых производилось бетонирование при отоплении. Инертные и вода при приготовлении бетона соответственно подогревались. Все это в достаточной мере обеспечивало нормальные условия твердения бетона. Если в отдельных случаях, указанных в протоколах, наблюдалось промерзание бетона с поверхностей, то это приходится отнести исключительно за счет недостаточно внимательного отношения к делу на местах и невыполнения иногда предписанных правил бетонирования зимой. Все же, как видно из журналов температур составляющих бетона и температур твердеющего бетона, а также из графиков температур наружного воздуха и твердеющего в зимних условиях бетона, в огромном большинстве случаев нормальное твердение бетона зимой было обеспечено. Отдельные отступления не отразились в общем существенно на качестве сооружений.

Следует отметить, что ЦБЛ вела неослабное наблюдение за зимним бетоном, изучала влияние мороза на бетон в ранние сроки твердения. Кроме того ЦБЛ разработала новый способ производства бетонных работ в зимнее время в электротермоактивной опалубке. В некоторых отдельных случаях этот новый способ был испытан с хорошими успехами.

Контроль качества бетона осуществлялся путем испытания на прочность бетонных кубиков. Данные о результатах таких испытаний приведены в протоколах по каждому сооружению. Всего было испытано около 46 368 бетонных кубиков. Из протоколов видно, что вообще испытания давали благоприятные результаты и огромное большинство результатов укладывалось в пределах 85—115% от проектной прочности, а значительная часть их была и выше. Тем не менее на некоторых сооружениях немалый процент кубиков (10—15%, а в отдельных случаях даже 30—40%) показал заниженную прочность—ниже 25% проектной. Во многих случаях этому явлению можно найти объяснение в ненормальных условиях хранения кубиков, в повреждениях их при перевозках в лабораторию для испытаний. Во многих случаях оставленные контрольные кубики, испытанные в более поздних возрастах, показали достаточно высокую прочность и убедили комиссию в том, что уложенный в сооружениях бетон отвечает проектным требованиям прочности. Есть однако случаи, когда пришлось констатировать, что уложен бетон ниже проектной прочности. Если это и не является угрозой для существования этих немногих сооружений, то все же приходится сказать, что строители не всегда относились к делу с должным вниманием и не выполняли в отдельных случаях предъявленных им требований. Все эти случаи в протоколах указаны.

В общем можно оценить бетон, уложенный в сооружения Москваволгостроя, в отношении прочности как хороший.

Кроме требований прочности к бетону гидротехнических сооружений, естественно, предъявлялись требования водонепроницаемости. По составу своему бетон удовлетворял этому требованию, как показали 6 843 лабораторных испытания на водонепроницаемость. В натуре однако бетон в ряде случаев оказался проницаемым и малоплотным. Это можно наблюдать на стенках камер ряда шлюзов, имеющих подтеки и дающих в ряде мест после шлюзования струйки воды. В смотровых потернах почти всех насосных станций наблюдается обильная фильтрация через стенки и потолок, сильно фильтруют многие акведуки.

Особенно отчетливо все эти явления можно наблюдать в насосной одного из шлюзов, где замечаются уже выщелачивание гидрата окиси кальция и образования сталактитов его на поверхности бетона. Сильно фильтруют также и многие рабочие швы между уложенными блоками бетона. Указанные явления привели к необходимости проведения сплошной цементации бетона почти всех сооружений, находящихся под гидростатическим давлением. Цементация еще далеко не закончена и должна продолжаться до получения необходимого эффекта. Наблюдаемая например в насосной при том же шлюзе сильная фильтрация грозит выщелачиванием из бетона извести и медленным постепенным его разрушением. Поэтому получению должной непроницаемости бетона должно быть уделено самое серьезное внимание. Работа эта должна быть проведена самим Строительством, так как нельзя рассчитывать, что она может быть удовлетворительно выполнена эксплуатирующей организацией Наркомвода, не имеющей для того нужных кадров и оборудования.

Причинами того, что не достигнута необходимая степень плотности бетона, надо считать недостаточное внимание к этому вопросы со стороны строителей на местах, недостаточную культуру в деле укладки и уплотнения бетона, в деле подготовки и обработки рабочих швов и т. д. В имеющихся инструкциях все эти вопросы были предусмотрены, но, как видно из журнала работ, значение преподанных указаний не всегда в должной мере оценивалось строителями.

Цементацией можно исправить все имеющиеся дефекты, что видно например на шлюзе № 9, состоянии стенок которого к концу августа 1937 г. значительно улучшилось в результате проведения цементации.

Наружные поверхности бетона на многих сооружениях, например стенки камер шлюзов и др., обработаны бучардой. Группа не считает это достаточно целесообразным. При обработке бучардой снимается поверхностная корочка бетона, обнажаются мелкие пустоты, раковины и т. д. Такая обработка хороша, если у поверхности имеется специальный бетон на мелкой очень прочной щебенке; при гравии же, в котором иногда попадаются включения мягких пород, выбиваемые при бучардовке, не получается и той красивой поверхности, к которой, очевидно, стремилось Строительство, назначив эту работу. По мнению группы целесообразнее было бы достигнуть гладких поверхностей путем применения тщательно выполненной опалубки, что не имело места на сооружениях МВС. Здесь кстати отметить, что работы по устройству опалубки не стояли на особой высоте, велись преимущественно вручную, какая-либо механизация отсутствовала.

В. Арматурные работы

Арматура для железобетонных конструкций приготавливалась из торгового железа. Прибывавшее для этой цели железо подвергалось в ЦБЛ испытанию». «Результаты показали в общем удовлетворительное качество стыковой электросварки. В отдельных случаях сомнений в качестве сварки стыков последние усиливались наваркой накладок, производившейся методом наплавления металла. Заготовка арматуры производилась механически на отдельных станках; эту работу можно считать механизированной на 100%. Крайне элементарно производилась доставка арматуры от места заготовки к месту укладки — в большинстве случаев просто на плечах рабочих. Здесь не было сделано попыток -как-либо механизировать процесс транспорта арматуры.

Судя по актам и журналам работ, арматура была в общем выполнена в соответствии с проектами, существенных отклонений не замечено. Неоднократно имели только место случаи замены одного калибра арматуры круглого железа другим вследствие отсутствия требованного по проекту. Это привело в ряде случаев к некоторому перерасходу железа против проекта. В общем следует считать, что арматурные работы выполнены хорошо.

Г. Гидроизоляционные работы

Для защиты от агрессивного действия вод и грунтов, окружающих бетон сооружений, в первую очередь была применена пуццоланизация, а кроме того и специальная гидроизоляция путем покрытия поверхностей бетона, соприкасающихся с грунтами и грунтовыми водами, битумной покраской и битумными массами (битумные маты — «галюши»). Такая изоляция была применена не только в случаях явно агрессивного характера вод, омывающих сооружения, но и вообще при соприкосновении бетона с водой, например также в трубах, дюкерах и т. п. Покраска производилась за 3 раза: первый раз — составом 75% бензина + 25% битума, второй и третий разы — 25% бензина и 75% битума.

Осмотры таких покрасок показали, что они не глубоко проникают в бетон — всего на доли миллиметра. Такая покраска может служить хорошей защитой бетона, если она произведена по сухой поверхности бетона. В случаях, когда покраска производилась по сырой поверхности, она легко отстает и в таком случае бесцельна. Такое явление было замечено на стенках одного шлюза, на внутренней поверхности.

Следует отметить, что на стенках камер шлюзов такая покраска не имеет особого значения. Воды канала не агрессивны сами по себе для бетона, а кроме того покрашены части стенок, находящиеся всегда под водой, часть же их между горизонтами верхнего и нижнего бьефов, подвергающаяся переменному воздействию влажности и воздуха, осталась без покраски. Следует отметить, что, несмотря на битумную изоляцию, была во многих сооружениях отмечена фильтрация по рабочим швам. Для обеспечения долговечности сооружения следует прежде всего принять меры к ликвидации этой фильтрации путем цементации, на что уже указывалось выше.

В этом отношении особое внимание следует обратить на следующие сооружения: одна из бетонных плотин, шлюзы № 1, 8 и 9; грунтовые воды, окружающие эти сооружения, небезразличны для бетона, как показали их анализы. На одном узле вода содержит много сульфатов — до 1 000 мг/л и выше, иногда при содержании свыше 20 мг/л свободной углекислоты. По одному из 11 анализов воды у бетонной плотины временная жесткость оказалась крайне низкой — 0,23°, что вызывает опасения за агрессивность. В грунтах, окружающих эти сооружения, много пирита (FeS₂) — в некоторых случаях выше 5%. Грунтовые воды, могущие соприкасаться с бетоном шлюзов № 8 и 9, не содержат значительного количества сульфатов, грунты здесь отчасти и около шлюза № 7 содержат большое количество пиритов (до 10%). При переводе серы последнего после окисления в воду может создаться опасность для бетона. Грунтовые воды, окружающие другие бетонные сооружения канала, содержат мало вредно на бетон действующих примесей (SO₃, MgO). Однако некоторое опасение может вызвать малая жесткость некоторых вод, при которой они могут уже агрессивно действовать на бетон, особенно если они находятся в движении. Так, у одной плотины временная жесткость воды по трем анализам оказалась 1,26°, 0°, 2,58°; у насосной у шлюза № 2 по двум анализам получилась 3,19° и 2,33°; также малой жесткостью отличается вода у шлюза № 8, где 4 анализа из десяти дали 2,45°, 3,44°, 3,54° и 6,28°. В последних двух случаях найдена кроме того и агрессивная углекислота (CO₂) в количествах 55 и 26,88 мг/л. Имеющиеся данные не дают возможности с полной определенностью говорить об агрессивности вод. Возможно, что эти данные лишь случайны, так как получались не по всем анализам. Возможно, что полученные малые жесткости обязаны своим происхождением большому количеству талых вод при наполнении шлюза и водохранилища в 1936 г., а в дальнейшем жесткость в них повышается. Во всяком случае однако необходимо иметь надзор как за водами (производить их анализы), так и за самими сооружениями.

Содержание пирита в грунтовых водах не превышает 1%, мало в них и гипса (CaSO₄).

По всем указанным причинам исправное состояние изоляции сооружений, битумных шпонок и т. д. должно сыграть существенную роль для их сохранности и долговечности.

Д. Организация бетонных работ

Отдельные вопросы организации бетонных работ были достаточно освещены выше. Группа отмечает, что эта организация отличалась в общем большими достижениями и продуманностью. Если не всегда полностью достигались желательные результаты в смысле качества бетона, то это можно объяснить, с одной стороны, грандиозностью объема всего строительства, а с другой стороны, и тем, что еще не весь технический персонал освоил в полной мере высокую культуру бетонного дела. У Строительства имеется богатый материал по организации бетонных работ большого объема. Следует обязать его не хранить этот материал под скупом, но опубликовать его, чтобы он мог быть использован также и другими крупнейшими строительствами.

Е. Неделки

Бетонные работы в гидротехнических сооружениях полностью закончены. Неделками надо считать устранение дефектов, которые наблюдаются в отношении плотности и водонепроницаемости бетона.

Для этого необходимо продолжать цементационные работы, которые ведутся в настоящее время, но еще не закончены. Особо следует здесь отметить все шлюзы и насосные станции. В шлюзах цементации должны подвергаться стенки камер, голов и нижний массив верхней головы. В насосных станциях особое внимание должно быть обращено на верхнюю и нижнюю потери, акведуки, кабельный коридор и помещения насосов собственных нужд; в остальных сооружениях необходимо вести наблюдения и производить цементацию в случае обнаружения где-либо фильтрации. В случаях, когда неплотен бетон только у поверхности массивов, в общей же массе, как показали результаты цементации, он достаточно уплотнен, окончательное уплотнение может быть достигнуто торкретированием. Это имеет место в шлюзах № 7 и 8».

«Несмотря на рекордно короткие сроки выполнения сооружений на канале Москва—Волга, строительство показало, что при правильно поставленной организации работ вполне возможно сочетать как качество, так и краткие сроки выполнения. Следует отметить в отношении особенно качества бетонных работ, что благодаря применению электровибраторов и рационально подобранному составу бетона явилась возможность произвести оценку прочности бетона как вполне хорошую, а оценку водонепроницаемости бетона, особенно после проведения дополнительной цементации, позволило сделать как вполне удовлетворительную».

«Необходимо установить, что высокое качество ответственных земляных насыпей и хорошее качество бетона в значительной степени зависели от широкой постановки тщательного контроля за производством работ со стороны полевых лабораторий по грунтам и по бетону и большого внимания, уделяемого этому делу центральными лабораториями, технической инспекцией и Управлением Строительства».

ГЛАВА XII

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыт производства бетонных и железобетонных работ на строительстве канала Москва—Волга безусловно богат и поучителен.

На строительстве впервые осуществлен ряд новых оригинальных решений, не имевших ранее места в нашей строительной практике. К таким решениям относятся: применение ленточных транспортеров для перемещения бетона и крупнолитражных бетономешалок, пуццоланизация цемента на месте работ, термоактивная опалубка, укладка больших массивов без разрезки на блоки и т. п.

Массовое развитие на строительстве получили также многие способы ведения работ, не вышедшие на других стройках за рамки экспериментирования и в лучшем случае — лишь частичного внедрения в производство. Это прежде всего — механическое уплотнение бетона с помощью виброаппаратов, электрическая сварка арматуры, применение на небольших сооружениях двухколесных бетоновозок вместо тачек, дерриков на передвижных пилонах и т. п.

Ряд показателей, достигнутых на бетонных комбинатах сооружений одной из бетонных плотин и шлюзов № 1, 2, 5 и 7, по производительности заводов, интенсивности кладки, использованию смесительного и транспортного оборудования является рекордным, непревзойденным на других стройках.

Следует особо подчеркнуть, что канал Москва — Волга является первой крупной стройкой, на которой все бетонные и железобетонные работы выполнены при помощи отечественного оборудования.

Наряду с крупными достижениями в области механизации работ и введением в практику немало количества новшеств, ряд производственных вопросов не получил на строительстве должного решения. Не останавливаясь на причинах, о которых говорилось выше, отметим, что к числу неразрешенных задач относятся рациональное ведение опалубочных и арматурных работ, механизация разгрузочных работ, транспортировка цемента и т. п.

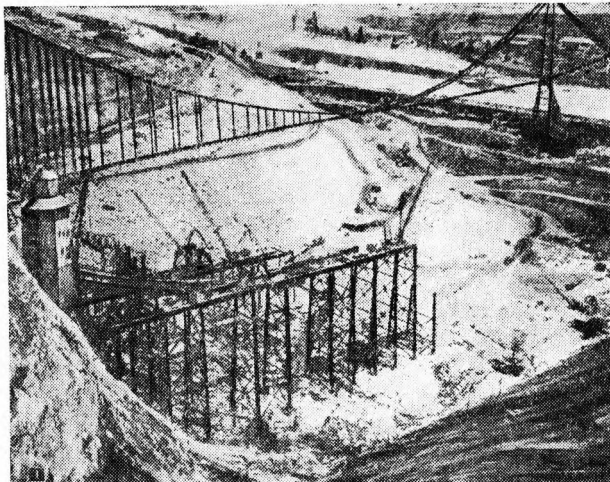
Объективная оценка строительства канала Москва — Волга с учетом имевших место недостатков и неразрешенных вопросов в сочетании с данными других отечественных и зарубежных строек дает возможность наметить основные пути, по которым должно развиваться бетонное хозяйство будущих гидротехнических строек. Этим вопросам и посвящено настоящее заключение.

1. БЕТОННЫЕ КОМБИНАТЫ

Практика строительства убедительно подчеркивает несомненные экономические и технические преимущества централизованного бетонного хозяйства перед децентрализованным. Если в начале строительства этот вопрос был еще в некоторой степени дискуссионным, то успешный опыт эксплуатации централизованных хозяйств бетонной плотины, шлюзов № 1, 2, 5 и 7, насосно-очистительной станции и др. наряду с децентра-

лизованными установками шлюзов № 3 и 8 решил вопрос в пользу первых. Преимущества централизованного хозяйства выявляются прежде всего в широких возможностях механизации процессов, сокращении оборудования и строительных конструкций, удобстве управления и контроля за качеством продукции.

Нужно сказать, что в этом направлении сейчас и идет организация бетонного хозяйства на большинстве крупных гидростроительств как в Советском Союзе, так и за рубежом.



Фиг. 152. Общий вид установки для подачи бетона в западную часть плотины Грэнд-Кули

Чрезвычайно характерным в этом отношении является сооружение одного крупного гидротехнического узла, где для сооружения расположенных на разных берегах плотины, ГЭС и шлюза на правом берегу устроено центральное бетонное хозяйство с подачей бетона через реку по подвесной канатной дороге. Исключение самостоятельного левобережного бетонного хозяйства дало большую экономию на стоимости строительных конструкций, оборудования и эксплуатации комбината.

Такое решение центра-

лизованного бетонного хо-

зяйства с одним заводом принято также на крупнейших американских строительствах — Бонневиль, Норрис, Тайгерт, Пайн-Кэньон и т. д. На крупном американском сооружении — на плотине Боулдер — бетонное хозяйство также было централизовано, но обслуживалось оно двумя бетонными заводами. Объясняется это высотой сооружения 223 м, вызвавшей необходимость устройства пунктов питания бетоном на двух разных уровнях. Аналогичное устройство двух заводов на строительстве плотины Грэнд-Кули (фиг. 152) обусловлено системой одновременного возведения плотины с двух берегов при транспортировке бетона в бадьях на железнодорожных платформах. Все прочее хозяйство оставалось централизованным.

В качестве примера других решений можно указать на германскую плотину Блейлох постройки 1930—1932 гг., приготовление бетона на которой производилось пятью отдельными передвижными бетоньерками с подачей к каждой сухих материалов по узкой колее. В табл. 63 сопоставлена максимальная производительность бетонной кладки, достигнутая на централизованных хозяйствах плотины Норрис (США) канала Москва—Волга и плотины Блейлох (Германия).

На строительстве канала складские устройства для гравия и песка при бетонных комбинатах устраивались сравнительно небольшого объема и во всяком случае не больше 10 тыс. м³. Это объясняется, с одной стороны, наличием карьеров в районах строительства, а с другой стороны, — доставкой материалов к большинству комбинатов по железной дороге, функционировавшей круглый год. Небольшие объемы материалов, естественно, определили и типы складских устройств, принятые, как правило, в виде траншейных прирельсовых бункеров разнообразных конструкций с использованием для разгрузки силы тяжести самих материалов. Идея таких устройств проста и заманчива.

Однако, как показал опыт, эксплуатация подобных конструкций в зим-

Таблица 63

Наименование сооружений	Суммарный литраж агрегатов	Максимальная производительность кладки в м ³					
		в сутки			в месяц		
		всего	на 1 000 л	в %	всего	на 1 000 л	в %
Норрис (США)	10 500	3 200	305	163	70 500	6 700	167
Москва — Волга Шлюз № 2	6 000	1 815	302	161	—	—	—
„ № 7	4 000	—	—	—	21 891	5 470	137
Блейлох (Германия)	7 500	1 400	187	100	30 000	4 000	100

нее время весьма затруднительна. Поступающие в смерзшихся комьях гравий и в особенности песок забивают бункер и выгрузочные отверстия; не исключается возможность смерзания материалов и при пребывании их в траншее. Поэтому нормальная эксплуатация подобных конструкций в зимнее время возможна только при прогреве в них материала до температуры не ниже 5°. Подлежит пересмотру также применявшийся на строительстве способ питания транспортерных линий непосредственно из затворов, перекрывающих загрузочные отверстия бункеров.

Для более полной и непрерывной загрузки, а также для ослабления удара материала, поступающего на ленту, между затвором и лентой необходимо вводить питатели или загрузочную воронку передвижного типа.

Гравий и песок доставлялись к складским площадкам бетонных комбинатов при помощи железных дорог нормальной и узкой колеи, автомашин и подвесных канатных дорог. Для крупных сооружений с объемом бетонных работ от 20—25 тыс. м³ в месяц наиболее рациональными необходимо признать железную дорогу нормальной колеи и подвесные дороги. При больших объемах грузов и расстоянии перемещения более 5—10 км автотранспорт является неконкурентноспособным. Затруднительно обеспечить крупные бетонные заводы материалами, подаваемыми узкой колеей. Это наглядно подтверждается опытом постройки шлюза № 8, где подача гравия по узкой колее постоянно задерживала работу комбината. В качестве внутриплощадочного транспорта инертных наилучшим механизмом следует считать стационарные транспортеры. Они успешно применялись на комбинатах канала Москва—Волга, на Днепрострое, а в настоящее время ими полностью обслуживаются заводы различных крупных гидроузлов. Столь же широко применяются транспортеры и за границей в качестве внутриплощадочного транспорта инертных.

В зимнее время гравий и песок подогревались главным образом в бункерах бетонных заводов при помощи пара и в некоторых случаях вне завода на огневых печах. Необходимо сказать, что огневой подогрев заполнителей вообще должен быть исключен на крупных заводах как способ малопродуктивный, не отвечающий требованиям механизации, неэкономичный и небезопасный в пожарном отношении. Подогрев гравия непосредственно впуском пара в его толщу дает неплохие результаты, но для песка подогрев острым паром неприменим вследствие большой влагудерживающей способности самого материала. Нужно отметить, что при подогреве песка острым паром сильно затрудняется присадка трепела мокрым способом, так как остающейся после прогрева влаги недостаточно для получения суспензии надлежащей консистенции. Поэтому при подогреве песка острым паром приходилось в ряде случаев снижать процент

присадки трепела. Несмотря на потребность в большом количестве труб, для подогрева песка следует все же рекомендовать только закрытый пар.

Подогрев материалов непосредственно в бункерах завода, несмотря на некоторую экономичность этого способа, имеет ряд отрицательных сторон: весьма затруднены отвод конденсата и освобождение надбункерной галереи от пара, невозможен одинаковый подогрев всего материала до установленных температур и т. д. Поэтому в бункерах завода должны быть сосредоточены только те устройства, которые поддерживают необходимую температуру материала, самый же подогрев, включая и оттаивание материала, необходимо выносить за пределы завода в специальные бункерные устройства. Подлежит изучению также и сама система подогрева заполнителей. В частности, заслуживает внимания использование горячего воздуха для подогрева заполнителей.

На крупных строительствах достаточно сложной задачей является организация цементного хозяйства. Выгрузка цемента из вагонов и судов, его транспортировка к хранилищам и бетонным заводам, силосование — все это при больших объемах работ может быть рационально решено только при помощи специальной механизации. Применявшиеся на подаче цемента ленточные транспортеры не оправдали себя. Отрицательные качества этой подачи заключаются прежде всего в больших потерях и расструсах по пути перемещения, в особенности при свободном падении его в местах погрузки и перегрузки и сбрасывании во время встряхивания ленты на рабочих роликоопорах и т. д. Практика зарубежного строительства, а также Свирьстроя и Волгостроя, показывает, что для перемещения цемента наиболее рациональным является пневматический транспорт, получивший особенно большое развитие на стройках США.

Для примера достаточно указать на крупнейшие американские строительства Боулдер, Грэнд-Кули, Норрис, Пайн-Кэньон и др., где при помощи пневматических установок были достигнуты исключительно высокие показатели. Так, пневматический трубопровод длиной 1 700 м с насосом типа «Флюкс» перемещал на строительстве Боулдер до 80 т цемента в час без перегрузок.

Первые шаги в использовании пневмотранспорта сделаны уже и на союзных стройках. В настоящее время с успехом эксплуатируются пневматические установки на разных гидроузлах Волгостроя, оборудование которых построено силами Строительства. Первые образцы пневмопомп выпущены Харьковским заводом им. Ленина. Однако серийный выпуск, в особенности пневмозагрузателей новейших типов, еще не налажен и шаги, предпринимаемые промышленностью в этом направлении, еще довольно робки.

На строительстве канала Москва—Волга и на Днепрострое вагоны с цементом разгружались вручную, на Свирьстрое — лопатами Кларка. В американской практике для перевозки цемента широко используются саморазгружающиеся вагоны — хопперы; в случае же если цемент перевозится в обычных вагонах и судах, то выгружается он лопатами Кларка и передвижными пневматическими насосами. Эти средства заслуживают большого внимания.

Неравномерное поступление цемента с заводов заставило создавать на строительных площадках большие запасы. Емкость цементных хранилищ обычно отвечала объему 10-суточного и даже месячного запаса. В то же время в практике американского строительства емкость силосов не превышает трехдневной потребности цемента, что, естественно, сильно снижает строительную и эксплуатационную стоимость сооружений цементного хозяйства. Для иллюстрации этого положения приводим табл. 64.

Характерно, что на широко распространенных в США заводах готового бетона цемент хранится в объеме не более полусуточного запаса. Приведенные цифры указывают, что при равномерном поступлении цемента с заводов объемы наших сооружений цементного хозяйства могли бы быть значительно уменьшены.

Таблица 64

Наименование строительства	Максимальный объем бетона, уложенного в месяц, в м ³	Расход цемента в месяц ¹ в т	Емкость силосов в т	Запас це- мента, время в сут- ках
Шлюз № 5 МВС	36 500	9 125	3 500	10
Одна из бетонных плас- тин МВС	47 600	11 900	4 200	9
Свирь III	38 500	9 625	11 000	34
Грэнд-Кули	228 000	57 000	6 800	3
Норрис	70 500	17 600	600	1

¹ Расход цемента для всех сооружений принят условно в 250 кг/м³.

Силосный тип цементных хранилищ, принятый на большинстве последних союзных строек, безусловно себя оправдал. Его несомненные преимущества перед обычными складскими постройками состоят в возможности механизировать загрузку и выгрузку, требуемой малой площади и экономичности. Дерево,

из которого строились силосы на строительстве канала Москва—Волга, Свирьстрое и Волгострое является неплохим материалом для сооружений подобного типа. Однако в настоящий момент своевременно ставить вопрос об устройстве на крупных строительствах металлических силосов разборного типа, которые даже при двукратной оборачиваемости обходятся по крайней мере в 1,5 раза дешевле деревянных. Несомненные их преимущества также в возможности значительного увеличения емкости ячеек и плотности стыков.

Вопросом значительной важности является обеспечение работ вяжущим материалом надлежащего качества. Для гидротехнического бетона этот вопрос стоит особо остро, потому что необходимые для него сорта цемента совсем не выпускаются промышленностью или выпускаются в недостаточном количестве.

Применение на строительстве канала присадки трепела в виде трепельно-водной суспензии является совершенно оригинальным способом, безусловно оправдавшим себя. Экономические преимущества способа мокрой присадки по сравнению с добавкой сухого порошка значительны, так как при нем отпадает необходимость в дорогом стоящем сушильно-размольном оборудовании. Оборудование же установок для приготовления суспензии элементарно просто. Недостаточно полно разрешена лишь перекачка суспензии по трубопроводам. Применявшиеся для этой цели центробежные песчаные насосы типа «Вильфлей» обеспечивали подачу суспензии с предельной плотностью 1,35. Получение такой жидкости при 20%-ной присадке трепела и чрезмерно влажных инертных затруднительно. Повысить же дозу трепела более 20% при влажных инертных не представляется возможным.

Решение этого вопроса, очевидно, должно идти по пути использования для перекачки суспензии специальных шламонасосов, применяющихся в цементной промышленности. Большой интерес вызывают также поставленные на строительстве опыты измельчения трепела принудительным перемешиванием его с водой без изменения дробилок и других механизмов. Положительное решение этого вопроса еще более упростит и удешевит устройства для приготовления суспензии.

Как уже сказано во второй части (гл. V), бетон на строительстве готовится исключительно машинным способом.

Эксплуатационные характеристики бетонных заводов Москвовойлгостроя значительно выше, чем на Днепре и Свири. Это позволяет отнести основные бетонные заводы канала Москва—Волга к разряду лучших установок в СССР. Напомним, что рекорд, полученный на строительстве канала Москва—Волга, составляет 302 м³/сутки, а средняя производитель-

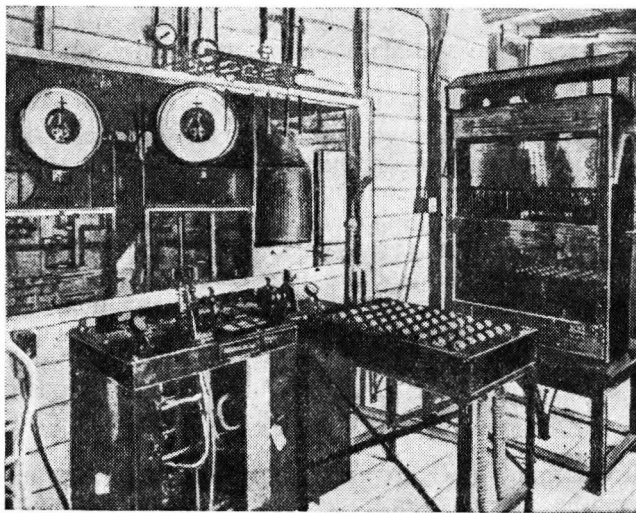
ность семи основных заводов — 256 м³/сутки (на 1000 л). Для сопоставления с данными бетонных заводов крупнейших гидростроительств Западной Европы приводим табл. 65.

Таблица 65

Наименование строительства	Страна	Объем бетона в м ³	Бетономешалки		Дозировка	Максимальная производительность в м ³ /сутки	
			число	литраж		всего	на 1 000 л
Марез	Франция	185 000	3	1 500	Заполнители и вода — по объему, цемент — по весу	1 000	222
Шамбон	„	300 000	2	2 000		999	250
Шварц	Германия	52 000	3	1 000		600	200
Шварценбах	„	297 000	6	1 000		1 200	200
Блейлох	„	210 000	5	1 500		1 400	187
Циллербах	„	58 000	1	1 500		560	248
Крибштейн	„	82 000	4	750		780	260

Как видно из таблицы, на крупнейших стройках Франции и Германии: литраж бетономешалок не превышает 1 500—2 000. Максимальная суточная производительность заводов, отнесенная к 1 000 л установленных агрегатов, не превышает 260 м³/сутки.

В американской строительной практике техника устройства бетонных заводов за последнее время шагнула далеко вперед. Установки, обслуживающие постройки крупнейших плотин и гидроэлектростанций, а также широко распространенные в США постоянные заводы готового бетона и сухой смеси, устраиваются высокомеханизированными, автоматическими и с диспетчерским и дистанционным управлением механизмами и приборами. Приборы, дозирующие заполнители — цемент и воду, — исключительно весовые, с точностью отщесивания 1—2%, автоматически управляемые с пульта (фиг. 153). Изменение состава бетона на 4—5 рецептур может производиться регулированием дозирочной аппаратуры непосредственно с пульта управления.



Фиг. 153. Пульт управления бетонным заводом плотины Грэнд-Кули

Питание приборов заполнителями — гравитационное, а цементом — с помощью промежуточного шнека. В ряде случаев для всех приборов устраиваются питатели вибрационного типа. Затворы, перекрывающие входное и выгрузочное отверстия, управляются обычно сжатым воздухом. Механизмы затворов заблокированы: нижний затвор не может быть открыт при незакрытом верхнем затворе, и наоборот. Наполнение начинается автоматически после закрытия нижних затворов. Перевес и недовес в каждом приборе фиксируются соответствующими сигналами.

Все это в отличие от объемной дозировки обеспечивает высокую точность и исключает всякого рода случайности, вызванные образованием сводов или недостатком материалов в бункерах, а также неумением и неаккуратностью обслуживания. Кроме того значительно сокращается время, необходимое на отвешивание: даже при наличии шести фракций заполнителей и при девяти дозировочных приборах, как это имело место на заводах Грэнд-Кули, время отвешивания составляет не более 45 сек. на один полный цикл. Это дает возможность одним комплектом дозировочных аппаратов и бункеров сухих материалов обслуживать 3 и даже 4 бетономешалки (плотины Грэнд-Кули, Боулдер, Тайгерт, Бонневиль).

Бетономешалки применяются преимущественно крупные (системы «Смит» и «Коринг»), емкостью смесительного барабана 3 500 л (плотины Норрис и Тайгерт) и 4 500 л (плотины Грэнд-Кули, Боулдер, Бонневиль). Расположение бетономешалок — гнездовое, с загрузкой всех барабанов из центрального бункера, с поворотной автоматической воронкой и выгрузкой готовой смеси в один промежуточный бункер. Загрузка и опорожнение смесительных барабанов производится на последних установках через одно отверстие, что при гнездовом размещении бетономешалок позволяет снизить строительную высоту здания завода не менее чем на 4—5 м.

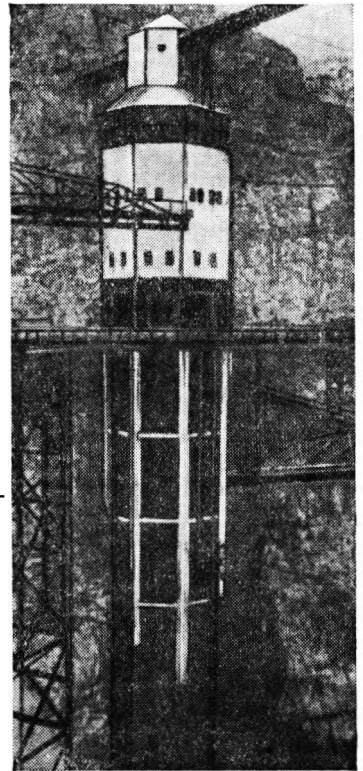
Управление бетононьерками также сосредоточивается на центральном пульте. Основные механизмы бетонного завода — дозировочная аппаратура, поворотная воронка и бетономешалки — взаимно блокируются. Так например, дозировки не могут быть разгружены, если поворотная воронка не установлена против приемного лотка бетономешалки, если бетононьерка, около которой остановилась воронка, не опорожнена или по другим причинам не готова к приему материалов; бетономешалка не может выбросить замес, если время перемешивания не истекло, и т. п. Заводы богато оснащены контрольной аппаратурой, определяющей влажность и температуру материалов в бункерах, время перемешивания, консистенцию смеси и т. п. Показания этих приборов выносятся на сигнальные щиты пульты управления и диспетчера. Несущие конструкции и каркасы здания бетонных заводов, а также и эстакады для материалов, падающих с конвейеров, за редким исключением металлические (фиг. 154).

Обслуживающий штат столь высокомеханизированных заводов весьма невелик. Так например, бетонный завод Грэнд-Кули обслуживают 4 оператора, 2 контролера, диспетчер-механик и электромонтер. Бетонный завод Тайгерт управляется двумя операторами, двумя механиками и диспетчером. На заводе Норрис работают 4 оператора, 1 диспетчер и 1 механик.

В табл. 66 указана суточная и месячная производительность, полученная на бетонных заводах США, Западной Европы и СССР. Для сравнения показатели установки Грэнд-Кули приняты за 100%.

Как видно из таблицы, производительность американских заводов является рекордной.

Не менее характерны данные табл. 67, характеризующие возможности, связанные с высокой оснащенностью заводов автоматическими механизмами и централизованным дистанционным управлением.



Фиг. 154. Западный бетонный завод плотины Грэнд-Кули

Таблица 66

Наименование сооружения	Наибольшие удельные производительности на 1 000 л емкости бетономешалок					
	в час		в сутки		в месяц	
	м ³	%	м ³	%	м ³	%
Грэнд-Кули (США)	16,0	100	390	100	9 300	100
Норрис (США)	13,0	81	300	77	6 700	72
Тайгерт (США)	15,0	94	310	80	6 800	73
Чикамауга (США)	17,7	110	390	100	7 900	85
Пиквик (США)	16,0	100	320	82	6 100	66
Канал Москва—Волга (СССР):						
а) наибольшие показатели	14,7	92	302	78	5 470	59
б) в среднем по 7 основным заводам	—	—	256	66	3 600	39
По приведенным в табл. 65 семи строительствам Франции и Германии:						
а) наибольшие показатели	—	—	260	67	4 133 ¹	44
б) в среднем	—	—	224	58	—	—

Таблица 67

Наименование сооружения	Бетоньерки			Обслуживающий штат (человек в смену)		
	число	литраж по загрузке	суммарный литраж	всего	на 1 000 л	%
Грэнд-Кули (США)— на 1 завод	4	4 500	18 000	9	0,50	22
Норрис (США)	3	3 500	10 500	6	0,57	25
Тайгерт (США)	4	3 500	14 000	5	0,36	16
Шлюз № 5 МВС (СССР)	5	2 200	11 000	25	2,30	100
Днепрострой (СССР)— на 1 завод	6	1 500	9 000	24	2,70	117

Как видим, на современных установках США количество обслуживающего персонала составляет всего 16—25% обслуживающего штата наиболее механизированного завода МВС на шлюзе № 5.

Наконец табл. 68 доказывает эффективность крупнолитражного оборудования, а также гнездового размещения бетономешалок. Эта эффективность сказывается прежде всего в значительном сокращении объемов строительных конструкций бетонного завода и территории, необходимой для его расположения.

Таблица 68

Наименование сооружения	Бетономешалки			Строительный объем завода в м ³			Площадь здания завода в м ²		
	число	литраж по загрузке	суммарный литраж	общий	на 1 000 л	в %	общая	на 1 000 л	в %
Шлюз № 5 МВС (СССР)	5	2 200	11 000	3 715	338	169	275	25,0	373
Свирь III (СССР)	6	1 500	9 000	7 500	835	417	430	48,0	715
Тайгерт (США)	4	3 500	14 000	3 000	214	107	115	8,2	122
Грэнд-Кули (США)	4	4 500	18 000	3 600	200	100	120	6,7	100

¹ Строительство Шварценбах в Германии.

Используемые для зданий бетонных заводов и эстакад металлические конструкции обеспечивают их оборачиваемость, пожарную безопасность, быстрый монтаж и демонтаж. Естественно, что эти условия оказывают большое влияние и на себестоимость готового бетона. В СССР первым приближением к установкам подобного типа является небольшой бетонный завод строительства Дворца Советов в Москве—на две 2 200-л бетономешалки с комплектом весовых дозировок американской фирмы «Джонсон». Опыт работы этого завода дал самые положительные результаты. Более крупные установки подобного типа проектируются для строительства других гидрозлов.

2. ОПАЛУБОЧНЫЕ, АРМАТУРНЫЕ И ДРУГИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Как уже указывалось во второй части (гл. VII), на сооружениях строительства канала широко использовались разные типы стационарных опалубок. Было бы ошибочно думать, что при таком решении не был учтен большой предшествующий опыт применения разборно-щитовых опалубок на Днепрострое, Свирьстрое и ряде зарубежных строек. Дело в том, что применение стационарной опалубки было вынужденным из-за невозможности своевременной поставки необходимого для разборно-щитовой опалубки кранового оборудования.

Недостатки, присущие стационарной опалубке,—длительность ее возведения, низкая оборачиваемость, необходимость в большом количестве квалифицированных плотников — не замедлили сказаться, в особенности на основных сооружениях Строительства с большими объемами работ. Постройка опалубки занимала, как правило, не меньше время, чем самая кладка бетона, высокие темпы которой обеспечивались транспортерами.

Следует отметить, что весьма ощутительного снижения площади опалубливаемых поверхностей удалось достигнуть в результате укрупнения строительных блоков, осуществленного в 1936 г. на ряде сооружений, главным образом на шлюзах. Эта мысль возникла после освоения конвейерной подачи бетона, когда стали очевидны широкие возможности повышения темпов укладки. В днищах шлюзов площади бетонируемых блоков с 200 м² были доведены до 800 м²; таким образом целая секция днища высотой 4 м бетонировалась без разделения строительными швами в один прием. Тем самым количество опалубливаемых поверхностей было снижено в 1,5 раза.

Вначале были опасения, что увеличение объема блоков вызовет в массивах усадочные трещины. Трудность решения этого вопроса теоретическим путем и отсутствие опыта бетонирования столь больших массивов направили строительство на путь производственного экспериментирования. Была забетонирована без разрезки одна из секций днища нижней камеры шлюза № 7. После тщательного осмотра забетонированного блока было установлено отсутствие каких бы то ни было трещин. Это и послужило основанием для бетонирования без разделения на блоки всей нижней части шлюза № 5 и частично шлюзов № 1, 2 и 7.

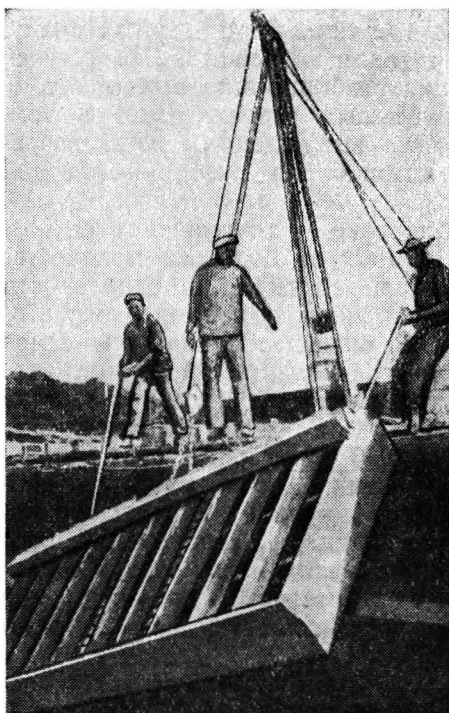
Отличные результаты были получены на строительстве по использованию при зимнем бетонировании ажурных конструкций оригинальной термоактивной опалубки. Уложенные таким способом 4 417 м³ железобетона позволяют дать этому способу самую положительную оценку. Влажная теплая среда, окружающая конструкцию со всех сторон, обеспечивает бетону наилучшие условия твердения. Отдача тепла со стороны всех поверхностей равномерна. Испарение воды из бетона, местные перегревы, замыкание электродов — явления, присущие непосредственному электронагреву, исключаются. Термоактивная опалубка полностью отвечает условиям технической и пожарной безопасности. Экономическая эффективность по сравнению с ведением работ в тепляках исключительно высока. Расходы на термообогрев, отнесенные на 1 м³ бетонной кладки, меньше стоимости тепляков, отнесенной к той же единице, не менее чем в 3 раза.

Изложенное позволяет рекомендовать этот метод к широкому применению при зимнем бетонировании ажурных конструкций.

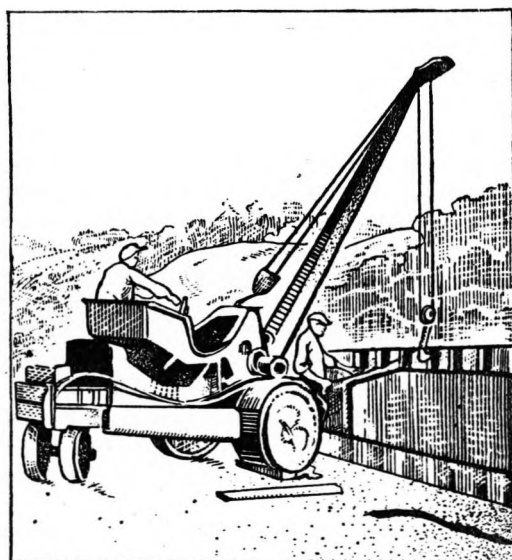
На предшествовавших крупных гидротехнических стройках Союза для опалубки вертикальных и наклонных поверхностей использовались разборные щитовые конструкции. Применявшиеся деревянные щиты площадью не больше 25 м^2 и высотой 4 м оборачивались на Днепрострое в среднем 2 раза. Установка опалубки, арматуры, а также и укладка бетона производились преимущественно дерриками грузоподъемностью $10\text{--}15 \text{ т}$, а на Днепрострое частично кранами. Деррики и краны были поставлены иностранными фирмами.

В зарубежной строительной практике деррики последние $8\text{--}10$ лет почти не находят применения. Даже в США, где этот вид механизации был излюбленным, в последние годы наиболее широкое применение получили передвижные порталные и кабельные краны и частично транспортеры.

Увеличение грузоподъемности



Фиг. 155. Укосины, устанавливающие опалубку на плотине Мэдден (США)



Фиг. 156. Малогабаритный кран для установки опалубки на плотине Норрис (США)

кранового оборудования до $20\text{--}25 \text{ т}$, вызванное стремлением сократить число агрегатов и увеличить объем бадей с бетоном, делают использование их на опалубочных работах нерациональным. Поэтому для установки опалубочных щитов в блоках и для распалубки широкое распространение получили средства малой механизации в виде переносных кранов-укосин (фиг. 155) и малогабаритных кранов небольшой грузоподъемности (фиг. 156). Краны-укосины снабжаются электрической или пневматической лебедкой и на месте установки раскрепляются вантами; в пределах блока они переносятся вручную. Малогабаритные краны — самоходные на колесном ходу. Укосина и кран на конце троса, закрепленного на щите, имеют специальный криволинейный рычаг для отрыва щитов.

Грузоподъемное оборудование, используемое на бетонных работах, предназначается лишь для подачи пакетов опалубочных щитов в зону действия укосин или малогабаритных кранов, а также для перемещения последних механизмов из блока в блок.

Кроме обычной деревянной опалубки большое распространение за гра-

ницей получила металлическая и фанерная опалубка. Металлическая опалубка «Стандарт» выполняется из элементов размерами $0,5 \times 0,5$ м, из которых набираются щиты любых размеров. Основное преимущество металлической опалубки — ее многократная оборачиваемость. В качестве примера сооружений, выполненных в металлической опалубке, можно указать на плотины Марезж и Шамбон (Франция), Циллербах (Германия) и др. Фанера толщиной 3—7 мм с успехом заменяет обшивку из досок на щитах. Ее преимущества заключаются в легкости, гладкой поверхности, а также удобстве выполнения криволинейных поверхностей.

При бетонировании шлюзных стенков, представляющих однообразный профиль на большом протяжении, с успехом применяется передвижная опалубка. Остовом опалубки является металлическая ферма или портал, передвигаемый вдоль сооружения по мере бетонирования. Таким способом были организованы опалубочные работы на шлюзах на р. Огайо (Пенсильвания, США), на шлюзах Брэйден, Минеаполис и др. Совершенно очевидно, что в практике и наших гидротехнических строек должна найти исключительное применение экономичная щитовая опалубка.

Применение транспортеров для подачи бетона на стройках последнего времени (канал Москва — Волга, строительство Рыбинского и Угличского гидроузлов на Волге) и тенденции дальнейшего распространения этого вида механизации особо заостряют вопросы производства опалубочных работ. Как показывает опыт зарубежных строек, а частично и практика строительства канала Москва — Волга, решение этого вопроса должно идти по линии широкого внедрения малой механизации: укосин, малогабаритных кранов, легких дерриков на пилонах и других простейших приспособлений. Немалую работу в этом отношении надлежит проделать и нашей промышленности, задачей которой является создание легких подвижных, портативных механизмов, так как только эти качества могут обеспечить успешность применения такой механизации.

Применение щитовой опалубки и малой механизации опалубочных работ требует пересмотра некоторых установившихся положений. Прежде всего подлежит пересмотру вопрос о размерах и объеме строительных блоков. По условиям оснований большинство гидротехнических сооружений в СССР (в отличие от сооружений США) делается из армированного бетона и железобетона. Разделение секций сооружений на блоки делает невозможной установку щитовой опалубки на всех поверхностях блоков, расположенных внутри секции, из-за пересечения их арматурой. Поэтому во всех возможных случаях необходимо стремиться к увеличению объемов блоков и в пределах к выполнению секций совершенно без разрезки на блоки. Возможность этого подтверждается опытом Москвоволгостроя. Однако достигнутые результаты отнюдь не являются оптимальными. Значительно более широкие возможности в вопросах увеличения объема блоков даст применение в качестве вяжущего специальных гидротехнических цементов с малой усадкой и экзотермией, первые опыты с которыми были успешно проведены в ЦБЛ строительства канала Москва — Волга.

Некоторому пересмотру подлежит также вопрос о рельефе верхних поверхностей промежуточных блоков. Общепринятым способом сопряжения бетона двух смежных блоков являлось устройство на верхней поверхности нижнего блока глубоких штраб трапециoidalного сечения. Очевидно, что поверхность, изрезанная штрабами, сильно затрудняет работу передвижных кранов. Практика строек США (плотины Пайн-Кэньон и Норрис) показывает, что этот вопрос может быть достаточно успешно разрешен и другим способом. В частности на этих плотинах поверхность блоков устраивалась ровной, связующее же действие штраб заменялось приданием верхней поверхности уклона в 5—10% к верховой грани.

Кроме того специальной обработкой поверхности блока (см. ниже) можно без труда достигнуть такой сопротивляемости шва сдвигу, которая почти равна сопротивлению на сдвиг бетона в целом массиве.

Весьма трудоемкой является подготовка поверхностей блока для бе-

тонной кладки. На строительстве канала очистка поверхности успешно проводилась продувкой сжатым воздухом от передвижных компрессоров, остальные же работы, в частности удаление цементной пленки и насечка старого бетона, осуществлялись вручную.

В этом отношении небезынтересным является американский опыт. Для удаления поверхностной пленки на плотинах Боулдер и Дайабло свежесхватившаяся, начинающая твердеть поверхность бетона обрабатывалась сильной струей воды давлением около 10 ат. Этим способом без труда удавалось срывать с поверхности бетона цементную пленку и значительно увеличивать шероховатость поверхности, обеспечивающую надлежащее сопряжение с кладкой смежного блока. Как показали опыты, сопротивление сдвигу шва, обработанного таким способом, составляет около 92% сопротивления по любому сечению в целом бетонном массиве. Бесспорно, что этот прием, значительно облегчающий обработку поверхностей, должен найти применение и на нашем строительстве.

Однако нельзя совсем исключить случаи, когда приходится обрабатывать уже в достаточной степени окрепшую поверхность бетона. Механизация этих работ также подлежит разработке. Одно из решений вероятно будет заключаться в прокладке неглубоких борозд мощными пневматическими молотками со специальными наконечниками.

Необходимость освоения, в особенности в последние два года строительства, большого количества арматуры в значительной мере осложнялась ее конструктивными формами, создававшими немало затруднений в производстве работ. Заготовка арматуры, как уже было сказано, была в достаточной степени механизирована. Однако механизация транспорта и установки арматуры осталась нерешенной. Выше говорилось также, что причиной этого положения являются конструктивные формы, присущие прутковой арматуре для неразрезных сооружений с длинами элементов до 40—50 м. Успешные попытки применения сборно-сварной арматуры на трубопроводе одного участка канала навели работников отдела бетонных работ Строительства на мысль распространить этот принцип и на армирование крупных гидротехнических сооружений. Основа этого принципа в переносе всей тяжести арматурных работ из блока в специальные механизированные цехи, где вместо прутковой арматуры должны заготавливаться цельносварные железные пространственные конструкции, допускающие возможность механизации заготовки, перемещения, а также установки арматуры в блоках.

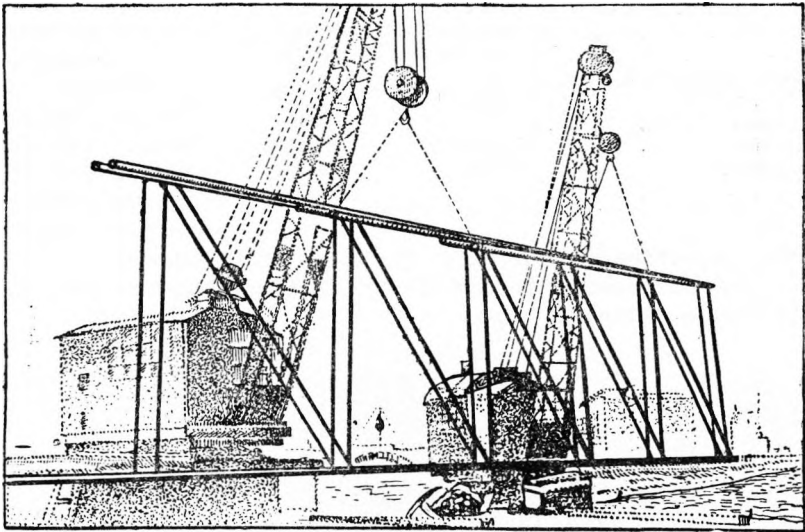
Такие конструкции, завершая механизацию арматурных работ, одновременно устраняют другие крупные недочеты, присущие обычной прутковой арматуре. Прежде всего отпадает необходимость в монтажных подмостях для установки арматуры. Замена тонкого круглого железа фермами из более толстых стержней диаметром до 100 мм и больше или профильным прокатом сильно разрядит верхние сетки арматуры и позволит беспрепятственно осуществить вибрацию бетона на всю толщину плиты. Произведенный подсчет для условий сооружения шлюза № 1 канала Москва—Волга показал, что пакет из 25 стержней диаметром 30—40 мм на 1 пог. м может быть заменен фермами с верхним поясом из трех 90-мм стержней. Гнутье арматуры, устройство крюков Консидера становятся излишними. Отпадает также необходимость в монтаже и вязке арматуры в блоках.

Для проверки в натуре способов изготовления, подъема ферм, жесткости их конструкций и для изучения технико-экономических показателей в 1937 г. на Рыбинском узле Волгостроя была изготовлена опытная ферма размером 6 × 30 м и весом 9 т (фиг. 157). Результаты испытания фермы полностью подтвердили возможность и целесообразность замены прутковой арматуры арматурными конструкциями. Даже после удаления части конструктивных раскосов жесткость фермы вполне соответствовала требованиям подъема и перемещения. Точный хронометраж, а также учет материалов и электроэнергии, затраченных на

производство опыта, позволили разрешить вопрос стоимости заготовки арматурных ферм. Сравнительной калькуляцией установлено, что при применении ферм производство работ (без стоимости железа) может обходиться значительно дешевле.

Таким образом пути решения давно назревшего вопроса индустриализации арматурных работ намечены достаточно определенно. На будущих гидротехнических строительных организациях арматурных работ должна строиться на применении сборных сварных конструкций и отказе от обычной прутковой арматуры.

Необходимо также сказать, что значительная доля успеха реорганизации арматурных работ находится в зависимости от наших промышленных организаций. Применение дуговой электрической сварки для изготовления ферм из железа крупных диаметров не является рентабельным, так как отнимает много времени и требует большого количества материалов,



Фиг. 157. Опытная сварная ферма на Волгострое, поднятая двумя кранами

энергии и высококвалифицированного труда. Поэтому промышленность должна обеспечить стройки мощными контактными электросварочными машинами для сварки железа диаметром 90—100 мм и больше. Следует отметить, что на строительстве канала были попытки сваривать термитным способом арматуру большого диаметра. К сожалению эта работа пока что недостаточно глубоко проанализирована сварщиками.

Параллельно возникает вопрос о производстве мощных разрывных прессов для испытания качества сварки стержней большого диаметра. Предстоит также организация серийного выпуска подъемного транспортного оборудования для работы в арматурно-сварочных цехах и на самом сооружении на месте установки ферм. В большинстве случаев это должны быть передвижные краны — кабельные, порталные, стреловые грузоподъемностью в 10—25 т.

До сих пор длина прутьев железа, поступающего на стройки, 6—7 м лимитируется исключительно условиями его перевозки на железнодорожных платформах. В то же время из прокатных станом прутья выходят значительно большей длины и резка их производится только из-за условий перевозки.

Увеличение длин стержней уменьшает число стыков и тем самым объем наиболее трудоемких и дорогих сварочных работ. Поэтому своевременно поставить перед железнодорожным транспортом вопрос об организации перевозки длинномерных прутьев.

3. ТРАНСПОРТ И УКЛАДКА БЕТОНА

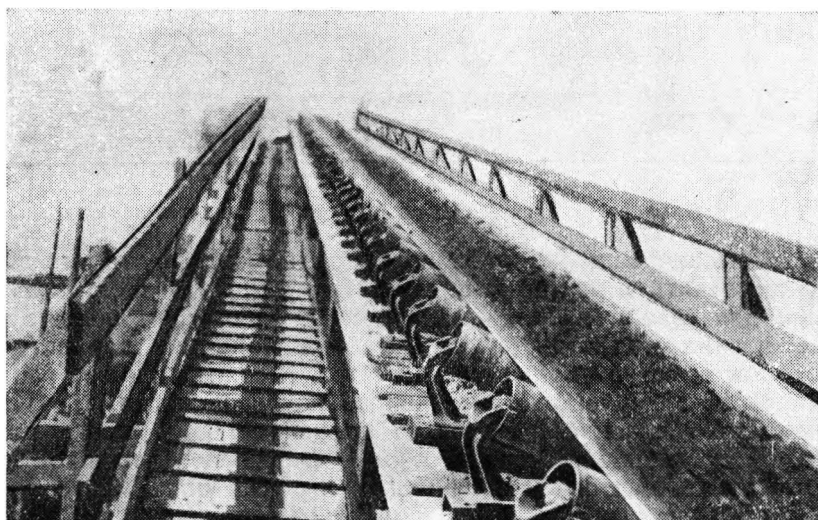
Практика строительства канала Москва — Волга позволяет оценить ленточные транспортеры, как один из наиболее совершенных видов механизмов для перемещения бетона.

Таблица 69

Наименование строительства	Страна	Объем бетонных работ, выполненных с применением транспортеров, в м ³
Дайабло	США	268 000
Вермонт	Австрия	144 000
Устои моста через р. Гудзон . .	США	81 000
Мареж	Франция	185 000
Отгмахау	Германия	140 000
Очистительная станция в Нью-Йорке	США	82 500
Олд-Милл Стрим	США	78 000
Шлюз Маннгейм	Германия	60 000
„ Миннеаполис	США	49 000
Ванаки	„	23 000

Применяемые в настоящее время за границей блокировка и автоматизация транспортерных передач обеспечивают большие возможности централизованного управления процессами транспорта и укладки бетона, что для крупных гидротехнических сооружений особенно важно. Преимущества, присущие транспортерам, обеспечили этому виду механизации большое распространение в за-

граничной строительной практике. В табл. 69 приведены объемы бетонных работ, выполненных с применением транспортеров на наиболее известных зарубежных строительствах.



Фиг. 158. Подача бетона транспортером

На строительстве канала Москва — Волга объем бетонных работ, выполненных с применением транспортеров, составляет около 1 млн. м³ (фиг. 158).

Производительность ленточных транспортеров на заграничных стройках и на строительстве канала Москва—Волга приводится в табл. 70.

Для сравнения количества транспортеров, обслуживавших подачу бетона на различных строительствах, приводим табл. 71.

Как видим, выполненный с применением транспортеров объем бетонных работ и общая протяженность транспортерных систем на канале

Наименование сооружения	Ширина ленты в м	Скорость в м/сек	Максимальная производительность		Консистенция бетона
			в м ³ /час	в м ³ /сутки	
Шлюз № 5 МВС	750	1,5	160,0	2 476	Малопластичный
Одна из бетонных плотин МВС	750	1,5	147,0	2 361	"
Вермунт	750	1,0	139,0	2 700	"
Отгмахау	750	1,2	120,0	—	Пластичный
Дайбл	600	1,2	80,2	1 165	Малопластичный
Олд-Милл Стрим	600	—	75,0	—	Пластичный
Мареж	—	—	—	1 000	"

Москва — Волга значительно превосходят соответствующие цифры зарубежных строителей. Достигнутая производительность транспортеров является рекордной.

Однако необходимо заметить, что на строительстве канала Москва — Волга сделаны лишь первые шаги в деле освоения транспортеров. Причиной этого является специфичность бетона по сравнению с другими материалами, перемещаемыми ленточными транспортерами. Эта специфичность бетона заключается в том, что он представляет собой (влажную вязкую смесь, состоящую из ряда разнохарактерных компонентов.

Процесс транспортировки должен обеспечивать доставку на место укладки бетона определенного состава и структуры. Это требование и отличает транспортировку бетона от транспортировки обычных однородных материалов. Обычное транспортерное оборудование не во всех частях отвечает этим условиям. В частности совершенно непригодными оказались погрузочные устройства, механизмы для промежуточного сбрасывания, приспособления для очистки ленты. В процессе эксплуатации транспортеров возник ряд новых требований, успешное разрешение которых может радикально улучшить использование транспортеров для перемещения бетона.

Учитывая несомненное широкое развитие транспортерной подачи бетона, считаем необходимым подробно остановиться на слабых местах этого дела, на намеченных новых решениях, а также и на требованиях к нашей промышленности подъемно-транспортного оборудования.

Одним из слабых звеньев транспорта бетонной смеси является перегрузка ее из бетономешалок на транспортеры через промежуточные бункеры с затворами в нижней части. Жесткий бетон с добавкой трепела в силу своей вязкости, способности к образованию сводов и заклиниванию без принудительного побуждения не поступает из бункера на ленту непрерывно и равномерно. Наличие отдельных, не заполненных бетоном участков ленты приводит к тому, что смесь расползается на наклонных участках линий и расслаивается при встрясках на роликовых опорах. Радикальным мероприятием, устраняющим этот недочет, должно быть устройство побудителей для прохождения бетонной смеси в бункерах и питателей между бункером и лентой. В качестве побуждающего устройства достаточно одну из боковых стенок или нижнюю воронку бункера сделать вибрирующей. Тип питателя для подачи бетона на ленту должен быть

Таблица 71

Наименование строительства	Общая протяженность транспортеров в м
Канал Москва — Волга	7 000
Ванаки	4 000
Очистительная станция в Нью-Йорке	798
Мост через р. Гудзон	630
Олд-Милл Стрим	550
Вермунт	334

найден экспериментальным путем. Надо полагать, что наиболее пригодной для этой цели конструкцией должна оказаться вибрационно-лотковая.

Недостаточно совершенной является также операция промежуточного сбрасывания бетона с транспортной ленты. Самый факт промежуточного сбрасывания, связанный с изменением направления потока под прямым углом, вызывает некоторое расслоение смеси. Крупная добавка — щебень или гравий — сбивается к дальнему краю последующей ленты, раствор же имеет стремление разместиться с ее ближней стороны. Поэтому крайне желательно во всех возможных случаях и в особенности на распределительных линиях применять телескопические транспортеры, обеспечивающие сброс бетона в любой точке на всем протяжении секции. Однако необходимо учитывать, что в ряде случаев, как например при перегрузке бетона с магистральных линий на передвижные распределительные, сбрасывание под углом является неизбежным, а потому этот вопрос подлежит дальнейшему изучению.

Применявшиеся на строительстве для промежуточного сбрасывания бетона ножи, как уже отмечалось, оказались весьма несовершенными. Выпускаемые же промышленностью передвижные сбрасыватели были также неудовлетворительны из-за пологости разгрузочных лотков. Правда, на строительстве применялись передвижные барабанные сбрасыватели, но это потребовало значительной реконструкции «Рустелы».

Промежуточное сбрасывание бетона должно быть осуществлено путем создания устройства, удовлетворяющего требованиям самоходного передвижения, минимального провисания ленты перед тележкой (для возможности обслуживания коротких транспортеров), самотечного продвижения бетона по разгрузочным желобам и исключения необходимости в закреплении тележки на раме для устойчивости. Кроме того предстоит разрешить вопрос создания передвижных сбрасывателей для реверсивных транспортеров, а также стационарных сбрасывающих устройств барабанного типа.

Немаловажное значение при перемещении бетона приобретает очистка транспортной ленты. Применявшиеся для этой цели на строительстве эластичные скребки с грузовыми противовесами не обеспечивали полную очистку ленты от раствора. Для очистки ленты после первого скребка устраивался второй — жесткого типа. Однако и при двух скребках приходилось наблюдать проскакивание раствора, особенно в момент прохода через скребки места сшивки ленты металлическими шарнирными петлями.

Для сохранения состава бетона имеет значение также и количество перегрузок смеси в пути. Каждая перегрузка вызывает необходимость некоторого свободного перепада материала, что способствует его расслоению. Одновременно наблюдается потеря раствора на перегрузочных и направляющих лотках. Сокращение перегрузок бетона должно идти по пути увеличения длин транспортерных секций. Эти возможности пока ограничены тем, что наша промышленность выпускает оборудование, допускающее устройство секций длиной не свыше 150 м. Между тем в США длина секций доходит до 700 и 800 м. Совершенно необходимо освоить производство новых типов оборудования и в частности высококачественной транспортной ленты и транспортеров с парциальными приводами.

Некоторые затруднения встречает эксплуатация распределительных передвижных транспортеров в зимнее время. Такие транспортеры, обычно небольшой длины, монтируются на катучих металлических фермах. В зимнее время с целью утепления над фермой устраивается галерея. При этих условиях нагрузки на ферму сильно возрастают, вся конструкция приобретает громоздкость, вес ее увеличивается в 1,5—2 раза. С увеличением веса фермы ее передвижение осложняется, возникает необходимость в усиленных подмостях и эстакадах и т. д.

Необходимость утепления распределительных транспортеров вызывается в основном тем, что при низких температурах обычная резиновая лента впитывает в себя некоторое количество влаги перемещаемого.

материала, на ее поверхности образуется ледяная корка, в результате чего на конечных барабанах и огибающих роликах происходят переломы и разрывы, сцепление ленты с приводным барабаном уменьшается, лента буксует. Транспортёры могут работать удовлетворительно при низких температурах при условии применения незамерзающей смазки. Опасаться же охлаждения бетона на распределительных транспортерах не следует, так как длина последних обычно не больше 30—40 м, а продолжительность пребывания материала на ленте не превышает 20—25 сек. Таким образом успешное разрешение вопроса о специальной ленте позволит отказаться от утепления распределительных систем и значительно упростит транспортировку бетона в зимнее время. Для магистральных транспортеров придется идти на устройство сборных и разборных галлерей.

Немалое влияние на вес распределительных устройств оказывает оборудование транспортеров, выполняемое отечественной промышленностью из чугуна. Замена чугуна сталью, ковким чугуном или пластмассами позволит значительно уменьшить вес стандартных элементов транспортера.

Для иллюстрации широких возможностей, имеющихся у нас в этом направлении, приводим табл. 72, в которой сопоставлены данные, характеризующие вес чугунного и стального оборудования.

Таблица 72

Наименование элементов	Вес в кг	
	чугунные (отечественного производства)	стальные (американского производства)
Барабан: $d = 600$ мм; $L = 850$ мм; ширина ленты $b = 750$ мм	220	100
Секция желобчатой роликоопоры на шарикоподшипниках для ленты $b = 750$ мм	54	34
Роликоопора плоская на шарикоподшипниках для ленты $b = 750$ мм	17,5	12

При сбросе бетона через хоботы наблюдается расслоение смеси, что заставляет перелопачивать смесь перед укладкой. Хоботы с лопастями, допускающие непоточную и даже порционную загрузку, на строительстве применялись, но большого распространения не получили, так как при большой длине и применении малопластичного бетона с добавкой трепела происходили постоянная забивка и заклинивание смеси.

По литературным данным¹ хоботы, примененные на постройке плотины Оттмахау, при глубине опускания бетона 18 м значительно улучшали его механические свойства, повышая их в некоторых случаях в 2 раза.

По нашему мнению нет оснований ожидать столь большого увеличения прочности бетона вследствие его прохождения через хобот. Надо полагать, что данные плотины Оттмахау либо характеризуют бетон, недостаточно перемешанный в бетоньерках, либо являются следствием нетщательно поставленных опытов, либо наконец представляют собой рекламный материал.

Необходимо в ближайшее же время провести экспериментальную работу с хоботами большой высоты, особенно с хоботами, оборудованными лопастями и вибрирующими побудителями.

Кроме ленточных транспортеров в заграничной практике применяются и другие механизмы для транспортировки и укладки бетона. Так, на стройках США за последнее время большое распространение получили бетононасосы. Объемы бетона, уложенного при помощи бетононасосов, показаны в табл. 73.

¹ Горохов и Малахович. Ленточные транспортеры на строительстве, изд. 1935 г

Таблица 73

Годы	Объемы бетона, уложенного в США бетононасосами, в м ³
1932	2 600
1933	195 000
1934	660 000
1935	800 000
1936	1 300 000

Следует все же отметить, что приведенные в таблице объемы невелики по сравнению с общими объемами бетонной кладки.

Бетононасосы, область применения которых вначале ограничивалась небольшими железобетонными сооружениями, в настоящее время используются в США для возведения и массивных бетонных плотин и шлюзов. В качестве примера таких сооружений можно привести 4 шлюза на р. Миссисипи с объемом бетонной кладки от 60 до 75 тыс. м³ в каждом, выпол-

ненных исключительно бетононасосами. Производительность бетононасосов, примененных на этих шлюзах, составляла в среднем за час чистой работы от 19,7 до 28,2 м³, а заиковый месяц от 12 600 до 17 500 м³.

В гидростроительстве СССР бетононасосы должны несомненно получить широкое распространение. Обслуживание насосами подачи бетона

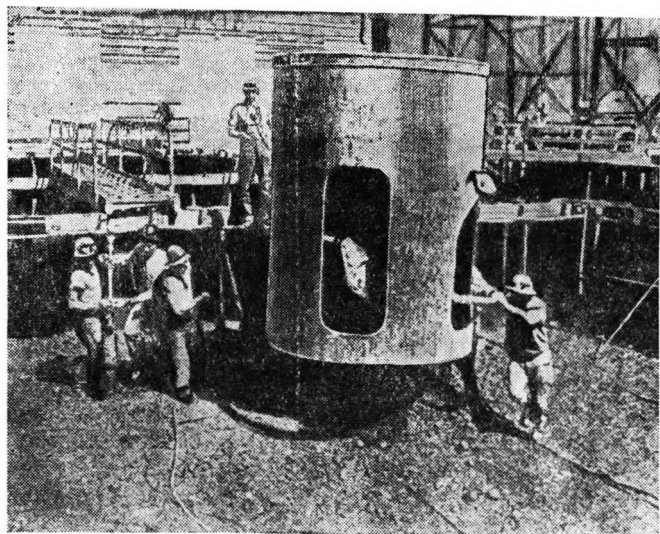
в бычки, колонны и другие отдельно стоящие или высоко расположенные элементы избавляет от устройства дорогостоящих эстакад. Безусловные преимущества бетононасосов выявляются также и при подаче бетона в густо армированные конструкции, всякого рода облицовки, монтажные штрабы и т. п. В настоящее время наша промышленность только подходит к освоению бетононасосов. Организациям, занимающимся этим вопросом, необходимо учесть, что область применения

бетононасосов в гидротехническом строительстве будет зависеть не только от их производи-

тельности и дальности подачи, но также и от приспособленности к перемещению бетона жесткой консистенции.

На бетонных работах США самое широкое распространение получили кабельные краны. Если раньше сфера применения кабельных кранов ограничивалась сооружениями, расположенными в сильно пересеченной местности, то в настоящее время этот вид механизации применяется и при сравнительно спокойном рельефе. Причина этого кроется прежде всего в увеличении грузоподъемности кранов, а вместе с тем и объема бадей, что позволяет сильно повысить производительность одного механизма и уменьшить количество обслуживающего персонала.

Грузоподъемность кранов от 10 до 25 т позволяет транспортировать бадей емкостью 3,0—6,0 м³ (фиг. 159). Обеспечивая возможность производить в среднем около 300 подъемов в сутки, кабельные краны позволяют значительно повышать производительность. Так например, на плотине Боулдер суточная кладка бетона доходила до 7 000 м³ и на пло-



Фиг. 159. Опорожнение бадей емкостью в 3 м³ в блоке плотины Грэнд-Кули

тине Норрис — до 3 200 м³; максимальный объем бетона, уложенный в месяц на плотине Норрис, составляет 70,5 тыс. м³.

Кабельные краны получили широкое распространение также на гидростроительстве в Западной Европе. В Германии при помощи кабельных кранов возведены плотины Шварценбах и Шварца, во Франции — плотины Сотэ и Шамбон, в Швейцарии — плотина Гримзель.

В СССР кабельные краны применялись лишь на нескольких строительных объектах — РионГЭС, виадук в Мацесте, мост Метро, Москворецкий мост и жилые дома на ул. Горького в Москве. Опоры кранов — стационарные, грузоподъемность — в пределах от 2 до 5 т. Более совершенные краны установлены в настоящее время на строительстве Рыбинского и Угличского гидроузлов для механизации опалубочных и арматурных работ. Из четырех установленных кранов три радиальных с одной передвижной башней и один параллельный с двумя передвижными опорами. Пролеты кранов — до 450 м, грузоподъемность — до 10 т, высота башен — от 25 до 45 м.

Отметим, что применение кабельных кранов в СССР должного развития на укладке бетона до сих пор не получило. Причинами этого является неконкурентоспособность в СССР малогрузоподъемных кабельных кранов с транспортерами и в особенности дефицитность этого оборудования. Заметим, что в США кабельные краны получили большое развитие только после доведения их грузоподъемности до 20—25 т. Поэтому первоочередной задачей нашей промышленности является освоение оборудования и высококачественных канатов большого диаметра для мощных кабельных кранов.

Одним из наиболее старых и распространенных видов механизации бетонных работ в США являются деррики и краны, применявшиеся также в СССР на строительстве Днепровской и Свирской ГЭС. Основными недостатками вантовых дерриков являются их стационарность, что вызывает на сооружениях с большим фронтом работ потребность в очень большом количестве кранов, низкий коэффициент использования, сравнительно большое потребление и ограниченность сферы действия из-за относительно небольших длин стрел и грузоподъемности. После появления транспортеров, бетононасосов и мощных кабельных кранов применение в США вантовых дерриков и стационарных крановых установок было полностью оставлено. Установки делаются преимущественно передвижными. Промышленность перестраивается на изготовление порталных кранов и передвижных дерриков на пилонах и порталах. Интересно заметить, что наиболее крупное по объему бетонных работ строительство Грэнд-Кули в США за последние годы использует для укладки бетона только порталные краны и стреловые на пилонах.

Наша промышленность сильно отстает в этой области. Передвижные деррики, деррики на порталах и порталные краны серийно не изготавливаются. Выпускаются исключительно стационарные деррики. Выпускаемые паровые краны чрезвычайно громоздки, длины их стрел и грузоподъемность малы. Увеличивающиеся с каждым годом объемы гидростроительства требуют решительных сдвигов советского краностроения в ближайшее же время.

К числу больших заслуг строительства канала Москва—Волга относится массовое производственное освоение механического уплотнения бетона при помощи виброаппаратов.

Успешный опыт строительства канала Москва—Волга дал толчок широкому развитию механического уплотнения бетона на большинстве наших крупных строек.

Небезынтересно в этом свете оглянуться на опыт механического уплотнения бетона за границей. В Германии до 1934—1935 гг. традиции применения литого бетона оказались достаточно сильными для того, чтобы все крупнейшие сооружения — Крибштейн, Блейлох, Циллербах — были выполнены из бетона с расходом воды до 300 кг/м³. Поэтому механическое

уплотнение бетона большого распространения на стройках Германии не получило. В гидростроительстве Франции виброаппаратура имеет большое применение. Наиболее крупные сооружения последних лет — Марезж, Сотэ, Шамбон — выполнены с уплотнением бетона виброаппаратами.

В американской строительной практике большое применение всегда имели пластичные бетоны, уплотняемые ногами и шуровкой лопатами. Таким способом выполнены сооружения Дайабло, Буль-Ран и одна из наиболее крупных плотин — Боулдер, на которой вибрирование применялось лишь частично для разравнивания куч бетонной смеси и уплотнения бетона у опалубки. Однако с 1930—1932 гг. механизированная укладка бетона успешно вытесняет все остальные, ассортимент виброаппаратуры значительно расширился. С помощью вибраторов уложен бетон в сооружения Пайн-Кэньон, Бонневиль, Норрис, Кэльдербуд, шлюзов на р. Миссисипи, исключительно вибраторами укладывается бетон и на крупнейшей в мире плотине Грэнд-Кули. Одновременно с вибрированием осуществляется переход на менее пластичные бетоны. Осадка конуса с 7,5—10 см (Боулдер, Буль-Ран) уменьшается до 2,5—6 см (Пайн-Кэньон, Грэнд-Кули, Кэльдербуд).

Наряду с развитием в нашем строительстве вибрирования бетонной смеси надлежит провести большую работу по освоению совершенной виброаппаратуры. Применявшиеся на строительстве канала Москва — Волга поверхностные вибраторы платформенного типа и внутренние вибраторы являются только первой ступенью на пути к механизмам, отвечающим требованиям крупного гидростроительства. Для крупных массивных сооружений необходима аппаратура высокой производительности с высокой частотой колебаний, обеспечивающая возможность укладки слоев толще 15—20 см и применения заполнителей размерами до 150—200 мм. Чрезвычайно важно также механизировать разравнивание куч бетона, что при порционной выдаче бетона в блок из бадей или неподвижно закрепленных хоботах приобретает особое значение. Эта операция также должна выполняться вибромеханизмами. Предстоит создание ряда специальных современных аппаратов для уплотнения бетона в густо армированных конструкциях, а также у граней опалубки. Длястроек с дефицитом электроэнергии большого внимания заслуживает применение пневматических или гидравлических вибромеханизмов.

Объемы крупного гидротехнического строительства в СССР бурно растут с каждым годом. Если всего 10 лет назад за исключением Волховской станции нельзя было назвать ни одного крупного гидростроительства, то за последующие годы выстроены — ДнепроГЭС, Свирь III, Беломорско-Балтийский и Волго-Московский каналы. В настоящее время находятся в постройке Рыбинский и Угличский гидроузлы на р. Волге, Свирь II, Волго-Балтийский водный путь. Намечены к постройке грандиозные сооружения на Волге, Каме, Оке и т. д. Основным материалом для всех этих сооружений являются бетон и железобетон. Объемы бетонных и железобетонных работ на каждой такой установке исчисляются миллионами кубометров.

Для успешного выполнения столь больших задач в производстве бетонных работ должен быть сделан в ближайшее же время решительный перелом. В основу всех процессов, связанных с производством бетонной кладки, должен быть положен принцип полной индустриализации работ. Механизация должна базироваться на крупных высокопроизводительных механизмах. Широкое применение должны получить автоматизация процессов, дистанционное управление механизмами, диспетчерская система управления работами. Немалое будущее должно принадлежать также приборам и устройствам, контролирующим качество приготовления, транспортировки и укладки бетона.

Все это возлагает на наши промышленные организации серьезные обязанности. Необходимо освоить производство пневматических насосов и перегружателей для цемента, шламонасосов, крупнолитражных бетоно-

мешалок и весовых дозирующих приборов к ним, бетононасосов, высококачественных канатов большого диаметра для подвесных дорог и кабельных кранов, мощных порталных и стреловых кранов, а также контрольно-измерительной аппаратуры и приборов для автоматики и дистанционного управления.

Вполне своевременно также модернизировать механизмы, уже выпускаемые сейчас в серийном порядке. В особенности это касается транспортёрного оборудования, которое должно быть облегчено, конструктивно улучшено и значительно расширено в смысле ассортимента. Модернизации подлежат также и крановое оборудование; его также следует облегчить, удлинить стрелы, увеличить грузоподъёмность, а в ряде образцов перейти от паровых двигателей к электрическим.

Коренные изменения и усовершенствования должны претерпеть также механизмы для уплотнения бетонной смеси. Конструкции существующих виброаппаратов должны быть улучшены, приспособлены для более производительной и продолжительной работы.

ИНСТРУКЦИЯ ПО УПЛОТНЕНИЮ БЕТОНА ВИБРАТОРАМИ ¹

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Уплотнение бетона вибраторами должно производиться со строгим соблюдением всех правил настоящей инструкции. Неправильное или небрежное применение вибрации приводит к плохому уплотнению бетона, дает брак бетонной кладки, устранение которого требует в последующем больших затрат.

2. Особое внимание при работе с вибраторами должно быть уделено неуклонному выполнению всех правил техники безопасности. Несоблюдение их может привести к несчастным случаям.

II. ВИБРАТОРНОЕ ХОЗЯЙСТВО

3. На работах применяются главным образом электромоторные вибраторы. У этих вибраторов колебание создается электромотором с укрепленными на его валу эксцентриками. Число сотрясений в 1 мин. — около 2 800.

4. Мотор каждого вибратора имеет паспорт, написанный на металлической пластинке и прикрепленный к мотору. В паспорте дается характеристика мотора (мощность, напряжение, сила тока, число оборотов в 1 мин. и т. д.).

5. На работах применяются главным образом четыре типа электромоторных вибраторов: поверхностный, стержневой, вибробулава и тисковой.

6. Все поступающие на строительство вибраторы до отправки их на сооружения должны быть проверены. При проверке вибраторов производятся: а) детальный общий осмотр; б) испытание в ящике с песком в течение 5 мин. с измерением величины потребляемого вибратором тока.

7. Эффективность действия различных типов вибраторов на различных составах бетона проверяется центральной лабораторией бетона. Ею же ведется научно-исследовательская работа в области применения вибрации.

8. К работе допускаются только проверенные вибраторы, снабженные соответствующими паспортами. Вибраторы, не имеющие паспорта, ставить на работу запрещается.

9. Каждый вибратор должен быть снабжен 20—30 м шлангового провода сечением $3 \times 1,5 + 1 \times 1,0$ марки ПРШТ или же ее заменяющей.

10. Запрещается производить какие-либо переделки вибраторов без согласования с управлением строительства.

III. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

11. Для обеспечения успешного применения вибраторов необходимо своевременно провести ряд подготовительных мероприятий.

А. Определение необходимого числа вибраторов

12. Выбор типов вибраторов производится в соответствии с конструктивными особенностями возводимого сооружения.

13. Основная часть бетона массивных сооружений (плотины, шлюзы) уплотняется поверхностными вибраторами, которые применяются в тех местах, где размеры сооружения в плане и расстояние между стержнями арматуры позволяют перемещать по поверхности слоя бетона поверхностный вибратор. При наличии вертикальной и наклонной арматуры или арматуры в виде нескольких горизонтально расположенных сеток поверхностный вибратор может быть применен только при совместной работе со стержневыми вибраторами, вибробулавами или ручной штыковкой, обеспечивающими уплотнение бетона около арматуры.

14. Стержневой вибратор и вибробулава применяются в следующих местах:

а) в массивах при уплотнении слоя бетона с густой горизонтальной сеткой арматуры, если поверхностный вибратор, установленный над этой сеткой, не может уплотнить соответствующий слой, стержневой же вибратор или вибробулава свободно проходят между стержнями арматуры;

б) в массивах для уплотнения бетона по периметру блока вдоль опалубки и по линии сопряжения с ранее уложенным бетоном, а также для уплотнения бетона около вертикальных и наклонных стержней арматуры;

в) при бетонировании небольших блоков, а также немассивных частей бетонных сооружений (колонн, стенок балок и т. п.).

¹ Инструкция Москвоволгостроя, уточненная и доработанная в 1938 г. Волгостроем; приводится с небольшими сокращениями.

15. Тисковой вибратор применяется при бетонировании:

- а) колонн небольшого сечения;
- б) более крупных колонн, закрытых сверху арматурой балок и прогонов;
- в) балок, прогонов, крупных элементов сборного железобетона — при наличии густой арматуры;
- г) железобетонных стенок, всевозможных резервуаров, перегородок толщиной до 30 см с двойной арматурой, различных железобетонных труб и пр.

П р и м е ч а н и е . В тех случаях, когда уплотнение бетона возможно производить другим видом вибратора, например стержневым или вибробулавой, следует остановиться на последних, так как они дают большую производительность и значительно удобнее в работе, чем тисковой вибратор.

Однако для целого ряда работ, например при бетонировании тонких железобетонных стен, перегородок, труб, небольших по сечению колонн и т.п., тисковой вибратор не может быть заменен каким-либо другим типом вибратора.

16. Подсчет необходимого для бетонирования сооружения числа вибраторов различных типов делается, исходя из конструкции сооружения, разбивки его на блоки, общего срока бетонирования, толщины намеченных к укладке слоев, длительности их укладки и приведенных ниже данных о производительности вибраторов.

17. Ввиду возможного выхода из строя части вибраторов, необходимо всегда иметь на сооружении запас в количестве около 60% числа вибраторов, находящихся в блоке; из них не менее половины в полной исправности должны находиться около бетонизируемого блока, из числа же остальных часть вибраторов может находиться в ремонте.

Б. План работы вибраторов и обеспечение их электроэнергией

18. Для каждого типового элемента сооружения должен быть составлен план уплотнения бетона вибраторами с указанием типов и числа необходимых вибраторов, схемы подачи бетона в рассматриваемый элемент сооружения и порядка уплотнения его вибраторами.

19. Для надлежащего обеспечения правильной подачи электроэнергии должен быть составлен проект устройства питающей вибраторы электросети, включающий в себя:

- а) расчет необходимого числа трансформаторов или генераторов тока;
- б) схему проводки и расчет необходимого числа проводов, изоляторов и прочего установочного материала для питающей линии;
- в) число и оборудование распределительных щитов и места их установки.

П р и м е ч а н и е . Каждый вибратор должен иметь свой рубильник, предохранитель и заземляющее устройство.

20. Все электрооборудование согласно указанию п. 19 должно быть заготовлено и установлено на место не позже чем за смену (8 час.) до начала бетонирования блока и должно быть тщательно проверено до начала работ.

В. Обеспечение ремонта вибраторов

21. Каждое сооружение, производящее укладку бетона с помощью вибраторов, должно иметь в непосредственной близости от места укладки бетона склад-мастерскую для текущего ремонта и хранения вибраторов. Во главе мастерской стоит старший мастер по вибраторам.

Если количество вибраторов, занятых на работах данного сооружения, более 20, старший мастер по вибраторам должен быть освобожден от каких-либо других обязанностей кроме ухода за вибраторами и их ремонта.

22. В распоряжении старшего мастера по вибраторам находятся: а) электрослесари по ремонту вибраторов; б) сменные электромонтеры для ухода в блоке за вибраторами и питающей их сетью.

23. Базы для капитального ремонта вибраторов должны быть организованы при мехзаводах.

24. Все устройства для текущего и капитального ремонта вибраторов должны быть приведены в полную готовность для работы не позже чем за 5 дней до начала бетонирования сооружения.

Г. Подготовка кадров

25. Для обеспечения надлежащей постановки работ по уплотнению бетона вибраторами необходимо, чтобы весь персонал, руководящий бетонными работами с применением вибрации, четко знал все правила уплотнения бетона вибраторами, изложенные в настоящей инструкции.

26. Каждый рабочий вибраторщик должен быть своевременно ознакомлен с правилами работ по уплотнению бетона вибраторами, причем он должен твердо усвоить:

- а) безусловную необходимость особо осторожного обращения с вибраторами ввиду наличия в сети тока опасного для жизни напряжения;
- б) цель работы;
- в) правильный способ работы.

27. Ни один вибраторщик не должен быть допущен к выполнению работ с вибраторами ранее проверки твердого и четкого усвоения требований, предусмотренных предыдущим пунктом инструкции.

28. Для учета вибраторщиков на каждом сооружении должна иметься картотека вибраторщиков со специальной графой для отметки о проверке знаний.

29. Каждое сооружение должно быть обеспечено необходимым числом электромонтеров и электрослесарей, достаточно подготовленных для ухода за вибраторами и их ремонта. В случае необходимости своевременно должна быть организована подготовка соответствующих специалистов.

IV. ПОРЯДОК УПЛОТНЕНИЯ БЕТОНА РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ВИБРАТОРОВ

А. Общие требования

30. Пластичность бетона, уплотняемого вибраторами, определяется величиной осадки нормального конуса Абрамса, которая должна быть: а) для массивных частей сооружений — в пределах от 1 до 4 см, б) для густоармированных частей сооружений — в пределах от 4 до 7 см. Уплотнение вибраторами бетона с осадкой более 7 см запрещается.

31. Строгое выполнение всех правил настоящей инструкции и установленного плана бетонирования (п. 18) распорядка работы лежит на обязанности сменных прорабов бетонных работ.

32. В каждой рабочей смене при одновременном работе более десяти вибраторщиков последние организуются в самостоятельную бригаду во главе с бригадиром — старшим вибраторщиком.

33. За каждым рабочим вибраторщиком в смене закрепляются для работы определенные номера вибраторов, за которые он несет ответственность в течение каждой своей смены и которые он ежедневно передает соответствующему вибраторщику следующей смены.

34. В каждую смену на работы, обслуживаемые электровибраторами, обязательно должны назначаться электромонтеры, на обязанности которых лежит: а) наблюдение за исправным состоянием и работой питающей электросети; б) наблюдение за работой вибраторов, своевременное обнаружение и устранение возможных во время их работы неисправностей.

35. Запрещается приступать к работе по бетонированию блока до получения сменным производителем работ бетонных работ разрешения ответственного дежурного по электромеханической части, который должен сделать в журнале бетонных работ подпись, разрешающую работу вибраторов.

36. В случае, если при включении вибратора он не работает, вибраторщик немедленно должен выключить вибратор и вызвать дежурного электромонтера для выяснения и устранения неисправностей.

37. Не реже чем раз в месяц каждый вибратор, находящийся в работе, должен быть тщательно осмотрен и проверен вибраторными мастерскими.

38. Каждый раз после работы, а также при длительных перерывах в течение рабочего дня каждый вибратор должен быть тщательно очищен от бетонной смеси и осмотрен.

39. Ни в коем случае нельзя пускать вибратор вхолостую при установке его на жесткую, твердую поверхность.

40. Вне работы вибратор должен храниться в закрытом, сухом помещении в совершенно чистом состоянии.

41. Перед вибрированием бетон разравнивается лопатами. Если при подаче его образовались местные скопления гравия, щебня или раствора, нарушающие однородность состава, то необходимо тщательно перемешать бетонную смесь для восстановления нарушений ее однородности.

42. Учитывая относительно большую величину силы трения между бетоном и поверхностью опалубки, необходимо для плотной укладки бетона, прилегающего к опалубке, принимать специальные меры, указанные ниже в пп. 43 и 44. Вибратор не может одной своей работой дать необходимое уплотнение вдоль поверхности опалубки; здесь безусловно необходима предварительная работа штыкованием и отжимкой, после чего вибратор в совершенстве заполнит раствором все промежутки между щепенками; переместить же щепенки вдоль опалубки и отжать их от нее вибратор не может.

43. Для надлежащего обеспечения удовлетворительной укладки и достаточной степени уплотнения бетона, прилегающего к опалубке, необходимо на каждый блок назначать ответственных рабочих, на обязанности которых должно быть возложено исключительно надлежащее уплотнение бетона на поверхностях его, прилетающих к опалубке. За качество укладки бетона в этих местах они несут полную ответственность (фамилии их записываются в журнал бетонных работ).

44. Для обеспечения наиболее совершенного выполнения работы, предусматриваемой п. 43, необходимо выполнять эту работу следующим путем:

- а) вдоль опалубки укладывается слой бетона толщиной не более 10 см и тщательно проштыковывается, причем отдельные щепенки сдвигаются так, чтобы не осталось между ними никаких каверн;
- б) после этого укладывается и штыкуется второй слой бетона той же толщины;
- в) после укладки и уплотнения бетона, как указывалось в пп. «а» и «б», производится отжимка бетона от опалубки дырчатой лопаткой и затем уже уплотнение внутренним вибратором.

Примечание. Особенно тщательно необходимо выполнять работу по пп. «а» и «б», если близ опалубки в бетон включена арматура.

45. Запрещается касаться вибраторами наклонных или вертикальных стержней арматуры, уложенных в толщу ранее уложенного и частично затвердевшего бетона, так как этим нарушается сцепление арматуры с бетоном.

46. Все гайки на вибраторе должны быть всегда тщательно завинчены до отказа и закреплены контргайками или специальными шайбами. Через каждые полчаса работы вибратора необходимо проверять исправность всех болтовых его соединений. В случае обнаружения дефектов нужно немедленно позвать дежурного электромонтера, который должен устранить замеченные недочеты.

47. Необходимо непрерывно вести наблюдения за температурой корпуса мотора, не давая мотору перегреться. Для облегчения наблюдения за температурой мотора рекомендуется на корпусе его нанести черту специальной теплочувствительной красной краской. При поднятии температуры мотора выше 70° эта краска меняет цвет, становясь фиолетово-бурой.

При обнаружении перегрева мотора вибратор должен быть немедленно выключен и может быть снова включен лишь с разрешения сменного электромонтера.

48. По окончании работы с вибратором он должен быть очищен от бетона, досуха вытерт и затем отнесен в закрытое помещение. Периодически мотор вибратора должен просушиваться.

Ни в коем случае нельзя оставлять вибратор на месте работы, так как он может быть подмочен водой яри поливке бетона или дождем и обмотка электромотора отсыреет, что приведет к порче мотора.

Подводящий провод протирается сухой тряпкой, аккуратно смывается и сдается вместе с вибратором в мастерскую. Наблюдение за выполнением требований этого пункта ведет сменный производитель работ.

49. Для обеспечения правильной работы вибраторов колебания в величине напряжения питающего их тока не должны превышать 5—7%.

Б. Требования по технике безопасности

50. Должно быть обращено особое внимание на строгое и точное выполнение требований, предписываемых «Правилами безопасности при эксплуатации электрических устройств».

Проверка выполнения этих требований производится соответствующим специальным техническим персоналом сооружения.

В. Работа поверхностными вибраторами

51. Организовать работу уплотнения бетона поверхностными вибраторами и подачу для этого бетона следует так, чтобы уплотнение бетона велось всеми вибраторами строго по составленной заранее схеме работ. Нельзя допускать беспорядочного, бессистемного уплотнения бетона.

52. Уплотнение бетона следует производить правильными непрерывными полосами.

После уплотнения бетона под площадью рабочей доски вибратора он переставляется на смежную часть вибрируемой полосы, причем устанавливается так, чтобы край рабочей доски его перекрывал бы на 1—2 см провибрированную перед этим площадью бетона.

53. По окончании вибрирования одной полосы начинается вибрирование смежной полосы так, чтобы ее край на 1—2 см перекрывал край предыдущей, уже уплотненной полосы бетона на отведенном для вибратора участке.

54. Категорически запрещается заменять перестановку вибратора медленным протаскиванием его по уплотненному бетону. При перестановке вибратора на смежный участок слоя ток не выключается.

55. Поверхностный вибратор может уплотнить слой бетона толщиной в неуплотненном состоянии не более 20 см. Уплотнение поверхностным вибратором слоев толщиной более указанной величины категорически запрещается. Точно так же запрещается уплотнять поверхностным вибратором слои толщиной менее наибольшего размера применяемого крупного заполнителя.

56. Длительность выдерживания поверхностного вибратора на одном месте (продолжительность уплотнения) зависит от толщины уплотняемого слоя и консистенции бетона и берется по нижеследующей таблице.

Толщина укладываемого слоя в см	Продолжительность уплотнения в сек.	
	при бетоне с осадкой 2 см	при бетоне с осадкой 4 см
15	60	50
20	75	60

57. Внешними признаками достаточного уплотнения бетона поверхностным вибратором является нижеследующее: на поверхности бетона появляется цементное молоко, прекращается интенсивное выделение рядом с вибратором пузырьков воздуха, рабочая доска вибратора погружается в бетон не менее, чем на $\frac{2}{3}$ своей толщины. По этим внешним признакам необходимо контролировать достаточность норм, предписанных п. 56, и в случае необходимости увеличить длительность вибрирования.

58. В уплотненном слое бетона иногда встречаются такие места, которые вибратор не может проработать даже при увеличении длительности вибрирования. Это может иметь место тогда, когда бетон расслоился при транспортировке и однородность его в блоке недостаточно восстановлена. При обнаружении таких мест должны быть приняты дополнительные меры к восстановлению однородности бетона, и только после этого может производиться уплотнение вибратором.

69. Практикующееся иногда вставание ногами на рабочую доску поверхностного вибратора не способствует лучшему уплотнению бетона и не должно быть допускаемо.

60. Для облегчения удаления из бетона воздуха бетон нужно во время уплотнения его поверхностным вибратором проштыковать на всю толщину укладываемого слоя штыковкой-ми. Штыковать надо вокруг доски вибратора со стороны еще не уплотненного бетона. Штыковку следует втыкать наклонно так, чтобы она заходила под доску работающего вибратора.

61. В случае обнаружения в уплотненном бетоне местных скоплений воды и воздуха, сообщающих бетону значительную упругость, легко замечаемую при хождении по нему, следует такие места проработать дополнительно, для чего: а) тщательно проштыковать эти места; б) при штыковании одновременно вибрировать бетон вокруг штыкуемого места; в) после получения необходимого уплотнения провибрировать дополнительно ту площадь, где производилось штыкование.

Примечание. При бетоне с осадкой конуса более 5 см упругость его после уплотнения может иметь место как следствие большой пластичности бетона и не является показателем скопления воды и воздуха.

62. Заглаживать следы, оставленные рабочей доской вибратора, не требуется; также нет надобности заботиться в процессе непрерывной работы о подготовке поверхности бетона для укладки следующего слоя.

Г. Работа стержневыми вибраторами

63. Стержневой вибратор рабочей держит за ручки и опускает вертикально или слегка наклонно в разровненный слой бетона на толщину укладываемого слоя. В таком положении вибратор следует держать около $\frac{1}{2}$ мин. и затем медленно вынуть из бетона и переставить на следующее место. Скорость поднятия вибратора должна быть такой, чтобы отверстие, сделанное им в бетоне, успело заплыть.

64. Для облегчения работы стержневым вибратором рекомендуется привязывать к нему лямки, с помощью которых значительная часть веса вибратора передается на плечи вибраторщика.

65. Радиус круга действия стержневого вибратора — около 20 см. Поэтому каждая его установка должна отстоять от предыдущей или последующей не более чем на 30 см, чтобы круги его действия перекрывали всю поверхность уплотняемого слоя.

66. Уплотнению стержневым вибратором бетона у опалубки обязательно должны предшествовать штыковка и отжимка бетона, как это указано в пп. 42—44 настоящей инструкции. Должно быть обращено особое внимание на плотность опалубки (во избежание возможного вытекания раствора через щели в ней) и на прочность опалубки.

Д. Работа виброулавами

67. Виброулава, как и стержневой вибратор, вертикально или наклонно погружается в бетон на глубину, равную толщине уплотняемого слоя. В таком положении виброулава выдерживается около $\frac{1}{2}$ мин., причем для лучшей проработки слоя ее необходимо во время выдерживания немного (на 6—10 см) приподнимать и опускать. После этого виброулава медленно вынимается из бетона с соблюдением тех же правил, что и для стержневого вибратора.

68. Радиус круга действия виброулавы — около 25 см. Поэтому одна ее установка должна отстоять от другой на расстоянии не более 35 см, чтобы круги ее действия перекрывали всю поверхность уплотняемого слоя.

69. При уплотнении виброулавой бетона около опалубки должны быть соблюдены правила п. 66, приведенные для стержневого вибратора.

Е. Работа тисковыми вибраторами

70. Тисковой вибратор имеет радиус действия в направлении, нормальном к плоскости опалубки, около 25 см; в плоскости опалубки в направлении, совпадающем с направлением досок опалубки, — до 75 см; в перпендикулярном к нему направлении — до 40 см.

71. Если толщина бетонируемого сооружения меньше соответствующего радиуса действия вибратора, то тисковые вибраторы могут быть установлены лишь с одной стороны; если равна или более, — то обязательно с двух сторон в шахматном порядке (вразбежку).

Примечание. Для большей однородности уплотнения бетона желательнее и при бетонировании тонких сооружений предпочитать установку вибраторов с двух сторон.

72. Площади, обрабатываемые смежными и противоположными вибраторами, должны взаимно перекрываться по внешнему контуру не менее чем на 3—5 см.

73. При работе с тисковыми вибраторами необходимо особенно тщательное изготовление опалубки.

74. Один вибраторщик может обслужить 2—3 и более тисковых вибраторов, в соответствии с чем делается расчет вибраторщиков при составлении схемы работ.

76. Первоначальная установка вибраторов производится на 0,2 м выше подошвы укладываемого слоя бетона.

76. Загрузка бетона должна производиться слоями средней толщиной не более 0,4 м.

77. Необходимое время выдерживания тискового вибратора на одном месте зависит от консистенции бетона, толщины бетонируемого элемента сооружения и конструкции опалубки. Оно колеблется от 1 до 6 мин. и для каждого случая должно быть установлено опытным путем. В процессе вибрирования бетон необходимо штыковать.

78. Перестановка тисковых вибраторов, расположенных на противоположных поверхностях возводимой стенки, производится одновременно.

Ж. Часто встречающиеся недочеты в работе вибраторов

79. Во всех случаях, когда вибраторщик обнаружит какие-либо недочеты в работе вибраторов, он должен немедленно, для их устранения обратиться к дежурному электромонтеру.

80. У электромоторных вибраторов чаще всего встречаются следующие недочеты: а) перегрев мотора; б) обрыв одного из проводов, подводящих ток к мотору (так называемый обрыв фазы); в) остановка мотора из-за перекаса оси или из-за неправильного положения кожуха; г) дрожание частей мотора из-за ослабления креплений.

81. Перегрев мотора может произойти: а) при обрыве одной фазы; б) при ослаблении крепления вибратора; в) при заедании подшипников; г) при проворачивании обоймы подшипника в крышке; д) при плохих контактах; е) при пониженном напряжении в питающих проводах; ж) при большом люфте в подшипниках; з) при отсыревании обмотки статора; и) при работе вибратора на жестком основании (на арматуре, на схватившемся бетоне, на досках и т. п.).

Как только обнаружен перегрев, мотор должен быть немедленно выключен и может быть включен лишь с разрешения дежурного электромонтера после устранения неисправностей, вызвавших перегрев.

Если мотор своевременно не выключен, происходит сгорание обмотки статора и вибратор надолго выходит из строя.

82. Обрыв фазы может произойти:

а) от небрежного обращения с подводящим ток проводом; дергать вибратор за провод нельзя; провод по выходе из мотора должен быть привязан к вибратору;

б) от постепенного перетиранья изоляции проводов, происходящего во время вибрации; во избежание этого провода в том месте, где они проходят через крышку мотора, должны быть заключены в резиновую или эбонитовую трубку; по мере возможности следует выводные концы делать из провода марки ПРШТ (четырёхжильный $3 \times 1,5 + 1 \times 1,0$), а в крышке устанавливать для этого провода специальную втулку.

Если оборвана одна фаза, вибратор, будучи включен, не вибрирует, а мотор производит слабое гудение и сгорает. Если фаза оборвалась в процессе работы вибратора, он продолжает работать, лишь несколько изменив звук. В обоих случаях вибратор нужно немедленно выключить и вызвать дежурного электромонтера.

83. Перекас вала мотора и кожухов эксцентров происходит от разработки частей вибратора или от скверной их сборки. При перекасе частей мотор или совсем останавливается, или работает рывками, со стуком или с сильным гудением. Нужно немедленно выключить вибратор и вызвать дежурного электромонтера для устранения недочетов.

84. Дрожание частей вибратора от ослабления его креплений легко обнаруживается по звуку. Вибратор нужно немедленно выключить и передать дежурному электромонтеру для подтягивания ослабленных креплений. Неумелое устранение этих недочетов неопытным рабочим грозит порчей мотора.

85. У вибробулавы иногда происходит самоотвинчивание якоря (нижняя часть булавы). Для избежания этого необходимо так подключить мотор, чтобы его вращение способствовало завинчиванию якоря вибробулавы, погруженной в бетон, а не наоборот (при взгляде на вибробулаву сверху небольшое ее вращение, совпадающее с направлением вращения мотора, должно происходить по часовой стрелке).

V. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ВИБРИРУЕМОГО БЕТОНА

86. Контроль работы по уплотнению бетона вибрированием производится: а) путем повседневного учета работы вибраторов и сопоставления данных об их работе с требованиями настоящей инструкции; б) путем фактического взятия и испытания проб бетона на определение объемного веса бетона, величины его временного сопротивления сжатию и водопроницаемости.

87. Учет времени работы каждого вибратора в блоке ведется специальным учетчиком, который должен находиться около распределительного щита с рубильниками. Запись ведется на специальном бланке.

Для возможности ведения учета у каждого распределительного щита должны иметься часы.

Примечание. Если число работающих в блоке вибраторов не более 5, специальный учетчик может не выделяться и ведение учета может быть поручено электромонтеру, стоящему у распределительного щита и производящему включение и выключение вибраторов.

88. В конце смены сменный производитель работ бетонных работ представляет начальнику сооружения рапорт об укладке бетона вибраторами.

89. Сменный электромонтер отмечает причины всех происшедших в течение смены вынужденных остановок вибраторов и в конце смены докладывает об этом мастеру по ремонту вибраторов. О всех случаях выхода вибраторов из строя в капитальный ремонт составляется установленной формы акт.

90. Старший мастер по вибраторам должен вести: а) журнал работы вибраторов, в который ежедневно заносятся данные о числе часов, проработанных каждым вибратором; б) журнал ремонта вибраторов, в котором ведется учет ремонта вибраторов и профилактического их осмотра (п. 37).

91. Старший мастер по вибраторам один раз в пятидневку представляет начальнику сооружения рапорт о состоянии вибраторного парка.

92. Для контроля эффективности действия вибраторов на каждом сооружении у дежурного лаборатории бетона должен иметься контрольный колокол с манометром. Контрольный колокол, будучи погружен в бетон в сфере действия вибратора, во время работы вибратора должен показать на манометре давление в сантиметрах водяного столба, приблизительно в два раза больше глубины погружения в сантиметрах нижней части колокола в бетон. Во всех случаях, когда испытание колоколом показывает неудовлетворительную работу того или другого вибратора, немедленно должна быть выяснена и устранена причина этого явления.

93. Определение качества бетона, укладываемого в сооружение, производится по образцам, взятым непосредственно из бетонного массива при помощи специальных дырчатых форм.

94. Для взятия образца из какого-либо слоя бетонной кладки сооружения форма устанавливается на поверхность ранее уложенного слоя бетона, после чего укладывается новый слой бетона такой толщины, чтобы он на 5—10 см перекрыл верхний край формы. Затем производится нормальное уплотнение нового слоя бетона.

95. При установке форм днище их должно быть тщательно прижато к поверхности ранее уложенного слоя бетона так, чтобы под днищем совершенно не оставалось пустого пространства.

96. Вынутые из слоя образцы подвергаются обработке согласно специальной инструкции ЦБЛ.

97. Количество отбираемых образцов устанавливается ЦБЛ.

VI. ПОРЯДОК ЗАПОЛНЕНИЯ БЛАНКОВ УЧЕТА РАБОТЫ ВИБРАТОРОВ

А. Бланк учета работы вибраторов — форма 1

98. Ведение учета вибраторов является обязанностью сменных производителей бетонных работ.

99. Для ведения учета в каждой смене, производящей бетонные работы с помощью вибраторов, выделяется специальный учетчик. Учетчик располагается около щита с рубильниками и по часам отмечает время включения и выключения каждого вибратора.

Примечание. Если в смене работает менее пяти вибраторов, ведение учета может быть поручено электромонтеру, производящему включение и выключение рубильников.

100. По окончании смены учетчик обязан подсчитать длительность работы каждого вибратора и общее число часов работы всех вибраторов за смену.

101. Заполненный бланк учета работы вибраторов сдается учетчиком в контору начальника сооружения, где эти листки должны храниться в специальной папке.

102. Тетрадь с бланками учета работы вибраторов хранится в конторе начальника сооружения, откуда на каждую смену учетчик получает один бланк.

103. Все листы в тетради бланков пронумерованы. Использовать их для черновых подсчетов или других целей кроме ведения учета вибраторов воспрещается. Случайно испорченные бланки должны с соответствующей надписью храниться в одной папке с заполненными бланками.

Б. Сменный рапорт об укладке бетона вибраторами — форма 2

104. Сменный рапорт об укладке бетона вибраторами является основным документом, отражающим работу вибраторов на сооружении.

105. Заполнение рапорта лежит на обязанности сменных производителей работ бетонных работ.

ПЯТИДНЕВНЫЙ РАПОРТ

о состоянии вибраторного парка сооружения _____ на 17 час. „ _____ 19__ г.

Тип вибратора	За пятидневку		Налицо	В том числе				За пятидневку			Находится в капитальном ремонте	Имеется в ЧТС	Примечание (откуда прибыли вибраторы и куда убыли)
	Было по преддущему рапорту	прибыло на сооружение		исправных	невсправных		вышло из строя		отремонтировано в мастерских				
					в блоке	в резерве	в текущем ремонте	требует капитального ремонта		в капитальный ремонт			

Старший мастер по вибраторам _____

Проверил: инструктор по вибрации _____

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ДАННЫЕ О РАСХОДЕ МАТЕРИАЛОВ НА 1 м³ БЕТОНА

Богатый опыт строительства канала Москва—Волга по бетонным и железобетонным работам позволяет подвести некоторые небезынтересные итоги по фактическому расходу на этом многогранном строительстве различных материалов на единицу бетонной кладки. Произведенные для этой цели бюро технического отчета МВС обработки первичных данных районных и полевых бетонных лабораторий, технического отдела и центральной приемочной комиссии Строительства дали богатейший материал, позволяющий сделать ряд принципиальных выводов о влиянии на размер и вид потребного материала различных природных, конструктивных, проектных и производственных условий.

Углубленная научно-исследовательская проработка этого материала и сравнение с данными по другим стройкам — несомненно самостоятельная тема соответствующего исследовательского института. Здесь же нами приводятся лишь основные данные по главнейшим и характерным сооружениям канала (табл. 1, 2).

Анализируя полученные результаты, можно констатировать, что присадка трепела на строительной площадке и укладка бетона электромеханическими вибраторами являются основными мероприятиями строительства канала Москва — Волга, благодаря осуществлению которых в широких размерах достигнуто сокращение расхода цемента. Средний фактический расход цемента в железобетонных гидротехнических сооружениях канала составил 243 кг на 1 м³ бетона.

По крупнейшим объектам канала этот фактический средний расход цемента в кг на 1 м³ бетона составил:

1. Шлюзы: № 5.....	211,3
№ 6.....	212,0
№ 2.....	224,0
№ 9.....	224,0
№ 7.....	229,6
№ 4.....	235,0
№ 1.....	242,0
№ 3.....	243,0
№ 8.....	247,5
№ 11.....	258,0
№ 10.....	293,0

(шлюз имеет контрфорсные стенки; бетон на нем укладывался вручную, присадка трепела не применялась).

2. Плотины:

№ 10.....	229
№ 11	241
№ 9.....	258

3. Насосные станции (железобетонные конструкции) 258

4. Заградительные ворота..... 238

На предшествующих строительству канала крупнейших гидротехнических сооружениях СССР средний расход цемента на 1 м³ бетона был следующий (в кг):

1. Волховстрой:

а) тело плотины.....	310
б) „ речной стенки шлюза.....	245

2. Днепрострой: плотина..... 265— 285

3. Свирьстрой: плотина и шлюз... 280

По современным заграничным крупнейшим гравитационным плотинам средний расход цемента на 1 м³ бетона следующий (в кг):

а) На крупнейших европейских гидротехнических стройках:

	Часть основания и верховая сторона плотины	Остальная часть плотины
Италия	300—400	225—300
Швейцария	300	190
Германия	200 кг с добавкой трасса или гранулированных доменных шлаков— до 75 кг/м ³	

По высоким бетонным плотинам США:

Плотина Боулдер	225
„ Пайн-Кэньон	216
„ Дайабло	284
„ Вотервиль	268
„ Келервуд	250

Таким образом строительство канала Москва—Волга имеет определенные достижения в отношении гидротехнических бетонов с минимальным содержанием вяжущих материалов и с применением пуццолановой добавки трепела. При этом необходимо учесть ряд особых условий на строительстве канала, влиявших на расход цемента при производстве бетонных работ и снижавших возможности его сокращения. К таковым относятся: 1) неудовлетворительный и переменный гранулометрический состав гравия многочисленных карьеров, впервые разведанных и осваивавшихся в период стройки; 2) неоднородный петрографический состав гравия с значительной засоренностью (до 50%) известняками разного качества и частично слабыми породами; 3) мелкозернистость, а также высокая влажность песков некоторых карьеров, обслуживавших сооружения северного склона канала, что затрудняло производство присадки трепела мокрым путем; 4) поступление цемента со многих заводов, разных марок, не уязванного с технологическими требованиями к бетону разных сооружений; 5) значительный объем бетонных работ, выполненных в зимнее время.

Механизация работ по изготовлению арматуры и применение электросварки контактным способом методом оплавления на стыковых аппаратах АСН-25 дали возможность избежать значительного перерасхода арматуры.

Отмечаемый по некоторым сооружениям незначительный перерасход арматурного железа против проекта обусловлен отсутствием в момент производства работ железа проектных диаметров. Кроме того в проектные подсчеты не входила монтажная арматура.

Расход материалов по всем сооружениям показан на фактические, а не на проектные объемы бетона и без учета производственных, транспортных и других потерь, отходов и брака.

По железобетонным мостам, шоссейным и железнодорожным, приведены общие данные о среднем расходе материалов без выделения расходов по пролетным строениям.

Фактический расход материалов на 1 м³ бетона по главнейшим и типовым сооружениям канала Москва — Волга

№ п/п	Наименование сооружений	Учтеный при исследовании период производства бетонных работ (от — до)	Бетон, уложенный с присадкой трепела		Фактический расход на 1 м ³ бетона					Арматурного железа по проекту в кг
			Бетон, уложенный с присадкой трепела	Бетон, уложенный вибраторами	цемента в кг	трепела в кг	песка в м ³	гравия, щебня в м ³	арматурного железа в кг	
1. Шлюзы										
1	Шлюз доковый однокамерный с причальными и ограждающими устройствами и туннелем	XII/1935—VI/1937	57	54	242	29,5	0,46	0,75	43,1	42,5
2	То же без туннеля	XI/1935—IV/1937	77	75	224	40,5	0,46	0,78	35,1	33,6
3	То же	VII/1934—XI/1936	42	58	243	16,0	0,45	0,73	22,1	21,8
4	"	VI/1936—VII/1937	68	71	235	35,5	0,46	0,76	31,0	30,1
5	"	IV/1936—V/1937	89	77	211,3	44,1	0,47	0,73	30,6	30,6
6	"	IV/1935—VI/1937	90	83	212	45,3	0,44	0,75	25,6	25,3
7	"	VIII/1934—XI/1936	65	82	224	31,0	0,38	0,80	27,6	25,7
8	" с контрфорсной стенкой	VIII/1933—XI/1934	—	—	290	—	0,44	0,78	43,3	43,3
9	То же (малый)	VI/1936—V/1937	33	22	258	24,5	0,48	0,77	30,7	30,7
10	" двухкамерный	V/1935—IX/1936	55	80	229,6	25,0	0,44	0,75	36,2	35,2
11	То же	IX/1934—X/1936	46	72	247,5	14,0	0,44	0,76	33,0	32,9

По всем шлюзам средний расход цемента составляет 235 кг на 1 м³ бетона; с присадкой трепела выполнено 50% и уложено вибраторами 70% от общего объема бетона. Шлюз с контрфорсной стенкой закончен постройкой до введения на строительство присадки трепела и укладки бетона вибраторами. Бетон по шлюзам порядковых номеров 3 и 11 в 1934 г. шел без трепела и вибрации, поэтому здесь более высокий расход цемента.

2. Бетонные плотины

12	Плотина с напором 17,8 м	VIII/1934—X/1935	49	62	244	16,3	0,43	0,80	20,4	19,0
13	То же, 6,0 м	VIII/1934—IX/1936	54	64	229	24,3	0,45	0,78	3,4	3,3
14	" 6,5 "	II/1934—XI/1935	—	—	258	—	0,45	0,80	5,0	5,0

3. Гидроэлектростанции

15	ГЭС № 7	VIII/1935—VI/1937	86	16	236	41,5	0,44	0,76	28,5	28,5
16	То же № 8	I/1936—VIII/1937	27	28	260	15,0	0,47	0,76	52,4	52,4

№ п/п	Наименование сооружений	Учтенный при исследовании период производства бетонных работ (от — до)	Бетон, уложенный с присадкой трепела		Фактический расход на 1 м ³ бетона					Арматурного железа по проекту в кг
			в % от общего количества	Бетон, уложенный вибраторами	цемента в кг	трепела в кг	песка в м ³	гравия, щебня в м ³	арматурного железа в кг	
17	То же № 4	VIII/1934—IX/1936	—	—	265	—	0,44	0,77	11,8	11,8
18	„ № 2	VI/1936—VI/1937	33	39	252	20,0	0,47	0,75	19,6	19,6
19	„ № 5	II/1936—III/1937	15	33	267	6,3	0,50	0,80	40,0	39,0

4. Насосные станции

20	Насосная станция	VI/1936—V/1937	78	21	253	32,6	0,47	0,78	76,0	64,0
21	То же	VII/1936—III/1937	67	5	257	37,6	0,42	0,73	58,0	58,0
22	„	XI/1936—IV/1937	68	4,5	248	40,8	0,45	0,74	65,5	62,0
23	„	V/1936—V/1937	77	1,4	275	47,2	0,43	0,73	56,7	56,7
24	„	VIII/1936—II/1937	81	—	251	45,0	0,45	0,72	64,0	60,0

На насосных станциях вследствие отсутствия специальных вибраторов укладка бетонной смеси производилась в основном вручную.

5. Водоспуски и водосбросы

25	Водосброс при земляной плотине с напором 15 м	V/1935—XI/1936	94	82	225	27	0,50	0,80	9,0	8,8
26	То же при другой земляной плотине с напором 21,3 м	IV/1936—X/1936	25	53	220	16	0,50	0,80	4,6	4,6
27	Водосброс-водоспуск при земляной плотине с напором 17 м	VII/1934—III/1937	20	61	260	8	0,50	0,80	7,2	7,2
28	Донный водоспуск при земляной плотине с напором 14 м	XII/1933—IV/1936	—	—	285	—	0,44	0,70	7,5	6,8
29	То же при земляной плотине с напором 15 м	IV/1934—IX/1936	—	—	260	—	0,50	0,80	8,0	7,5
30	То же при другой плотине с напором 13 м	V/1934—VII/1934	—	—	280	—	0,50	0,80	7,0	6,1
31	То же при плотине с напором 21,3 м	III/1934—IV/1937	—	—	265	—	0,50	0,80	11,3	11,3
32	Водоспуск при земляной плотине с напором 28 м	VIII/1933—XI/1936	—	—	257	—	0,46	0,79	7,6	7,6

№ п/п	Наименование сооружений	Учетный при исчислении пересд производства бетонных работ (от — до)	Бетон, уложенный с присадкой трепела		Фактический расход на 1 м ³ бетона					Арматурного железа по проекту в кг
			в % от общего количества	Бетон уложенный вибраторами	цемента в кг	трепела в кг	песка в м	гравия, щебня в м ³	арматурного железа в кг	
33	Водосброс и донный водоспуск при земляной плотине с напором 20 м	VIII/1933— X/1934	1,5	—	250,0	1	0,46	0,80	3,8	3,8
34	Донный сброс на судходном канале	III/1935— X/1936	—	—	300,0	—	0,41	0,81	5,3	5,2
35	Водосброс на канале	IX/1934— XII/1936	—	—	283,0	—	0,43	0,78	5,2	5,0
36	То же	VII/1936— III/1937	89	—	246,2	49,4	0,44	0,71	37,1	36,0

6. Заградительные ворота, трубы и дюкеры

37	Заградительные ворота (откатные) № 1	V/1936— II/1937	—	71	267,0	—	0,45	0,75	45,7	43,4
38	То же № 2	V/1936— III/1937	14	47	280,0	8,0	0,43	0,78	32,7	32,7
39	Заградительные ворота (ферма Томаса) № 1	V/1936— II/1937	—	64	280,0	—	0,45	0,74	10,8	10,0
40	То же № 2	VII/1935— XI/1936	88	88	217,0	40,0	0,43	0,78	св. н.	7,1
41	„ № 3	X/1935— X/1936	81	64	231,0	46,0	0,42	0,74	9,6	9,2
42	„ № 4	VIII/1935— X/1936	69	86	237,0	32,3	0,53	0,77	11,7	9,9
43	„ № 5	VII/1935— V/1936	78	71	230,5	37,4	0,45	0,77	10,2	10,0
44	„ № 6	I/1937— VII/1937	29	95	266,0	16,0	0,50	0,80	св. н.	42,9
45	Груба под каналом для пропуска реки	VII/1935— XI/1936	—	—	307,0	—	0,41	0,71	82,0	76,4
46	То же	V/1936— IX/1936	—	—	288,0	—	0,47	0,76	67,0	67,0
47	„	X/1933— VIII/1934	—	—	256,5	—	0,49	0,80	св. н.	9,5
48	„	VI/1934— VIII/1934	—	—	280,0	—	0,41	0,80	4,0	4,0
49	Дюкер на судходном канале	VI/1936— VII/1936	—	—	315,0	—	0,44	0,75	св. н.	35,2
50	То же	XI/1934— II/1935	—	—	287,0	—	0,41	0,78	35,5	35,3
51	„	IX/1934— IX/1936	—	—	290,0	—	0,41	0,78	35,9	35,9
52	„	VI/1936— X/1936	—	—	295,0	—	0,43	0,76	46,7	43,8
53	„	IX/1935— II/1936	—	—	284,5	—	0,44	0,71	32,6	32,2
54	„	с перерыв. IX/1935— XII/1935	—	—	283,5	—	0,42	0,75	32,6	32,5

№ п/п	Наименование сооружений	Учтенный при исчислении период производства бетонных работ (от — до)	Бетон, уложенный с присадкой трепела		Фактический расход на 1 м ³ бетона					Арматурного железа по проекту в кг
			в % от общего количества	Бетон, уложенный вибраторами	цемента в кг	трепела в кг	песка в м ³	гравия, щебня в м ³	арматурного железа в кг	

7. По одному из каналов

55	Головное водозаборное сооружение	I/1936— VI/1936	—	23	290	—	0,44	0,77	—	111,6
56	Второе водозаборное сооружение	VIII/1935— X/1935	90	—	275	41	0,42	0,76	—	80,0
57	Открытый канал в 2 нитки	VIII/1935— X/1936	—	—	280	—	0,47	0,70	—	12,0
58	То же	V/1936— XII/1936	—	2	290	—	0,48	0,74	—	12,5
59	Трубопровод	I/1936— X/1936	—	—	300	—	0,42	0,71	—	83,5
60	То же	V/1935— XI/1936	6	—	295	3	0,42	0,74	—	67,5
61	"	XI/1934— X/1936	2,4	2	299	1	0,41	0,72	—	66,0
62	Регулятор	XI/1935— XII/1935	70	—	250	32	0,45	0,76	—	51,7
63	То же	VI/1936— II/1937	—	—	280	—	0,44	0,77	—	76,3
64	Переключатель	XII/1935— VIII/1936	—	—	302	—	0,42	0,71	—	36,0
65	То же	VIII/1935— XI/1935	—	13	298	—	0,45	0,75	—	33,7
66	Дюкеры	IX/1934— XI/1935	—	—	270— 310	—	0,42— 0,48	0,71— 0,76	—	34,5— 78,9

На сооружения этого канала употреблялись в основном пуццолановый и трассовый портландцементы. Присадка трепела при кладке на портландцементе применялась только на некоторых сооружениях (2% от общего количества всего бетона по этому каналу). Укладка бетона вибраторами применялась в ограниченном размере (4% от общего количества бетона).

8. Мосты и отводы

67	Сооружение № 1	X/1935— VIII/1936	—	82	287	—	0,45	0,76	26,7	26,1
		В том числе пролетные строения			380	—	0,43	0,74	26,7	26,1
68	" № 2	II/1935— XI/1935	—	—	440	—	0,43	0,70	св. н.	83,0
69	" № 3	IX/1935— VI/1936	—	53	315	—	0,45	0,77	св. н.	41,4
		В том числе пролетных строений			410	—	0,44	0,75	св. н.	

№ п/п	Наименование сооружений	Учтенный при исчислении период производства бетонных работ (от — до)	Бетон, уложенный с присадкой трепела		Фактический расход на 1 м ³ бетона					Арматурного железа по пресекту в кг
			в % от общего количества	Бетон, уложенный вибратором	цемента в кг	трепела в кг	песка в м ³	гравия, щебня в м ³	арматурного железа в кг	
70	Сооружение № 4	VII/1935— IX/1935	—	—	270	—	0,47	0,76	св. н.	0,5
71	" № 5	V/1936— VI/1936	—	—	270	—	0,46	0,75	—	0,3
72	" № 6	V/1936— IX/1936	—	—	318	—	0,45	0,75	86,5	84,7
73	" № 7	IV/1935— VI/1935	—	92	260	—	0,47	0,76	св. н.	3,8
74	" № 8	IV/1935— VII/1935	—	88	270	—	0,46	0,76	—	4,8
75	" № 9	IV/1936— IX/1936	—	14	296	—	0,45	0,75	53,5	52,9
76	" № 10	VIII/1936— II/1937	—	63	340	—	0,46	0,73	58,5	57,6
77	" № 11	I/1937— VII/1937	—	100	384	—	0,43	0,75	78,5	76,9
78	" № 12	III/1936— XI/1936	—	80	300	—	0,45	0,74	38,4	38,8
79	" № 13	V/1936— I/1937	—	76	307	—	0,45	0,74	39,7	39,3
80	" № 14	XI/1935— VI/1937	—	58	319	—	0,44	0,74	71,6	73,0
81	" № 15	VII/1935— XI/1936	—	—	335	—	0,44	0,79	св. н.	110,0

10. Лотки

Бетон лотков укладывался вручную, а присадка трепела применена только на одном из десяти лотков. Поэтому расход портландцемента составляет от 270 до 289 кг на 1 м³ бетона сооружений и только по одному лотку составлял 253 кг портландцемента и 37 кг трепела. Песка расходовалось от 0,45 до 0,50 м³ и гравия-щебня от 0,71 до 0,80 м³ на 1 м³ бетона. Армирование было конструктивное, и поэтому расход железа составлял в среднем от 2,6 до 7,0 кг на 1 м³ бетона.

11. Пристани, остановочные пункты, гавань, вокзал

Бетон пристаней, остановочных пунктов за исключением одной пристани укладывался вручную. Расход материалов на 1 м³ бетона составлял: портландцемента — от 277 до 300 кг, песка — от 0,40 до 0,50 м³ и гравия-щебня — от 0,71 до 0,80 м³. По грузовой гавани, пассажирскому вокзалу и фекальной станции портландцемента пошло от 247 до 254 кг, трепела — от 30 до 34 кг, песка 0,45 м³ и гравия-щебня 0,75 м³ на 1 м³ бетона. Расход арматурного железа колеблется от 20 до 91 кг на 1 м³ бетона в зависимости от относительного количества железобетонных частей и степени армирования.

12. Паромные переправы

Бетон паромных переправ укладывался вручную и без присадки трепела. Расход материалов на 1 м³ бетонной кладки составлял: портландцемента — от 260 до 288 кг, песка от 0,41 до 0,60 м³ и гравия-щебня от 0,72 до 0,80 м³. Расход арматуры по 11 паромным переправам составлял от 22,3 до 28 кг на 1 м³, по двум паромным переправам — от 10,5 до 14,3 кг и по одной переправе — 40 кг на 1 м³.

Таблица 2

Насыщенность арматурой главнейших бетонных сооружений канала Москва — Волга

1. Шлюзы

№ п/п	Наименование сооружений	Общий расход арматурного железа в кг на 1 м ³ бетона	Насыщенность арматурой отдельных частей сооружения в кг на 1 м ³ бетона						
			верхняя голова	нижняя голова	камера	палы	причальные устройства	ограждающая эстакада	туннель
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Шлюз доковый одискамерный с причальными ограждающими устройствами	43,1	21,4	44,0	45,2	Подпорные стенки и рамы 91,7 Рама 51,3	Рама 103,7	—	53,5
2	То же	35,1	23,2	36,7	27,5	На сваях 33,9 Рама 101,3	На сваях 19,7 Рама 114,7	Рама 123,1	—
3	То же	22,1	19,1	20,1	21,7	На сваях 36,8	На сваях 14,2	На сваях 55,2	—
4	То же	31,0	25,3	31,8	30,0	На сваях 41,1	На сваях 16,5	На сваях 58,2	—

№ п/п	Наименование сооружений	Общий расход арматурного железа в кг на 1 м ³ бетона	Насыщенность арматурой отдельных частей сооружения в кг на 1 м ³ бетона						
			верхняя голова	нижняя голова	гамера	палы	причальные устройства	ограждающая эстакада	туннель
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	Шлюз доковый однокамерный с причальными ограждающими устройствами	30,6	29,5	32,9	28,2	На сваях 56,6	На сваях 16,5 Рамы 81,1	На сваях 54,4	—
6	То же	25,6	22,1	40,0	21,0	На сваях и рамы 38,0	На сваях 12,7	На сваях 73,3	—
7	То же с промежуточной головой	27,6	20,2 21,6	28,4	26,2	На сваях 25,4 На козлах и железобет. подушке 49,4	На сваях рязевые 27,0	—	—
8	То же с контрфорсной стенкой	43,3	19,0	22,5	Контрфорсные стенки 104,5		Рязевые		—
9	Шлюз доковый однокамерный малый с причальными ограждающими устройствами	30,7	21,1	32,5	30,7	На сваях 51,0	Смешанные 25,5	На сваях и подп. стенки 26,9	—
10	То же двухкамерный	36,2	19,1 средняя голова	44,4 34,7	35,9	На сваях 51,4	На сваях и железобет. стенки 24,8	Контрфорсн. на сваях 88,8	—
11	То же	33,0	18,8 средняя голова	34,1 40,5	32,7	Контрфорсные стенки и балки 68,8 Железобет. стенки 50,5	На сваях 25,8	—	—

2. Бетонные плотины

№ п/п	Наименование сооружений	Общий расход арматурного железа в кг на 1 м ³ бетона	Насыщенность арматурой отдельных частей сооружения в кг на 1 м ³ бетона					
			устьи—быки	мост	плиты перекрытий	двухъярусная секция	водосливная секция	подкрановые балки в пути
12	Плотина с напором 17,8 м	20,4	18,9	37,4	37,1	37,8	15,8	208
13	То же	6,0	5,3	146,0	—	—	—	—
14	"	6,5	5,0	8,3	46,0	Опускные колодцы 10,4	—	—

3. Гидроэлектростанции

15	ГЭС № 7	При среднем расходе арматуры в 28,5 кг на 1 м ³ бетона сооружения приходится: на фундаментную плиту—62,7 кг, полубычки, бычки и устьи—72 кг, перекрытия—65 кг, опорные кольца генератора—250 кг
16	То же № 8	При среднем расходе арматуры 52,4 кг на 1 м ³ всего сооружения приходилось: на массив ГЭС и здание напорного бассейна—57 кг, подпорные стенки—35 кг, монтажную площадку—56 кг, опоры трубопровода—89 кг и дренажные трубы—84 кг

4. Насосные станции

№ п/п	Наименование сооружения	Общий расход арматурного железа в кг на 1 м ³ бетона	Насыщенность арматурой отдельных частей сооружения в кг на 1 м ³ бетона					
			подпорные стенки верхних и нижних ходов	водозабор	насосное здание	акведуки	водоприемник	монтажная площадка
17	Насосная станция	76,0	108	71	45	136	53	78
18	То же	58,0	89	59	48	128	62	70
19	"	65,5	89	56	48	128	69	80
20	"	56,7	89	58	48	128	62	70
21	"	64,0	89	49	48	128	62	80

5. Водоспуски и водосбросы

№ п/п	Наименование сооружений	Общий расход арматурного железа в кг на 1 м ³ бетона	Насыщенность арматурой отдельных частей сооружения в кг на 1 м ³ бетона			
			флютбет	устьи	забральные стенки	мосты служебн. и проезжие
22	Водосброс при земляной плотине с напором 15 м	9,0	37,8	4,0	137	1,7
23	То же с напором 21,3 м	4,6	31,7	28,5	—	66,8
24	Водосброс-водоспуск на земляной плотине с напором 17 м	7,2	17,4	3,2	26,5	146,5

№ п/п	Наименование сооружений	Общий расход арматурного же- леза в кг на 1 м ³ бетона	Насыщенность арматурой отдельных частей сооружения в кг на 1 м ³ бетона			
			флютбет	устон	забральные стенки	мосты служебн. и проез- жие
25	Донный водоспуск при земляной плотине с на- пором 14 м	7,5	Рама головн. коробки 120,0	Штольни 2,2	Зд. Упр. 5,2	33,7
26	То же при земляной пло- тине с напором 15 м	8,0	—	4,9	19,8	—
27	То же с напором 13 м	7,0	—	5,5	13,5	85,0
28	То же при плотине с на- пором 21,3 м	11,3	203,0	9,2	8,0	200,0
29	Водоспуск при земляной плотине с напором 28 м	7,6	67,0	5,6	2,6	—
30	Водосброс на судоходном канале	5,2	Флютбет 9,6	Устои 2,1	—	69,0
31	То же	37,1	Оголовок 25,6	Трубы 76,3	Гаситель 34,5	—

Заградительные ворота, трубы и лотки

№ п/п	Наименование сооружений	Общий расход арматурного же- леза в кг на 1 м ³ бетона	Насыщенность арматурой отдельных частей сооружения в кг на 1 м ³ бетона					
			устои	флютбет	палы	труба с оголовком	плиты	будки управления
1	2	3	4	5	6	7	8	9
32	Заградительные (откатные) ворота № 1	45,7	46,7	42,1	164,0	—	Анкерн. 65,3	—
33	То же № 2	32,7	37,1	33,1	50,7	—	—	45,5
34	Заградительные ворота (ферма Томаса) № 1	10,8	4,4	12,2	46,1	—	—	—
35	То же № 2	7,1	4,7	6,2	39,0	—	—	—
36	№ 3	9,6	4,3	12,2	46,1	—	—	—
37	№ 4	11,7	4,4	12,2	46,0	—	—	—
38	№ 5	10,2	5,1	8,0	50,0	—	—	—
39	№ 6	42,9	79,7	31,1	49,4	—	—	—
40	Труба под каналом для про- пуска реки	82,0	—	—	155,6	84,8	—	52,7
41	То же	67,0	—	—	—	—	—	—
42	"	9,5	—	—	—	5,0	Плиты 49,5	—
43	Дюкеры на судоходном ка- нале	От 32,6 до 46,7	—	—	—	От 45,3 до 67,5	—	—



