



# Москва-Волгострой

НКВД СССР. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
СТРОИТЕЛЬСТВА КАНАЛА МОСКВА-ВОЛГА И ОТДЕЛЕНИЯ ГИДРОНИТО

Библиотека  
№ 1  
ВОЛГЕО

6-7  
(24 - 25)  
1 9 3 6

## СОДЕРЖАНИЕ

Строительство канала Москва-Волга	1
Основные методы производства работ по строительству канала Москва-Волга—инж. В. В. РЕЕНТОВИЧ . . .	3
Новые конструкции в гидротехнических сооружениях канала Москва-Волга—инж. Г. С. МИХАЛЬЧЕНКО и инж. А. В. МИХАЙЛОВ . . . . .	11
Намывные плотины и грунты для них—инж. В. Г. АГАЛОВ и инж. А. С. ТОРБАН . . . . .	24
Бетонные работы на шлюзе № 5 и насосной станции № 185—инж. Г. А. ПЕТРОВ . . . . .	29
Гидравлические судоподъемники—инж. Н. Н. ВОРОБЬЕВ . . . . .	35
Эксплуатационные здания на канале Москва-Волга—арх. И. А. КОЛПАКОВ и арх. В. И. ШВЕДЕР . . . . .	40
Два года работы журнала «Москволюстрой» . . . . .	43
Основы расчета тачек—инж. Ф. Н. ВЕРИГИН . . . . .	45
О фильтрации в торфе в связи с его применением в гидротехническом строительстве—Н. Н. ГАВРИЛОВ . . . . .	47
О водонепроницаемости пуццоланизованного бетона на строительстве—И. А. ЯКУБ . . . . .	52
Забивка наклонных деревянных свай на котловане плотины № 39—инж. В. А. АМЕНИЦКИЙ . . . . .	57
Библиография . . . . .	60

### На обложке:

Лицевая сторона: Укатка трактором плотины.

Оборотная сторона: Работа экскаватора на перемычке Волжской плотины.

Техредактор—А. ВОЛЬФСОН  
Художник—Я. ФРАНЦУЗОВ  
Корректор—А. САМОРОДЕНКО  
Фото—Фотослужбы МВС

АДРЕС РЕДАКЦИИ: Дмитров, Управление Строительства.

Уполн. Мособлгорлита № АГ 2083—2412

Статформат 72×110

Количество печатных листов—71/2

Количество знаков в печ. л.—105 тыс.

Поступил в набор 3/VI 1936 г.

Подписан к печати 30/XII 1936 г.

Заказ № 3440

Тираж 2200 экз.

НКВД—Типография Москволюстрой

ЧИТ. ЗАЛ



Эксплуататорные работы на девятом километре канала

# ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ КАНАЛА МОСКВА-ВОЛГА *Инж. В. В. РЕЕНТОВИЧ*

**ЗАДАЧАМИ** сооружения канала Москва - Волга являются: подача волжской воды для водоснабжения г. Москвы, обводнение р. Москвы, соединение судоходным путем г. Москвы с р. Волгой и северными системами водных путей, а также попутное получение на гидростанциях, входящих в систему канала, около 250 млн квт-ч. электрической энергии.

Строительство осуществляется Народным Комиссариатом Внутренних Дел.

Приводимые ниже беспримерно крупные объемы работ по сооружению канала и преимущественное расположение его в прилегающем к Москве районе дают возможность уяснить описываемые методы производства работ, которые были применены для окончания канала в кратчайший срок — четыре года, к навигации 1937 года.

Объемы основных работ в целом по строительству канала и водопроводных сооружений определились в следующих цифрах:

земляные работы . . . . .	154,4 млн. м <sup>3</sup>
бетонные и железобетонные . . . . .	3 млн. 112 тыс. м <sup>3</sup>
фильтры, банкеты . . . . .	560 тыс. м <sup>3</sup>
крепление откосов камнем и гравием . . . . .	5 млн. 385 тыс. м <sup>3</sup>
шпунты деревянные . . . . .	28.500 пог. м
"    металлические . . . . .	6.100 м
сваи деревянные . . . . .	106 тыс. шт.
металлоконструкции и механизмы . . . . .	50,47 тыс. т—
всего стоимостью по генеральной смете — 1.772 миллиона рублей.	

Местность, по которой проходит канал, разделяется на три основных участка:

1. Волжский склон. От р. Волги, на протяжении около 45 км, местность представляет сильно заболоченную низину, покрытую хвойным и частью лиственным лесом, пересекаемую в середине Талдомской грядой ледниковых образований; затем она переходит в сильно пересеченную Клинско-Дмитровскую гряду, расчлененную верховьями рек Яхромы, Икши и их притоков. Канал на протяжении 45 км проходит по глубокой долине этих рек, прорезывающей гряду. Здесь же проходит Ярославская жел. дор. и Дмитровское шоссе.

2. Водораздельный участок. Канал направляется по этому участку на протяжении 30 км, пересекая два водораздела рек Черной и Учи, Учи и Клязьмы, и главный водораздел — Клязьмы и Москва-реки.

Район — с развитой промышленностью, густо населен, в южной части преобладают дачные поселки.

3. Москворецкий склон. Канал проходит по этому склону на протяжении 8 км долиной реки Химки и входит в р. Москву. Сравнительно равнинная в начале, местность круто обрывается вблизи самой реки. Район мало залесен, с сильно развитой фабрично-заводской промышленностью, чрезвычайно густо заселен.

Вся длина судоходного канала — 108,6 км, и, кроме того, протяжение его по водохранилищам составляет 19 км.

От Акуловского водохранилища ответвляется Водопроводный канал, протяжением 30 км, предназначенный снабжать г. Москву волжской водой при посредстве во-

доочистительной и водоподъемных станций; район этого канала сильно заселен в северной и южной частях и залесен преимущественно хвойными лесами.

Пересечение каналом Октябрьской жел. дор., Ярославской, Кировской, Калининской железных дорог, Дмитровского, Мневниковского, Рогачевского, Ленинградского и Волоколамского шоссе вызвало необходимость полного переустройства отдельных участков железных дорог и шоссе с постройкой крупных мостов через канал (всего 33 объекта).

Кроме того, канал пересекает несколько рек (Сестра, Яхрома, Химка) и ряд других водотоков, для пропуска которых потребовались специальные искусственные сооружения.

Вследствие образуемых плотинами водохранилищ, имеющих зеркало воды общей площадью 543 км<sup>2</sup>, потребовалось перенести из зоны затопления 6700 хозяйств трудовых землепользователей, кооперативных и общественных организаций, вырубить около 50 000 га леса и произвести санитарную очистку зоны.

Геологическое строение по трассе канала оказалось весьма неблагоприятным как для основания сооружений, так и для устройства самого ложа канала: исключительно мягкие грунты, с большой пестротой напластований; в основаниях — глинистые грунты, в разной степени пластичные, иногда слабые; реже встречаются песчаные грунты; напластования иногда разорваны «карманами», заполненными инородными грунтами; встречаются илистые линзы; преобладают пески иловатые, пылеватые, загрязненные разными включениями, супеси, суглинки, и почти отсутствуют основные виды строительных грунтов: кварцевые пески и глины. Потребовалось тщательное углубленное изучение и выбор основания под каждое сооружение, а иногда приходилось менять по несколько раз места сооружений.

Соответственно указанным геологическим условиям разрабатывались проекты сооружений: назначались свайные основания, применялись неразрезные армированные днища в основании голов шлюзов, а Волжская плотина с напором 18 м запроектирована из отдельных рамных секций, разрезанных по оси быков.

Обильные грунтовые воды, находящиеся неглубоко от поверхности, представляли значительное затруднение для рытья котлованов; кроме того, нередко в основаниях под пластами суглинков сосредотачивались напорные (до 10—14 м напора) воды, представлявшие угрозу прорывом пласта при рытье котлованов.

Следует отметить также и то обстоятельство, что при производстве бетонных работ в объеме более 3 млн. кубометров имелись значительные трудности в добыче местного гравия: малоемкие карьеры, с содержанием гравия в породе около 15%, в большинстве случаев в суглинистых грунтах, при этом засоренного включениями рыхляка, желтяка, что вызвало необходимость весь гравий или обогащать, то-есть отделять примеси, или облагораживать, то-есть отделять слабые породы и промывать. Всего разрабатывается 24 карьера. Главнейшие карьеры удалены от места потребления, доставка гравия производится по железной дороге на расстояние до 150 км.

Канал представляет обширный комплекс гидротехнических сооружений, из коих одни имеют общее значение: собственно канал, плотины с водоспусками и водосбросами, — а другие сооружения служат для целей судоходства, водоснабжения и гидроэнергетики: шлюзы, гидростанции, гавани, пристани, насосные станции, заградительные и аварийные ворота, затворы и механизмы.

Канал рассчитан на грузооборот в 15 млн. тонн за год в одну сторону с пропуском максимальных волжских стальных барж, грузоподъемностью 18.000 тонн.

Поперечное сечение канала запроектировано на пропуск расхода воды в 176 м<sup>3</sup>/сек, но в первую очередь рассчитывается забор воды из Волги в 95 м<sup>3</sup>/сек: на водоснабжение 36 м<sup>3</sup>/сек, на сбводнение — 33, на шлюзование — 14 и на потери — 12 м<sup>3</sup>/сек.

Все вышеизложенные обстоятельства: значительные, неизменные прецедента в нашей строительной практике объемы работ, разнообразие искусственных сооружений, разносторонним назначением их, сложность узлов гидротехнических сооружений, сосредоточие крупных работ на участках, весьма узких по фронту, необходимость переустройства железных и шоссейных дорог на пересечениях с каналом, значительные объемы монтажа металлоконструкций и механизмов, архитектурное оформление, трудные гидрогеологические условия, затруднения с добычей гравия для бетонных работ, наконец форсирование работ, дабы уложиться в краткий срок к навигации 1937 года, — привели к необходимости постановки дела строительства в грандиозном масштабе, с применением крупной механизации.

Широко поставленные изыскания и исследования, изучение геологических и гидрологических условий, лабораторные испытания грунтов, модельные испытания типов сооружений в гидротехнической лаборатории — послужили основанием для окончательной проработки проектов сооружений.

Вследствие краткости сроков не представлялось возможным последовательно заканчивать отдельные отрасли дела: изыскания, проектирование, подготовительные работы, вспомогательные приспособления; поэтому они выполнялись последовательно лишь в части, соответствующей определенному периоду развития и выполнения основных работ: так, например, подготовительные работы хотя и имели большой удельный вес в 1933 и 1934 годах, но они продолжались и были еще значительны в 1935 году.

Совершенно очевидно выяснилась необходимость широкого развития энерговооруженности и механовооруженности Строительства, применения средств большой механизации основных работ (экскаваторов, гидромониторов) широкого использования малой механизации (механические крючники, бремсберги, землетаски, лопаты Беккера, скрепера).

На Строительстве насчитывалось:

1. Действующих электростанций . . . . .	24
2. Экскаваторов . . . . .	171
3. Паровозов нор/кол. . . . .	123
4. " уз/кол. . . . .	38
5. Жел.-дор. ветвей построеного значения . . . . .	100 км
6. Производствен. жел.-дор. путей нор/кол. . . . .	230 км
7. То же узкой колес . . . . .	185 "
8. Мотовозов . . . . .	225 шт
9. Платформ н/к . . . . .	2113 "
10. Грузовых машин (в фордо-ед.)	3050 "
11. Станков металлорежущих . . . . .	800 "
12. Бетономешалок . . . . .	240 "

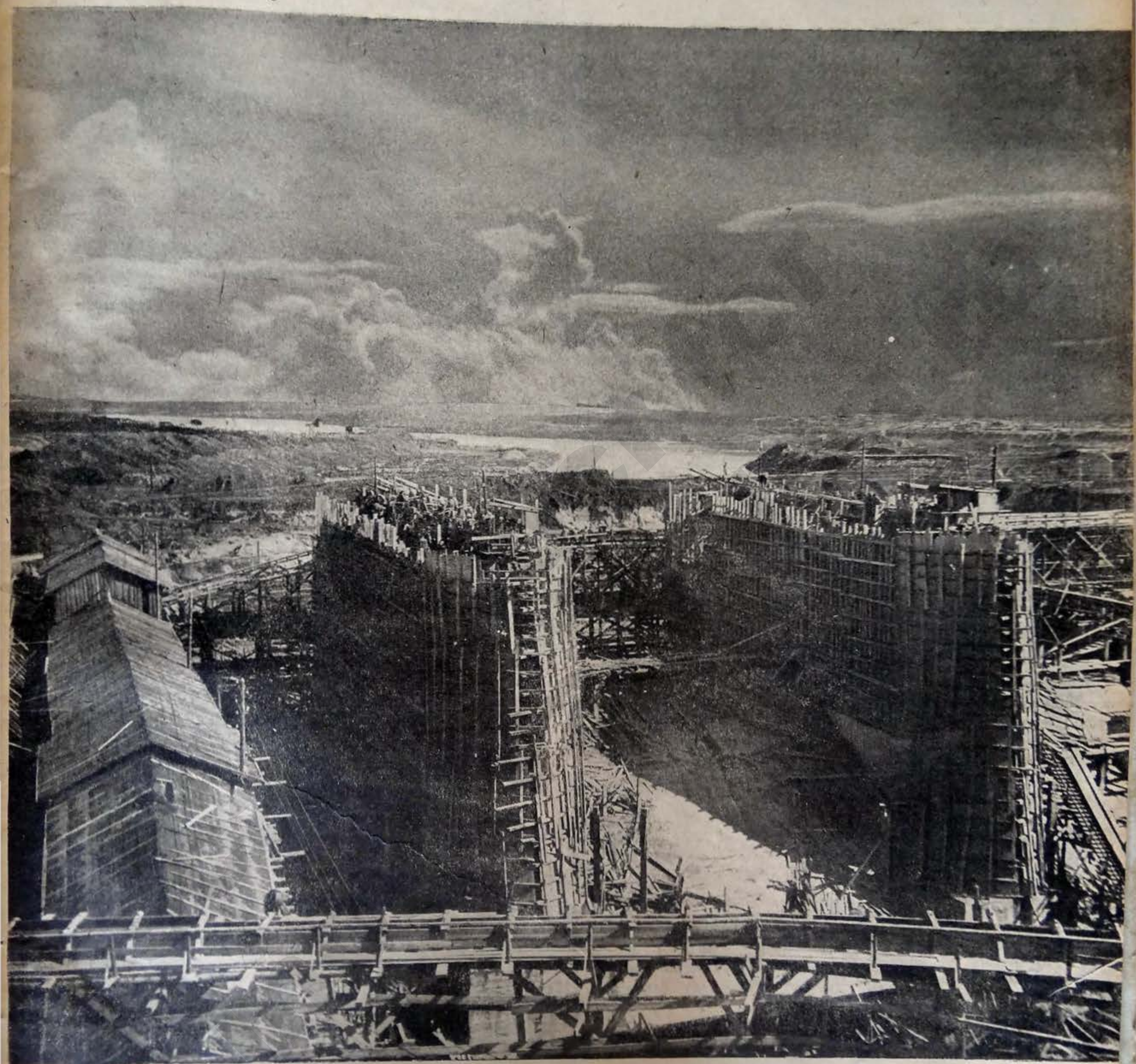
Принятые методы непрерывного производства всех работ, в том числе и земляных, независимо от сезона, — оказались вполне необходимыми и целесообразными.

Разработка проектов организации производства работ, инженерное планирование работ, овладение новой строительной техникой, всестороннее освоение строймеханизмов, и, наконец, методы рационализации — завершили комплекс необходимых производственных мероприятий для выполнения грандиозных задач.

Внедрение хозрасчета, соревнование и ударничество, стахановские методы производства работ — вызвали значительный рост производства.

По отдельным позициям методы и достижения в производстве работ выразились в следующем:

Выемки котлованов сооружений в большинстве случаев были достигнуты благодаря применению



Волжская бетонная плотина в период строительства

глубинного способа производства водопонижительных работ. Сущность его состоит в окаймлении скважинами котлована на глубину ниже красной отметки основания и в производстве откачки из них воды. Путем взаимодействия депрессионных воронок, образующихся вокруг каждой скважины, достигается понижение грунтовых вод в котловане на значительную глубину.

Откачка же центробежными насосами, лимитированная глубиной всасывания до 8 м, давала возможность понижать грунтовые воды лишь на 3—5 м.

При небольших расходах воды применялись поршневые насосы производительностью 0,1—4,5 л/сек, но в случаях глубоких котлованов устанавливались специальные насосы, изготовляемые на заводах Союза, производительностью в 14—20 л/сек, и опускаемые на глубину 20—30 м. Применялись также и мощные турбинные насосы. Скважины имели диаметр 400 мм, фильтры были деревянные. Наиболее мощный глубинный водоотлив применен при рытье котлована Икшинского шлюза № 5, где было пробурено 133 скважины общей глубиной 4400 м при наибольшей глубине 37 м, суммарный расход воды 240—320 л/сек.

Земляные работы производились непрерывно, круглый год, за исключением устройства зимой качественных насыпей плотин и дамб; всего исполнено в течение трех зимних сезонов около 35 миллионов кубометров. Работы сопровождались производством взрывов мерзлой корки грунта. Расходовали на 1 м<sup>3</sup> мерзлого грунта в среднем аммонита 0,220 кг, детонаторов 37 шт., бикфордова шнура 0,41 пог/м; стоимость взрывных работ—38 коп. за 1 м<sup>3</sup>. Взрывы практиковались также в летнее время для разрыхления грунта 8 категорий; стоимость 76—91 коп. за 1 м<sup>3</sup>. Хорошие результаты показал опыт применения взрывов „на выброс“ зимой для рытья водоотводных канав на болотах, в пльвунных грунтах; так, например, при стоимости 2 р. 13 к. за 1 м<sup>3</sup>, сечение канавы получалось по проекту по дну 2 м, глубиной 4 м почти без зачисток, с полукривыми откосами.

Весьма целесообразным при производстве взрывных работ зимой оказалось бурение шпуров посредством „паровых игл“, питаемых паром от экскаваторов: 10 метров шпуров пробуривалось в течение 2 минут.

Учитывая наибольшее развитие на Строительстве крупной механизации, главным образом в 1936 году,—различные способы производства земляных работ в среднем за весь период строительства определились в следующих процентах:

тачками . . . . .	25%	грабарками . . . . .	20%
малой механизацией . . . . .	9%	экскаваторами . . . . .	38%
гидромеханизацией . . . . .	8%		

Строительство усиленно снабжалось экскаваторами с момента передачи в НКВД ковровского экскаваторного завода. По заданию Строительства разработаны и выполнены на заводе новые экскаваторы типа ППГ, то-есть полноповоротные на гусеничном ходу, обладавшие всесторонней подвижностью и имевшие двойное снаряжение: как лопата с ковшом в 1½ м<sup>3</sup>, и как дрегляйн с черпаком 1 м<sup>3</sup>. Наибольшее количество экскаваторов достигло 168, из коих ППГ—98 штук.

Такие крупные объекты работ, как Глубокая выемка на водоразделе рек Клязьмы и Москвы, длиной 8,2 км, наибольшей глубиной 27 м и объемом 11 млн. кубометров, обязаны успешным окончанием лишь работе экскаваторов, причем опыт показал, что четко разработанные и продуманные до мелочей проекты организации производства работ, широкая диспетчеризация и поточная система подачи железнодорожных составов поездов—решили успех работ.

При развитии экскаваторных работ Строительством не имело возможности широко распространить транспорт земли по железным дорогам нормальной колеи, вслед-

ствие недостатка рельс, паровозов и платформ: поэтому применены для отвозки грунта 3-тонные автомашины ЗИС, нагружаемые грунтом непосредственно,—способ, впервые примененный в Союзе и давший вполне удовлетворительные результаты.

Экскаваторы были использованы для добычи гравийной массы и для вскрышных работ.

При отвозке грунта от экскаваторов автомашинами особенное внимание обращено на прочность и правильное содержание автолежневых дорог. На основании опыта, последние сконструированы в виде двух параллельно уложенных трапов, сколоченных из 12—13-см подтоварника, длиной 6,5 м, в количестве 5 шт. для каждого трапа, и сплочены поперечными шпалами длиной 0,70 м из леса 30 см, пришитыми кузнечными гвоздями длиной 250 мм, диаметром 9 мм.

На автогужевые дороги в отношении их пропускной способности при экскаваторных работах распространялись такие же условия, как и на железные дороги, то-есть: кольцевое расположение дорог, устройство разъездов и тупиков, диспетчеризация, ремонтное обслуживание, сигнализация.

Значительную пользу оказали Строительству механические крючники, впервые предложенные т. Корпусенко. Идея их довольно простая: подъем грунта из котлованов тачками по эстакадам, расположенным под углом 14—16°; тачки прикрепляются особым прицепным приспособлением к бесконечно движущемуся тросу диаметром 12—15 мм, и таким образом вывозится грунт наверх эстакады; на эстакадах устраивается жолоб для колеса и направляющие для поддержания ручек.

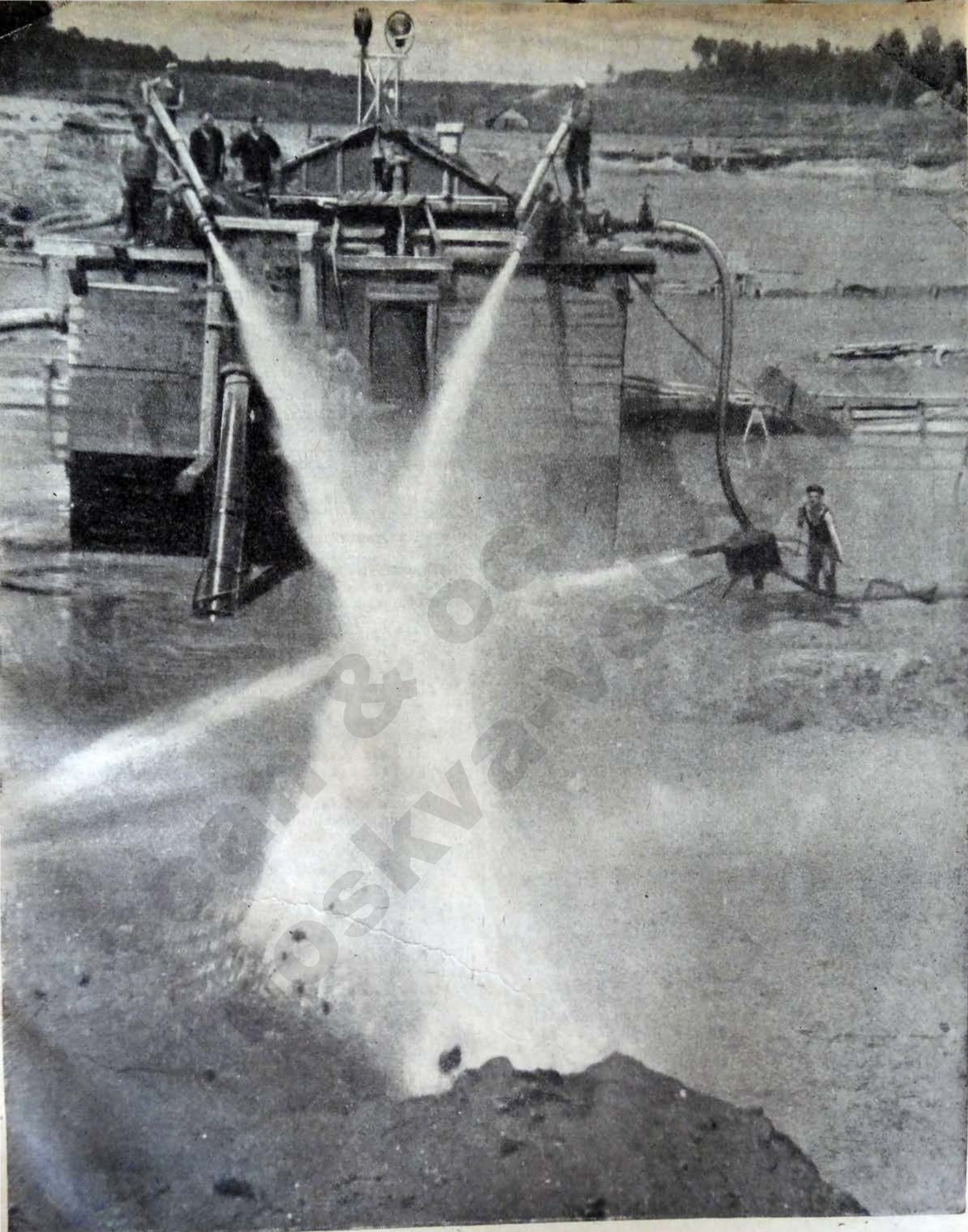
Организация работ мехкрючников состоит в том, что землекопы занимаются исключительно копанием и нагрузкой грунтов в забое, катали подвозят тачку к мехкрючнику и прицепляют ее к тросу, принимают и отвозят в забой порожнюю тачку; находящийся наверху эстакады рабочий принимает груженую тачку, вывозит грунт в отвал и возвращает к мехкрючнику порожнюю. Производительность крючника достигает 180 м<sup>3</sup> в смену. Такими крючниками вынута грунта в 1934 году около 2½ млн. м<sup>3</sup> по 2 р. 38 к., и в 1935 году около 1,6 млн. м<sup>3</sup> по 2 р. 36 коп.

Трудный котлован шлюза № 3, глубиной 18 м, выполнен на 92% мехкрючниками (вынута 234 тыс. м<sup>3</sup>).

Из других видов малой механизации дали хорошие показатели бремсберги с выработкой до 160 м<sup>3</sup> в смену, и землетаски с выработкой до 200 м<sup>3</sup>.

Трасса канала от Бугай-Зерцаловских болот до города Дмитрова, и к югу от ст. Икша до села Пестово, проходит преимущественно в торфяных массивах разной мощности. Здесь торф впервые использован как строительный материал для напорных приканальных дамб, с соответствующей пригрузкой их песчаным грунтом. Торф применялся также для слоистых песчано-торфяных противофильтрационных экранов плотин. При отсыпке дамб весьма целесообразным оказался метод планировки их дорожными грейдерами, прицепляемыми к тракторам ЧТЗ. Производительность такой планировки в смену 400 м<sup>2</sup> на грейдер.

Гидромеханические методы производства земляных работ применены в широком масштабе на строительстве канала Москва-Волга, и в основе представляют комплексную работу гидромониторов с землесосами. К ним относятся: разработка выемок канала с отводом пульпы в кавальеры, разработка земляных карьеров с намывом грунта в дамбы, разработка гравийных карьеров, гидротранспорт грунта, гидросмыв грунта с железнодорожных платформ, с автомашин, с грабарок. Рентабельность гидромеханизации по разработке выемок—высокая: при производительности в 20 м<sup>3</sup> на человекодень стоимость выемки за 1 м<sup>3</sup>—1 р. 30 к., а



Гидромеханическая установка

при экскаваторной разработке она составляет  $6,5 \text{ м}^3$  на человекодень, стоимостью 2 р. 90 к. за  $1 \text{ м}^3$ .

Способ добычи гравия методом гидромеханизации с одновременной промывкой его вполне оправдал себя в галициновском карьере: гидромониторы размывают гравийную породу, и затем по лоткам она поступает на обогащательные установки; промытый и отсортированный гравий отвозится вагонетками в бункера, а пустая порода транспортируется лотками в отвал. Стоимость готового гравия определилась в 5,3 руб., вместо 23 руб. при других способах.

Обогащение гравия производится также по типу гидровашгердов.

При намыве плотин и дамб методом гидромеханизации, качество их получается весьма высокое.

Гидромеханизация дает возможность работать также и при морозах; необходимо лишь отеплить все приспособления и помещения механизмов. Хотя производительность зимой снижается, тем не менее она достигает  $9 \text{ м}^3$  на человека в день.

Гидросмыв грунта с ж.-д. платформ при разработке Глубокой выемки обошелся на 56% дешевле, чем при других способах, при соответствующем сбережении людских ресурсов.

Для правильной работы гидромеханизации необходимы следующие условия: тщательность монтажа, прочность и правильность пульповодов, близкое расположение к забою установки, беспрепятственная маневренность, правильная подбой забоя, непрерывность потока пульпы, равномерность консистенции пульпы.

Развитие гидромеханизации на строительстве канала создает громадный опыт для производства этих работ в еще более широком масштабе.

Бетонные и железобетонные работы. Громадные объемы работ (до 400 тыс.  $\text{м}^3$ ) отдельных сооружений, протяженность их до 700 м, значительная высота (до 30—35 м), сложные, преимущественно железобетонные конструкции, с разнообразной арматурой, — привели к необходимости разрабатывать проекты крупных бетонных комбинатов и централизованных бетонных заводов и применять бетоньерки крупного литража: 1000-литровые и особенно 2000-литровые с производительностью  $24 \text{ м}^3/\text{час}$  чистой работы (последние, системы Смит, впервые изготовлены в Союзе для строительства канала).

Организация производства бетонных работ рассчитывалась на механизацию всего комплекса с тем, чтобы объединить бетонное хозяйство и тем обеспечить качество приготавливаемого бетона, сосредоточить надзор за качеством, за дозировкой составляющих и за транспортировкой бетонной массы. При этом ставилось условие: возможно большая производительность заводов, максимальная экономичность, простота и надежность механизмов, автоматичность действия, использование механизмов лишь отечественного производства. Предвиделось также, что, в условиях производства бетонных работ в зимнее время, значительно экономичнее отеплять централизованное бетонное хозяйство. В указанных целях впервые применены в Союзе для перемещения бетона стационарные ленточные транспортеры: на четырех шлюзах (1, 2, 5 и 7) бетон с помощью транспортеров доводился до места укладки без применения других дополнительных видов транспорта; при этих условиях, например на шлюзе № 5, достигнут суточный рекорд укладки бетона ( $2476 \text{ м}^3$ ) и мировой рекорд при подаче транспортером  $158 \text{ м}^3/\text{час}$  (на плотине Вермунт достигнуто  $139 \text{ м}^3/\text{час}$ ).

Впервые в Союзе введена на строительстве мокрая присадка трепела (пуццоланизация цемента для повышения водоустойчивости и уменьшения способности к коррозии; также достигается сбережение цемента около 10% при применении трепела на 80% бетона).

В районе Строительства оказался достаточный трепельный карьер у с. Тендиково с содержанием в трепеле кремнезема 29—35%.

На шлюзах № 7 и № 8 при отсутствии передвижных кранов освоена укладка бетона в верхние ярусы стен с помощью бадей и щитовой опалубки; баджи поднимаются жесткими дерриками  $Q = 3 \text{ т}$ , устанавливаемыми на катушках деревянных пилонах, размером  $6 \times 6 \times 12 \text{ м}$ . Пилоны поставлены на колеса от вагонеток Вестерн и движутся по рельсам. Производительность подъема бетона этим способом на высоту—15 м, в смену  $90 \text{ м}^3$ .

Для развозки бетона на малых сооружениях сконструированы двухколесные бетоновозки; кроме металлических, применялись также деревянные, сконструированные работниками Строительства.

Весьма целесообразными оказались типы висячих опалубок-подмостей, допускающих ведение засыпки пазах шлюзов, одновременно с бетонными работами.

В массовом масштабе применен новый метод уплотнения бетона посредством вибрации; ряд конструкций аппаратов изобретен работниками Строительства (поверхностный вибратор—со скобами и лапками для уплотнения у арматуры, облегченный тисковый вибратор и т. п.).

Применение вибрации дает около 8% сбережения цемента при распространении вибрации на 70% всего бетона.

На Строительстве введен ряд новых устройств: а) бураты для просеивания цемента, б) гравиемойки Квесиса, Лугунова, Шапошникова, в) дозаторы для инертных и воды, г) новые виды сбрасывающих устройств бетона с транспортерной ленты, д) металлические хоботы для опускания бетона на глубину 15 м, состоящие из 1-м секций с двумя выдвижными лопастями в каждой и с окнами для проталкивания бетона при задержках.

При общем литраже бетоньерок в 18.000  $\text{м}^3$  бетона в сутки, выявлены наиболее рациональные типы их, главным образом 2000-литровые системы Смита наших заводов и системы Егера; менее совершенными оказались бетоньерки системы Рансом.

Так как установка арматуры, транспорт бетона и разные другие работы вызвали сооружение деревянных подмостей и эстакад в местах бетонируемых секций и блоков, то, в целях быстроты работ и для сбережения лесоматериалов, применены эстакады на железобетонных колоннах, оставляемых в кладке бетона, высотой до 10 м, сечение  $25 \times 25 \text{ см}$ , с армированием четырьмя прутьями  $d = 16 \text{ мм}$ ; бетонируют их на месте с наполнением форм сбоку.

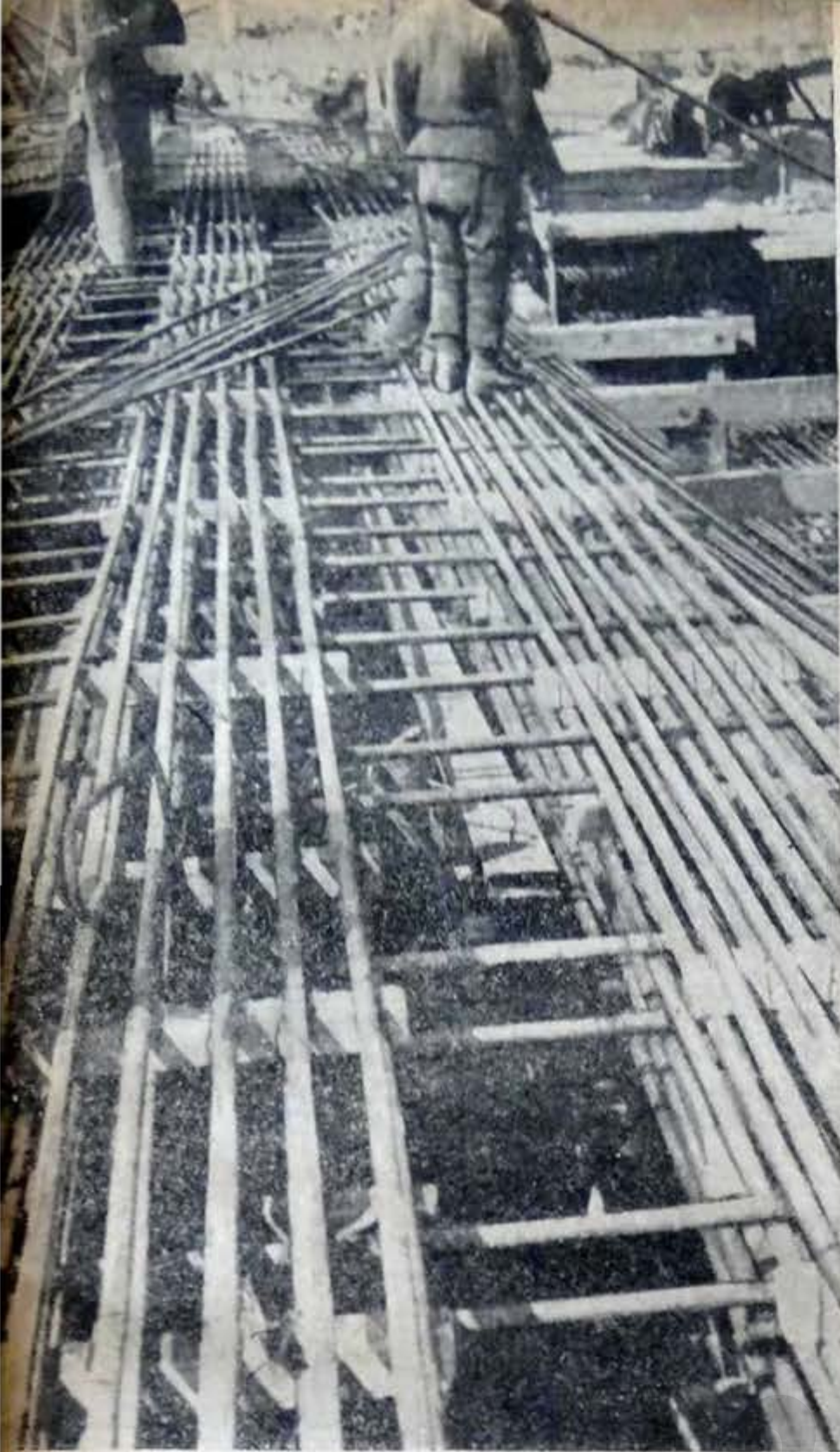
Довольно удачно использованы автомашины для транспорта бетона вдоль бетонируемых железобетонных водоводов значительного протяжения.

Гнутье, резка арматуры выполнялись на станках.

Стыкование арматурного железа производилось исключительно методом электросварки стыковым аппаратами; качество высокое—при испытаниях оказалось неудовлетворительных результатов лишь около 1,5% на 80.000 т железа; производительность одного сварщика в среднем—около 6 т в смену, наибольшая около 12 т.

Гидроизоляционные работы занимают крупное место на Строительстве. Широко применяется нефтяной битум для покраски бетона, для гидроизоляционных матов и для заполнения антифильтрационных швов и шпонок. Очень удачно практикуется механическая окраска нефтебитумом внутренних поверхностей железобетонных водоводов: в резервуар с раствором нагнетается сжатый воздух, откула раствор под давлением 2—3 атмосфер поступает через шланги к соплу и разбрызгивается на поверхности бетона слоем 2—3 мм; производительность в 5 раз больше ручной покраски, и стоимость окраски  $1 \text{ м}^3$  на 66 коп дешевле; производительность компрессора—до 5000  $\text{м}^3$  в день. Произведены опыты защиты железа от коррозии взамен дефицитного оцинкованного железа; рекомендуется раствор из битума № 4—50%, битума № 3—





Арматурные работы средней головы шлюза № 7

Гидромеханическая засыпка пазух шлюза № 7



25%, или часть битума заменяется канифолью около 25%, а для придания металлического блеска поверхность покрывается слоем алюминия.

Кроме описанных выше главнейших методов производства работ, на Строительстве практиковались десятки других приемов и способов, вполне отвечающих обширному и многообразному развитию как основных работ, так и всякого рода подсобных и вспомогательных. Многие из сооружений являются, сами по себе, отдельными крупными объектами Строительства с достаточно широкой организацией производства.

В целях развития рационализаторско-изобретательской работы организовано конструкторское бюро по РИЗ'у и экспериментальная мастерская. Из наиболее интересных реализованных предложений имеются:

1. Самосвалы. 2. Различные виды землетасок. 3. Сегментные ворота в верхних головах шлюзов. 4. Двухрусный тип плотин. 5. Тачкотаска. 6. Лесовозные сани. 7. Станки для гнутья арматуры. 8. Деревянные аварийные ворота. 9. Мототрамбовка для уплотнения грунта, и другие.

Главнейшими требованиями производства работ были поставлены: полное соответствие сооружений рабочим проектам и высокое качество их с соблюдением плановых сроков и сметной стоимости. Обеспеченность того и другого достигалась установлением технического контроля организованной для этого Технической инспекцией, инструктажем и проверкой исполнения всеми Отделами Управления Строительства, внедрением технических знаний посредством издания технических инструкций по всем видам работ и обслуживания Строительства лабораториями.

Лабораториями охвачены все бетонные и железобетонные работы, а также и все земляные работы, для чего, кроме центральных, организованы районные лаборатории и контрольные посты.

Широко поставленное испытание строительных материалов и научно-исследовательские работы обеспечили Строительству правильность и прочность возведения сооружений, а также и правильность проектирования.

После ряда подготовительных работ, освоений, проработок всякого рода мероприятий, снабжения механическим и энергетическим оборудованием, подготовки кадров и выполнения первоочередных основных работ—Строительство развернулось в 1935 году широким фронтом на всех участках и по всем сооружениям, а в 1936 году, в период завершения, оно выросло до степени успешного окончания всего канала Москва - Волга в срок—к навигации 1937 года, по заданию партии и правительства.

Повседневное внимание и заботы гениального вождя партии и страны тов. СТАЛИНА, инициатора величайшего в мире речного канала Москва-Волга,—организовали грандиозное Строительство, создали высоконаучное, культурное и технически передовое, широко развитое производство работ, обеспечили окончание величайшего канала в срок.

Чрезвычайно важно, чтобы ценнейший опыт по всем видам и отраслям Строительства, достижения во всех областях его, материалы научных исследований—были собраны исчерпывающим образом и изданы для целей использования их на других строительствах Союза ССР.



Сборка ферм моста через канал на Ленинградском шоссе

# НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛА МОСКВА-ВОЛГА

Инж. Г. С. МИХАЛЬЧЕНКО  
и инж. А. В. МИХАЙЛОВ

В 1932 году в мае месяце партией и правительством было принято решение о строительстве канала Москва-Волга по Дмитровскому направлению, как наилучшим образом решающему сложную комплексную задачу водоснабжения гор. Москвы, обводнения р. Москвы и создающему сплошной глубоководный путь к пролетарской столице.

Исключительный масштаб канала Москва-Волга и его сооружений, далеко выходящий за обычные рамки речных каналов по своим габаритным размерам, поставил ряд задач, потребовавших новых конструктивных решений, сложность которых усугублялась наличием грунтов, пестрых по своему составу и слабых по своим несущим способностям.

С другой стороны, большое количество ( $125 \text{ м}^3/\text{сек}$ ) перекачиваемой и транспортируемой по каналу волжской воды потребовало решения необычных гидравлических задач и выработки новых типов гидромеханического и энергетического оборудования.

Для решения этих вопросов были построены и оборудованы большие лаборатории для исследований как гидравлических, гидромеханических, гидротехнических, так и грунтов и стройматериалов. Научно-исследовательская проработка в этих лабораториях была поставлена на службу искания новых, лучших путей и конструкций для сооружений канала. Техническому коллективу была обеспечена полная возможность проявления инициативы.

Наша задача — дать краткое описание и характеристику наиболее интересных, новых и оригинальных конструкций и технических решений, принятых проектом и осуществляемых на строительстве канала.

Часть этих конструкций применяется впервые не только в СССР, но и вообще в гидротехнической практике.

## Ш л ю з ы

Шлюзы канала имеют полезные размеры камер  $290 \times 30 \text{ м}$  и наименьшую глубину на королях  $5,5 \text{ м}$ . Шлюзы такой ширины строятся в СССР впервые.

Пропуск через шлюзы первоклассного речного канала крупнейших судов с грузо-

подъемностью до  $18000 \text{ т}$  предъявлял к питанию, оборудованию и подходам шлюзов высокие эксплуатационные требования.

Одним из наиболее трудных вопросов проектирования шлюзов канала являлся выбор питания шлюзов такого размера с напором до  $13 \text{ м}$  для однокамерных шлюзов и  $20 \text{ м}$  для двухкамерных, при соблюдении заданного наибольшего времени наполнения в  $13$  минут и допустимых технико-эксплуатационных условий отстоя шлюзующихся судов.

В результате обширных модельных исследований и конструктивной проработки была принята оригинальная конструкция верхней головы с камерой гашения, гасителями и впервые применяемого в таких условиях двухконсольного сегментного затвора с шаровыми вкладышами подшипников (фиг. 1 и 2).

Применение этих конструкций дало возможность отказаться в верхних головах от водопроводных галлерей, получить значительную экономию в объеме бетонной кладки благодаря укорочению голов, и достигнуть весьма удовлетворительных гидравлических и технико-эксплуатационных условий наполнения камер.

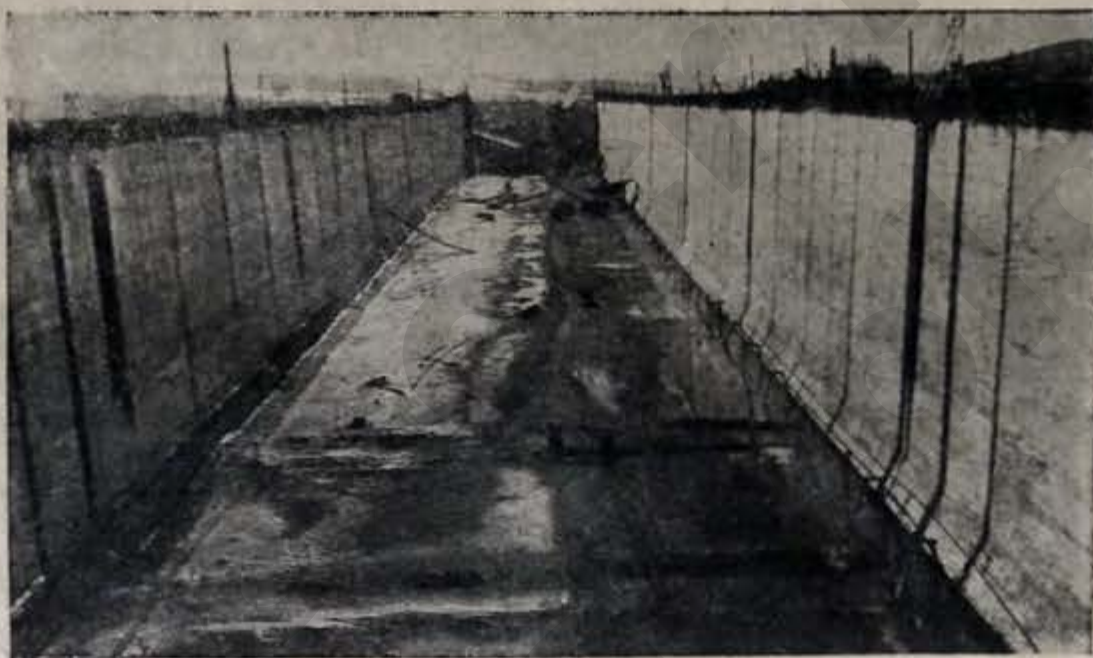
Последние характеризуются по данным модельных исследований натяжениями причальных тросов, не превышающими  $1/1000$  водоизмещения шлюзующихся в нормальных условиях судов (от  $4000$  до  $18000 \text{ т}$ ).

Интересные конструкции представляют из себя также системы питания средних голов двухкамерных шлюзов и нижних голов всех шлюзов, обеспечившие надлежащие условия отстоя шлюзующихся судов в нижних камерах двухкамерных шлюзов и ожидающих судов в нижних подходах, в расстоянии  $60 \text{ м}$  от голов.

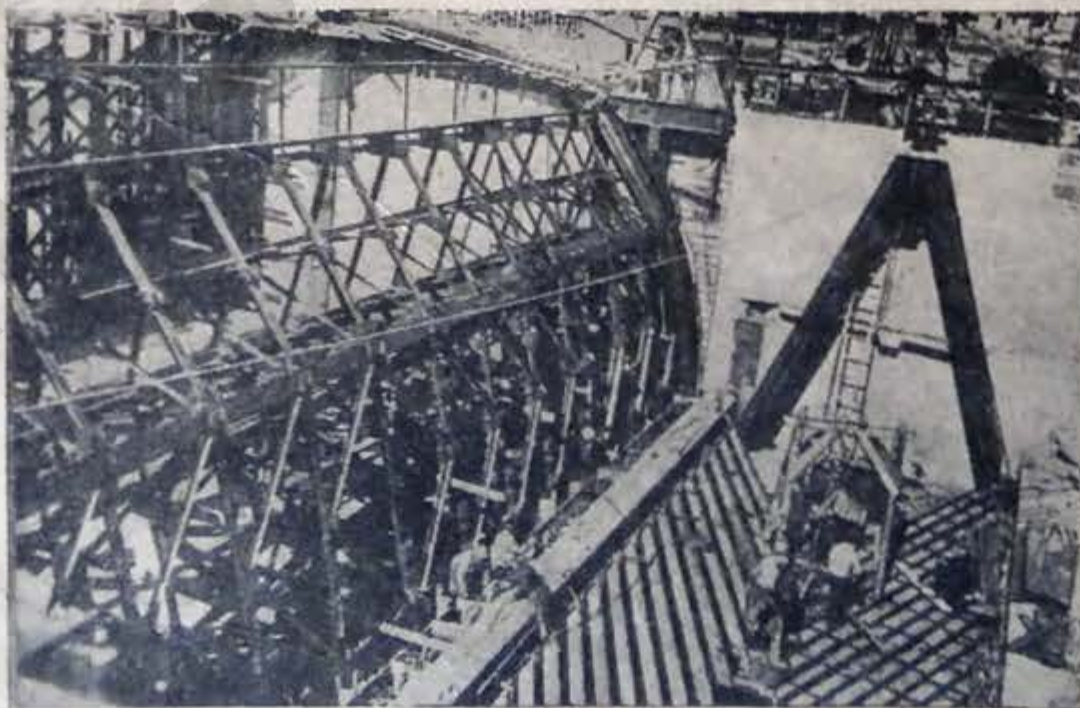
Первая отличается особой конструкцией камеры гашения и гасительных устройств, а вторая — переменной высотой галлерей, их обтекаемыми очертаниями и водобойным колодцем (фиг. 3).

Совершенно новым является применение в нижних массивных армированных головах шлюзов с неразрезными днищами пустотелых разгрузочных ячеек в устоях.

Такие ячейки, устраиваемые вне армированных мас-



Камера шлюза



Сегментный затвор и ферма Томаса в верхней голове шлюза

сивов, непосредственно нагруженных распором ворот и давлением механизмов и другого оборудования под площадками будок, а также в выступающих над откосами частях устоев,—уменьшают силы, приложенные по концам днища, и изгибающие его моменты, чем и достигается уменьшение толщины или армировки днищ.

Значительно помогло Строительству аналогичное решение на нижней голове шлюза № 1, толщина днища которого была ограничена наличием под головой тонкого слоя морены, уменьшать который нельзя было по условиям выпирания этого слоя напорной водой из подстилающих морену песков.

На всех нижних головах с двухстворчатыми воротами применена новая конструкция отрезных королей, имеющих целью предупредить растрескивание бетона выступающих частей при изгибе всего днища.

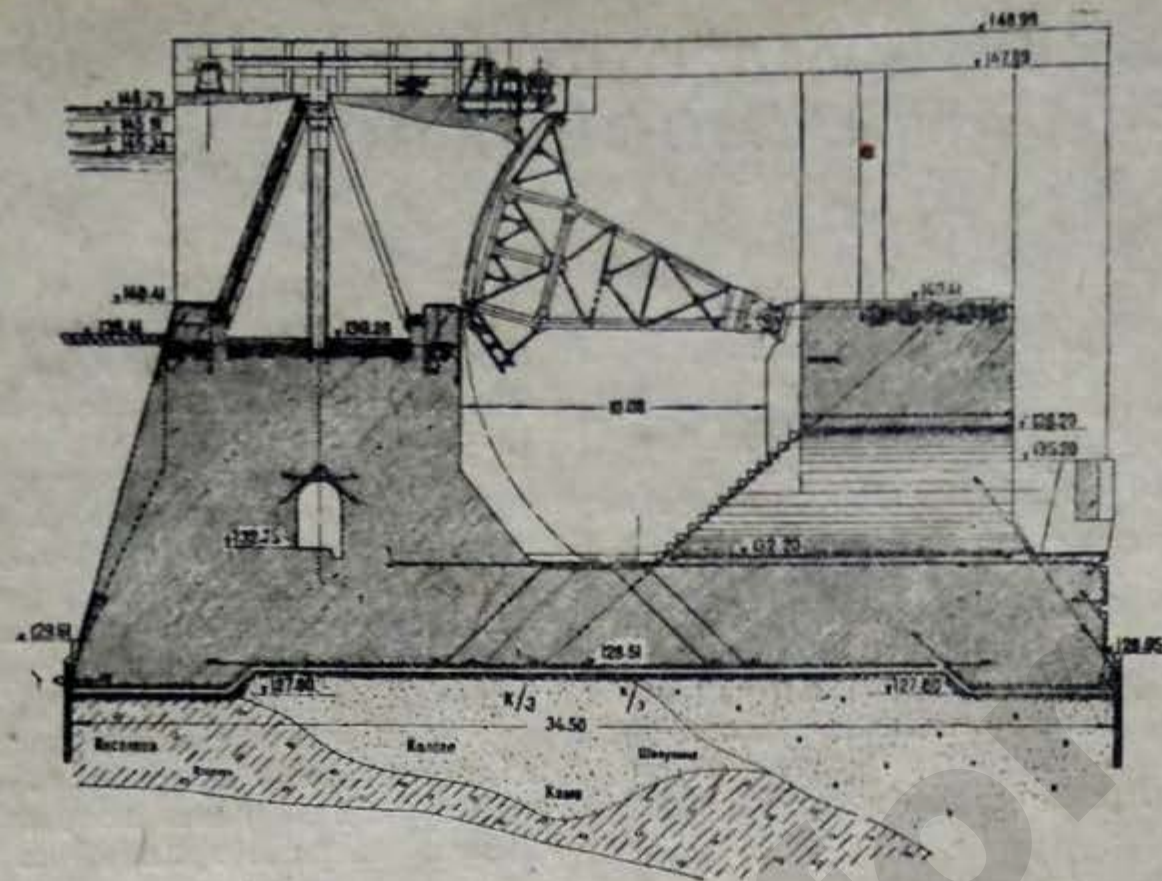
В отношении стенок камер полумассивного докового типа интересным моментом является разработка влияния уменьшения толщины стенок на толщину днищ за счет уменьшения вертикальных сил, приложенных к концам днища, что и позволило довести на последнем из проектировавшихся шлюзов (пятом) толщину днища до 3,5 м и сэкономить 10.000 м<sup>3</sup> бетона.

При этом армирование днищ не вышло за пределы 33—36 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона.

Во всех днищах камер и голов принята особая система армирования днищ пикетами, существенно облегчившая, благодаря наличию в арматурной сетке 40—50-см проемов, бетонировку днищ, чрезвычайно затруднительную при сплошных трех-четырёх рядах верхних сеток.

Обычные для шлюзов отбойные брусья в камерах исключены, для ремонта же поверхности бетона в случае ее повреждения при эксплуатации в защитный слой введена сетка Рабица из 4-мм стержней со стороной \* квадрата в 5 см.

Для придания водонепроницаемости температурно-осадочным швам между отдельными секциями, как шлюзов, так и других гидросооружений, на Строитель-

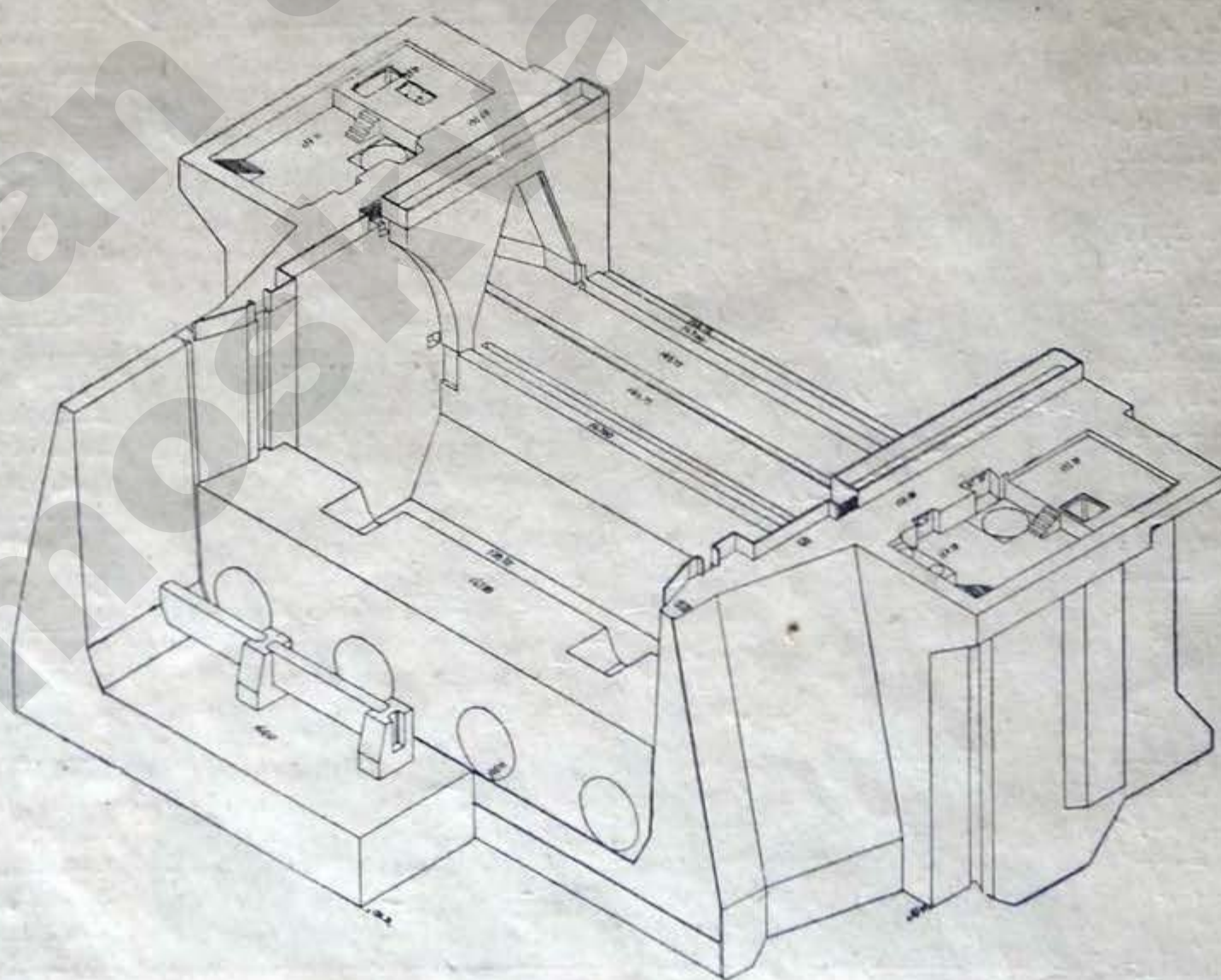


Фиг. 1

— устройство под сооружениями „галаш“ из битумных мат или просто битума, толщиной в 1 см, и покрытие подземных и подводных поверхностей в 3 раза особым битумно-бензиновым составом по рецептуре химлаборатории Строительства.

Швы между секциями проектировались с песчано-битумными прокладками (плитками), но в процессе работ, в целях возможности одновременного бетонирования соседних секций, был предложен и принят новый тип шва между секциями, в частности камерных стен.

Этот шов состоит из тонкого деревянного досчатого щита, покрываемого битумно-бензиновой смесью (по инструкции) и обклеиваемого по мере подъема бетона битумными матами с пропайкой швов (фиг. 4).



Фиг. 2

стве разработаны и приняты новые типы лицевых и тыловых шпонок\*), отличающиеся от обычных тем, что они допускают при эксплуатации не только осмотр и ремонт, но и полную смену шпонок.

При чрезвычайной трудности контроля за качеством битумных заливок шпонок и предупреждения вытекания смеси из них, применение такого типа шпонок повысит эксплуатационную надежность и водонепроницаемость сооружений.

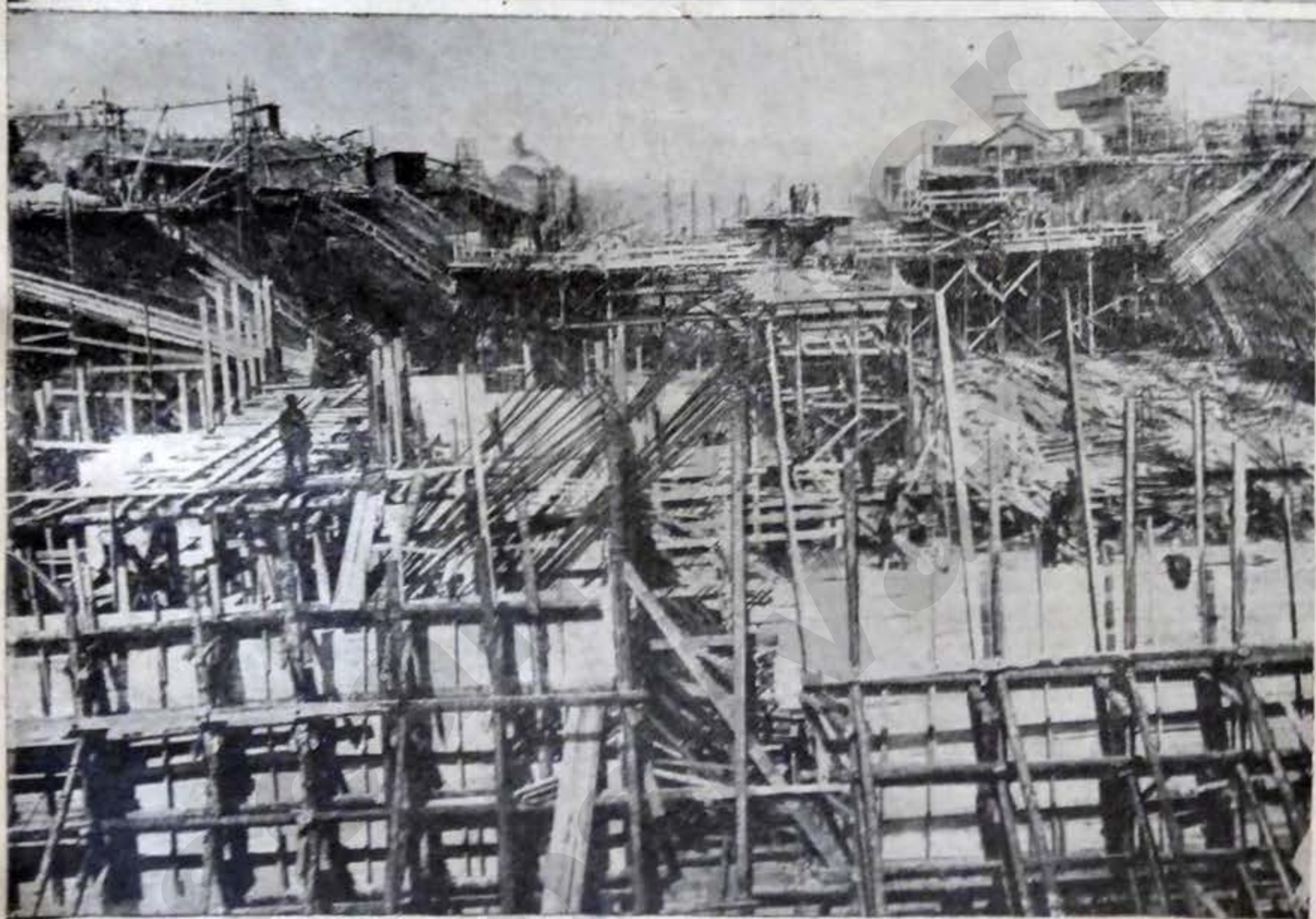
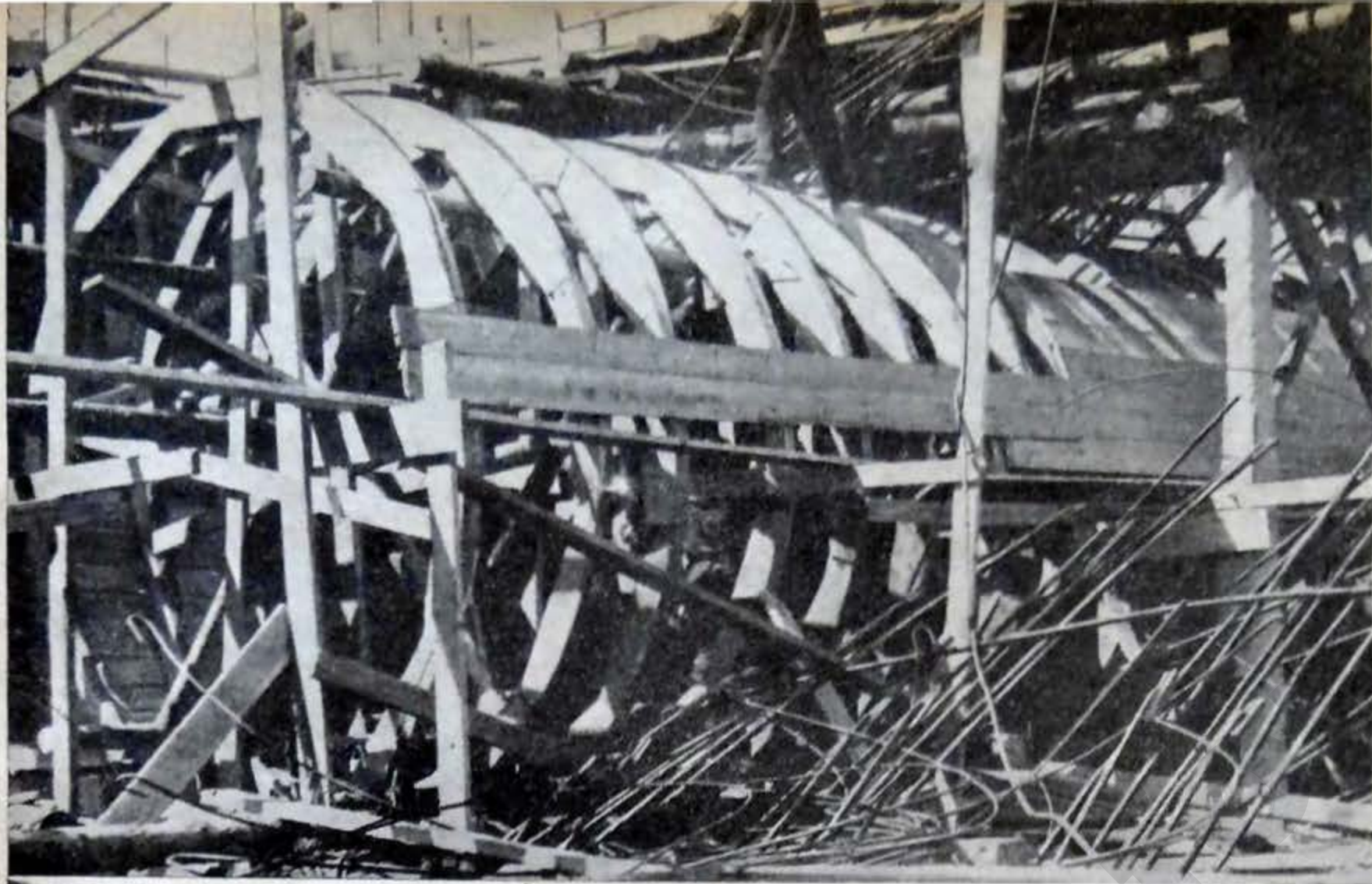
Для получения же большей водонепроницаемости бетонных частей сооружений и защиты бетона от агрессии грунтовых вод, в проект введены гидроизоляционные мероприятия

Для придания шву жесткости, ставятся вертикальные доски жесткости и растяжки из катанки, а во избежание перекоса его—бетонирование с двух сторон шва ведется одновременно (под специальным надзором). Полная вертикальность шва достигается парными брусчатыми направляющими, устанавливаемыми в нишах шпонок, и обеспечивается обязательной приемкой щитов перед бетонировкой.

При такой конструкции швов соседние секции могут бетони-

\*) Л. Волков: Уплотнение температурно-осадочных швов в бетонных гидротехнических сооружениях. „Москвававтострой“ №5, 1936, стр. 36

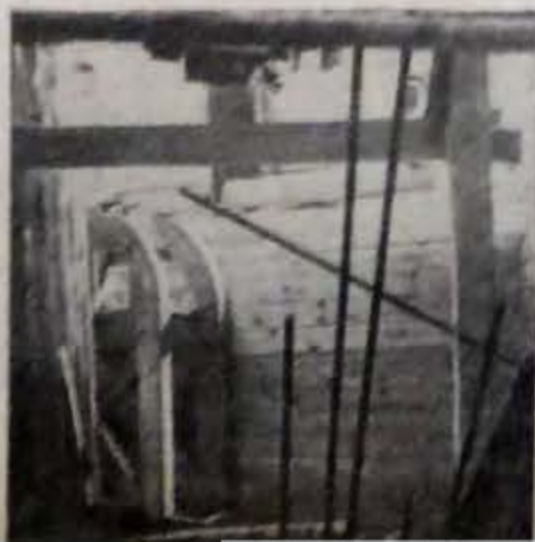
Кружала опалубки  
водопроводных галлерей  
нижней головы  
второго шлюза



Общий вид шлюза № 2



Отдельные моменты производства  
работ шлюза № 2



роваться одновременно, что чрезвычайно расширяет фронт бетонных работ и способствует темпу таковых. Так, на волжском шлюзе при таком типе шва бетонировались блоки до 6 смежных секций зараз.

Разрезка секций шлюзов, а также насосных станций и других сооружений канала на блоки перетерпела в процессе рабочего проектирования значительные изменения, которые дали ценный опыт.

Первоначально, на основе прежнего опыта бетонных работ, были приняты, как максимальные, длина блоков в 25 м (армированных) и площадь их в 200 м<sup>2</sup>.

После сооружения мощных бетонных комбинатов, производительность которых перестала лимитировать размеры блоков, и внедрения вибраторов для уплотнения бетона, встал, в связи с исключительными темпами работ, вопрос о том, достаточно ли обосновано принятое ограничение размеров блоков.

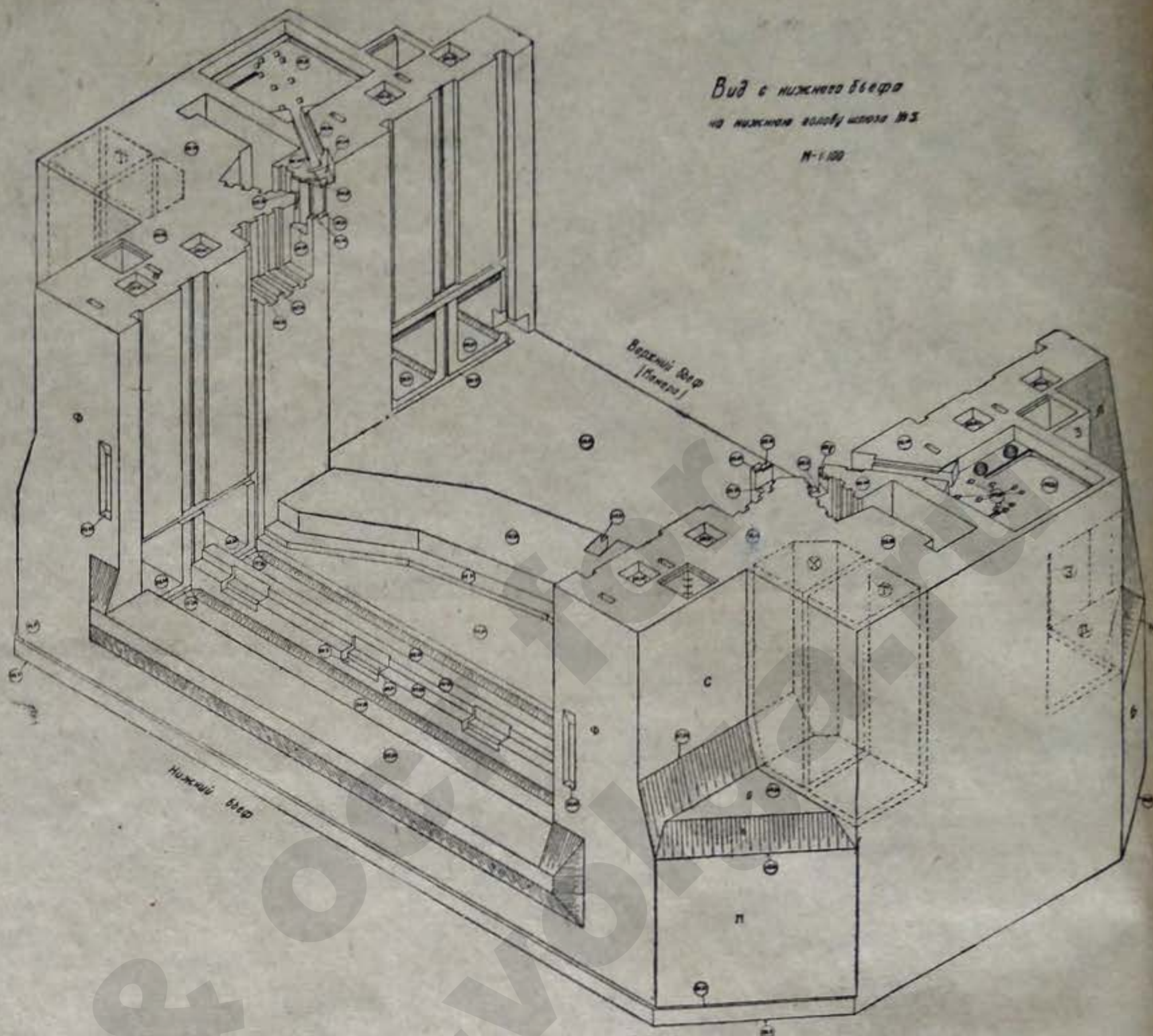
После повторной проработки ряда разбивок было решено пойти, сначала в виде опыта, на увеличение размеров блоков.

Были выполнены, в качестве опытных, ряд блоков с последовательно большими плановыми размерами и высотой, вплоть до одновременного бетонирования целой секции днищ камер, площадью около 800 м<sup>2</sup> и толщиной 3,5 и 4 м.

Обследование таких секций, уложенных без перерыва, показало, что никаких вредных последствий и трещин допущение больших блоков при достаточно высоком качестве бетона и работы вибраторов не вызвало, и секции днища получились более монолитными, чем при разрезке их на ярусы и блоки.

Ряд секций днищ камер и других сооружений были забетонированы такими блоками. Хорошие результаты укрупнения блоков привели к тому, что техническим руководством были допущены и большие по высоте — до 8 м — блоки камерных стен, устоев голов и насосных станций, а по верхней голове шлюза 5 было разрешено непрерывное бетонирование армированного прямоугольного блока размером 29×48 м с вырезом по середине 30×10 м при высоте 8 м и объеме около 6000 м<sup>3</sup>.

Таким образом, смелое, сначала опытное и затем производственное, укрупнение блоков показало, что при внимательном изучении условий блока (основание, армировка и т. д.), надлежащем составе и качестве бетона, его укладки (вибраторами) и ухода за блоками — применение крупных блоков технически вполне допустимо, а производственно увеличивает производительность работ и уменьшает накладные расходы по подготовке блоков, штраблиению и насечке. Укрупнение блоков значительно способствовало достижению в Икшанском районе в по-



Фиг. 3

следних числах августа суточного рекорда кладки бетона в 3140 м<sup>3</sup> (шлюз № 5).

### Оборудование шлюзов

Необычно большие габариты канала и судов вызвали, кроме упомянутых выше сегментных ворот верхних голов, новые конструкции почти всего оборудования шлюзов.

Обычные панамские механизмы двухстворчатых ворот были заменены тросовыми, впервые применяемыми в СССР\*).

Этот тип механизмов позволил перенести точку приложения тяговой силы к полотнищу в более выгодное место, перейти в связи с этим к деревянной обшивке ворот, а также отказаться от тяжелых и сложных отливок.

Аварийные затворы (на шлюзе 1 и на аварийных воротах\*\*) канала приняты впервые в гидротехнической практике в виде двухконсольных подкосных откатных ворот, не требующих опасных, в отношении засорения, донных ниш.

Для ремонтных заграждений ряда верхних голов, а также заградворот канала запроектированы и устанавливаются деревянные фермы Томаса, не применявшиеся до сих пор при таких напорах. Применение дерева для этих конструкций, находящихся постоянно под водой,

\*) Инж. М. Розанов: Оборудование водопроводных галлерей для опорожнения шлюзов камер канала Москва-Волга. Журнал „Москво-Волго-строй“ № 9, 1936 г. стр. 20.

\*\*) Инж. Н. Воробьев и инж. Н. Дзирне: Аварийные откатные ворота. Журнал „Москво-Волго-строй“ № 11, 1936 г. стр. 26.

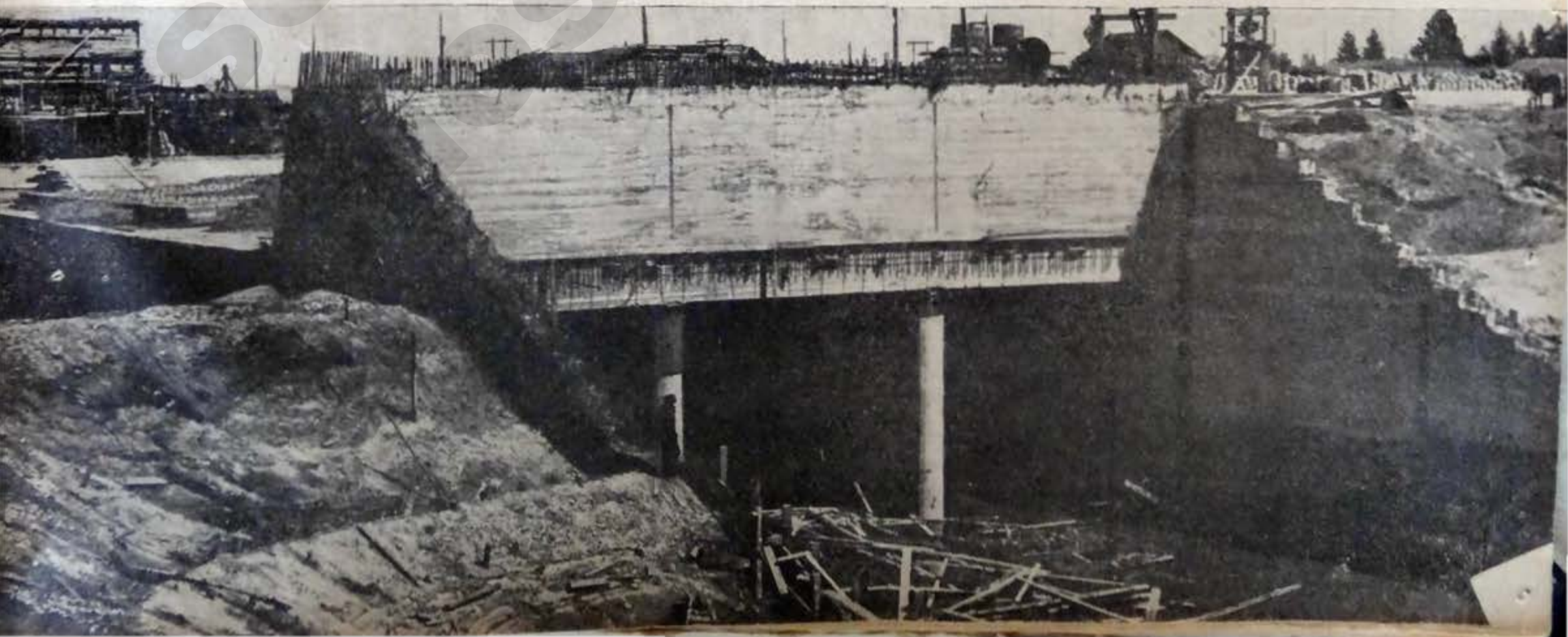


Общий вид моста через реку Сестру

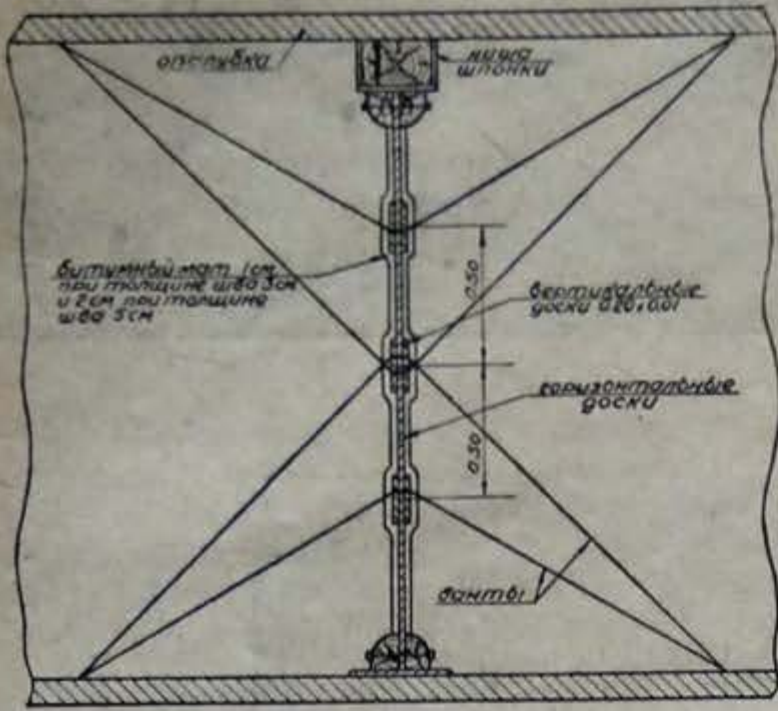


Арматурные работы

Постройка трубы для пропуска под каналом реки Сестры



План шлюза



Фиг. 4

а потому и не подверженных гниению, позволило отказаться от металла для них. Ремонтные заграждения нижних голов осуществляются двух оригинальных конструкций, в виде подкосных щитов, транспортируемых и устанавливаемых с понтонов при плановом ремонте, и отдельных подкосных секций,

перевозимых грузовиками и устанавливаемых с устоев кабелькранами при непредвиденном зимнем ремонте.

В верхнем подходе шлюза № 1 запроектирована интересная предохранительная цепь с гидравлическим торможением, рассчитанная на навал судна, водоизмещением до 18.000 т.

Для судов применены, как основное средство зачалки в камере, механические рымы, движущиеся вслед за изменением горизонта воды в камере, и крюковые рымы, как запасные, в частности на время обледенения пазов подвижных рымов.

**Причальные и ограждающие устройства шлюзов**

Вследствие наличия рядом со шлюзами насосных станций, причально-ограждающие устройства потребовали разработки новых конструкций и специальных модельных исследований.

Палы шлюзов осуществляются на грунтах, допускающих забивку свай, типа набережных с передним или задним шпунтом, а на грунтах, не допускающих забивки свай,— в виде оригинальной подкосной рамной конструкции с шарнирно присоединенной к ней береговой плитой.

Впервые у нас применяются для нижнего подхода волжского шлюза, с большим колебанием навигационных горизонтов воды, двухрусные палы, обеспечивающие удобную зачалку судов не только при высоких, но и при обычных горизонтах (фиг. 5).

Ограждающие эстакады перед подводными к насосным станциям каналами, расположение, длина и заглубление которых установлены на основании специальных модельных исследований прохода судов, сооружаются на грунтах, допускающих забивку свай особой конструкции, в виде железобетонной надстройки на козловых сваях, позволившей Строительству отказаться от первоначально предположенных стенок типа подпорных.

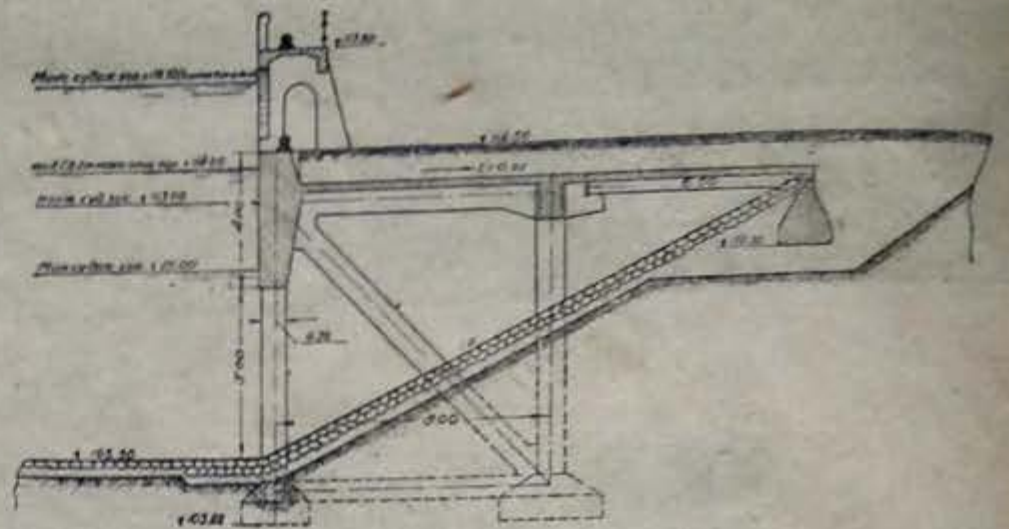
**Плотины и водопропускные устройства**

На канале Москва-Волга большая роль отведена земляным плотинам. С постройкой последних создаются вытянутые по долинам рек огромные водные пространства (водохранилища), которые в значительной степени уменьшают строительную длину канала. Общее протяжение судоходной части канала по водохранилищам равно 18 километрам. На канале строится 7 земляных и 3 бетонных плотины. Шесть земляных плотин, сосредоточенные главным образом в центральной части канала, создают водораздельный бьеф канала, имеющий отметку воды 162, т. е. на 38 м выше нормальной подпорной отметки в голове канала.

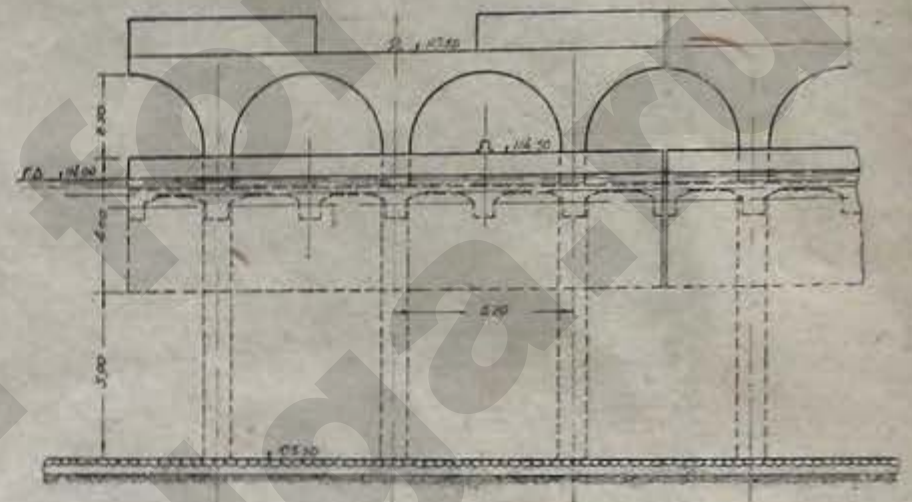
Наибольшей плотиной в этом узле водораздельного бьефа является Акуловская плотина\*).

\* Г. С. Михальченко: Земляные плотины на канале Москва-Волга. Журнал „Москваловострой“ № 3, 1934, стр. 9.

Двухрусные палы нижнего подхода Шлюза № 1



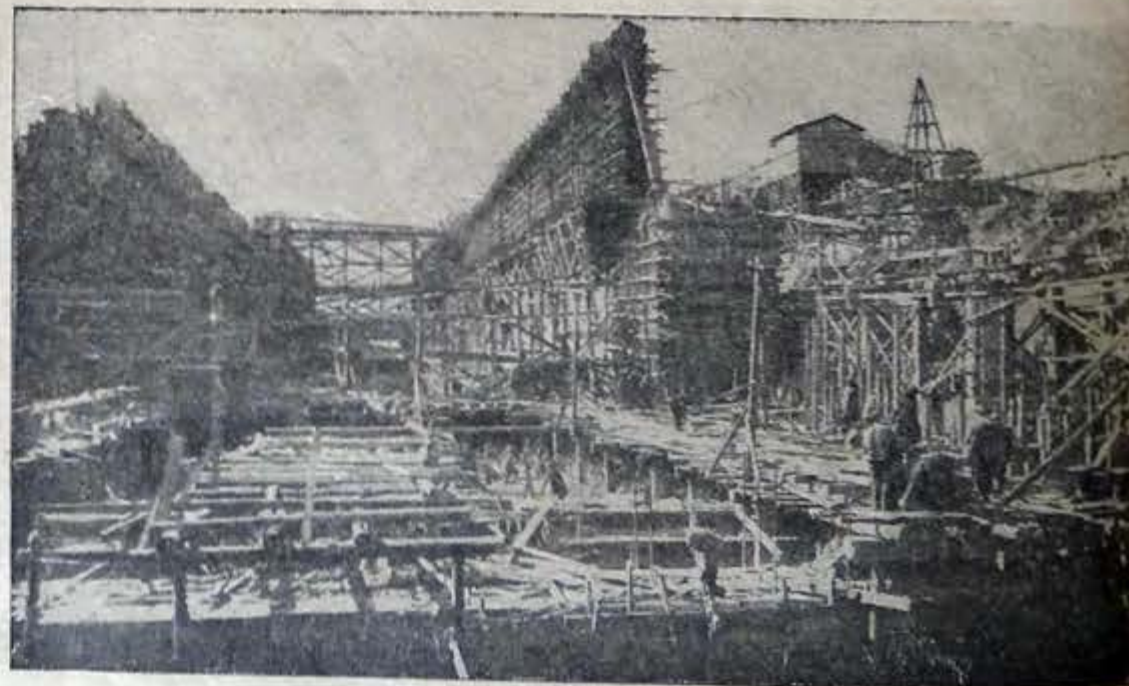
Вид со стороны канала



Фиг. 5



Вид на камерные стены волжского шлюза во время бетонирования смежных секций



Заградительные ворота фермы Томаса



Новизна конструкции ее заключается в применении наклонного слоисто-торфяного экрана и понура. Для высоты плотины 25 м это применение сделано впервые в СССР. Заграничная практика плотиностроения слоисто-торфяных экранов также не применяла. В более скромных размерах подобный тип был применен строительством Белморстроя на основании опытных исследований, проведенных проф. А. Ф. Лебедевым. На строительстве канала Москва-Волга лабораторные испытания были еще более углублены. В настоящее время плотина стоит под напором в 13 м. Поставленные наблюдения по пьезометрам показывают хорошую работу экрана и понура.

Применение слоисто-торфяного экрана диктовалось также и производством работ с точки зрения максимального использования местных материалов при отсутствии суглинистых карьеров и наличии рядом достаточного количества торфа с нужным коэффициентом фильтрации  $k = 0,000004$ .

Слоисто-торфяной экран является более эластичным. При осадках плотины он лучше следует за деформацией тела плотины, не нарушая своей сплошности, что очень важно для Акуловской плотины, имеющей в основании весьма разнообразные, пестрые по составу и неравноценные по несущей способности грунты.

Применение торфа, как строительного материала, имеет место также и для экранирования приканальных дамб, а в некоторых случаях торф использован с соответствующей пригрузкой и для возведения тела дамб.

Пестовская плотина оригинальна тем, что она является плотинной 2-м стороннего напора \*).

Как со стороны судоходного бьефа, так и со стороны отстойного водохранилища попеременно может иметь место напор на плотину. Нормально же напор на плотину с обеих сторон одинаков.

Новая конструкция заключается в применении внутреннего ядра и внутреннего наклонного дренажа, расположенного по течению ниже ядра. Применение внутреннего дренажа в теле плотины обеспечивает устойчивость низовых откосов с меньшим профилем плотины. Это особенно важно при быстрой сработке нижнего бьефа. Внутренний дренаж позволяет ослабить гидростатическое давление, являющееся результатом разности напоров — пьезометрического в теле плотины и уровнем отстойного водохранилища, перехватив грунтовые воды в теле плотины и отводя их в нижний бьеф через банкет (обратный фильтр).

Волжская плотина № 32 известна своим гидромеханическим способом производства работ. Для такой высоты плотины (27 м) намывной способ производства работ применяется впервые в СССР. Намывной способ для этой плотины применен с целью возведения ее в течение одного лета и получения более дешевой укладки грунта в тело плотины.

Из бетонных плотин наиболее мощной и интересной является Волжская бетонная плотина. Мировая гидротехническая практика не знает примеров постройки плотин с напором в 18 м на мягких грунтах. Обычно такие плотины рекомендуются строить на скальных основаниях, Волжская же плотина построена на морене. Отверстия плотины в 20 м покрыты плоскими щитами. Отдельные секции разрезаны по бычкам, чтобы избежать перекосов щитов. Из 8 секций 4 имеют повышенный гребень, а 4 другие, примыкающие к ГЭС, имеют, кроме верхних отверстий, донные отверстия, перекрытые плоскими консольными щитами пролетом 20 м \*\*).

Очертание водослива и форма гасителя подобраны в гидротехнической лаборатории Строительства.

\*) Г. С. Михальченко: Земляные плотины на канале Москва-Волга. Журнал „Москваловгострой“ № 3, 1934, стр. 9.

\*\*\*) Инж. В. П. Булаевский: Бетонная плотина на Волге. Журнал „Москваловгострой“ № 2, 1935, стр. 16.

## Водоспуски

Для пропуска в условиях строительного периода ливневых и летне-осенних расходов рек, на которых сооружаются земляные плотины, запроектированы при всех земляных плотинах донные водоспуски в виде отдельных сооружений, и в одном случае в виде донных отверстий водосброса (Пирогово). Кроме того, донные водоспуски предназначаются для других целей, а именно:

- а) полного опорожнения водохранилища,
- б) производства постоянных попусков в нижний бьеф для обводнения селений, лежащих по течению ниже плотины. Опорожнение водохранилища может быть вызвано условиями профилактического порядка (признаки аварии), а также соображениями санитарного характера (освежение воды).

Из конструктивных новинок следует остановиться на химкинском водоспуске и акуловском водоспуске. Оригинальность химкинского водоспуска заключается в том, что он построен без башни управления. Головная коробка находится под водой. Управление же аварийными щитами, закрывающими головное отверстие, производится с нижнего бьефа специальным масляным подъемником.

Акуловский водоспуск в головной своей части имеет сквозную рамную систему (этажерку), вместо обычно применяемых в таких случаях тяжелых башен управления. В обоих случаях управление щитами верхнего бьефа достигается свободно. Исключаются же сплошные башни управления, которые при высоте этих плотин получались весьма громоздкими, и, кроме того, при данных геологических условиях необходимо было бы делать специальные основания на опускных колодцах до 9—10 м глубиной. В остальном, конструкция типовая: бетонная штольня, размером 4,5 × 4,5 м в свету с прокладкой внутри двух металлических труб, диаметром 1,3 м. В конце акуловского водоспуска устроен интересный с технической стороны гаситель-распылитель, подобранный гидротехнической лабораторией, а над гасителем устанавливается гидростанция, использующая водную энергию, получаемую от расхода, предназначенного для обводнения ниже лежащих селений.

## Водосбросы

Для поверхностного сброса паводковых вод при земляных плотинах, кроме Пяловской и Икшанской, построены водосбросы. Наиболее оригинальным из них по своей конструкции, впервые примененной в СССР и за границей, является пироговский водосброс-водоспуск двухрусного типа, совмещающий в себе функции поверхностного водосброса, донного водоспуска и гидростанции, расположенной в левой подпорной стенке гасителя.

Такое совмещение позволяет:

- а) исключить целиком сооружение донного водоспуска, обычно располагаемого под телом плотины;
- б) позволяет исключить специальные мосты, входящие в водохранилище и связывающие гребень плотины с башней управления для верхних щитов;
- в) позволяет сосредоточить управление механизмами в одном месте, что значительно облегчает задачу маневрирования затворами при пропуске воды через все отверстия;
- г) бороться с продольной и боковой фильтрацией легче и проще в открытом типе водосброса.

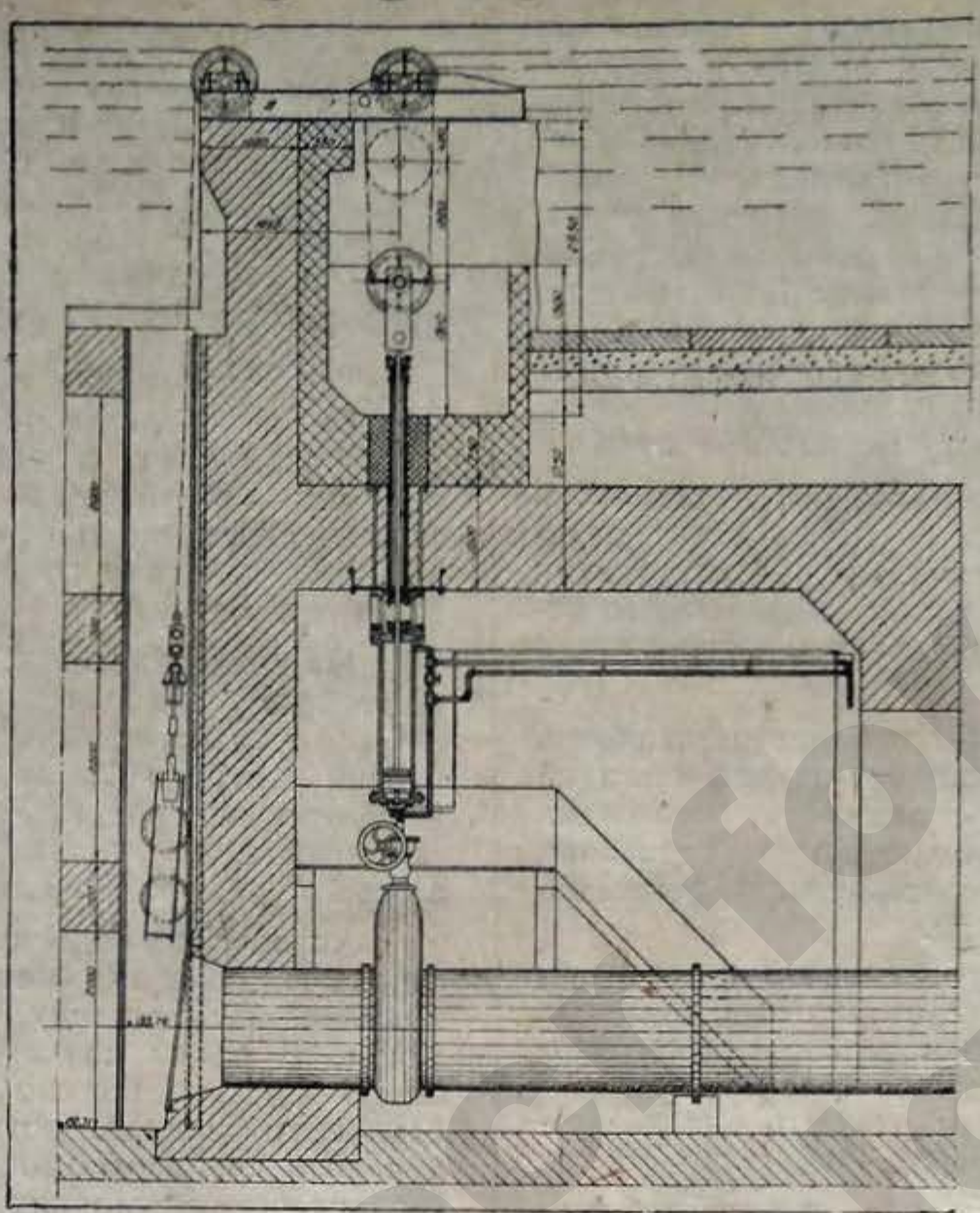
## Насосные станции

Подъем судов на водораздельный бьеф происходит благодаря шлюзам, а транспортировка волжской воды идет путем перекачки из бьефа в бьеф насосными станциями, строящимися у каждого шлюза и оборудованными в пер-

вую очередь четырьмя насосами пропеллерного типа на вертикальном валу с пропускной способностью 25 м<sup>3</sup>/сек каждый.

В строительной части насосных станций оригинальность конструкций заключается в том, что разработан и применен так называемый безнапорный тип здания насосной станции, благодаря устройству в здании потерны, устанавливающей всегда одинаковые горизонты перед насосным зданием и за ним в бассейне перед акведуком. Это позволило уменьшить бетонный массив, который при принятой схеме не рассчитывается на устойчивость против скольжения. Наиболее трудным в подпорных сооружениях является мера обеспечения устойчивости на сдвиг; обычно эта мера выполняется весом сооружения, получаемым за счет развития профиля. Поэтому заслуга проектировщика заключалась здесь в том, чтобы перевести напорный тип конструкции в безнапорный и таким образом исключить работу сооружения на сдвиг. Это удалось достигнуть путем введения потерны, приводящей сооружение к схеме сообщающихся сосудов. Устройство потерны таким образом привело к новой схеме расчета сооружения и позволило значительно сократить объем бетона по насосному зданию.

Необходимо также отметить принцип армирования насосного здания в виде пространственной сетки по трем осям координат. Эта совершенно новая, на первый взгляд необычная, система армирования получает одобрение, если вспомнить, что для такого высокого сложного массива с совершенно произвольными вырезами отверстий для потерн, кабельгангов и пр. литература не дает нам указаний распределения напряжений по высоте



Фиг. 6-а

стиия установки, а устройство их с большим углом расширения позволило сэкономить не одну тысячу кубометров бетона за счет введения сопротивления сдвигу пригрузки откоса с лицевой стороны стенки.

Устройство асфальтно-битумных понуров все более и более прививается на строительстве канала и уже начинает выходить за его пределы, так как простота в работе, гарантируемая водонепроницаемость в пределах понимаемой задачи ставит его в доминирующее положение перед другими видами конструкций. В верхних подходах станций был применен именно этот тип понура (асфальтно-битумный), позволивший отказаться от глинистого понура, тяжелого в укладке и связанного в производстве работ с состоянием погоды.

Разрезка станции по элементам позволила ускорить монтаж агрегатов насосного здания, так как нужная часть под монтаж может быть возведена раньше других и независимо от них.



Пироговский водосброс

внутри такого массива. Кроме того, если учесть дополнительное усилие от вибрации и действия температурно-усадочных явлений, т. е. тех сил, которые учитываются дополнительным коэффициентом запаса, то станет совершенно понятно, что подобный фундамент, не поддающийся точному расчету, следует армировать равномерно по всему массиву с некоторым увеличением арматуры по наружным плоскостям для придания общей жесткости конструкции и исключения трещин от температурно-усадочных явлений.

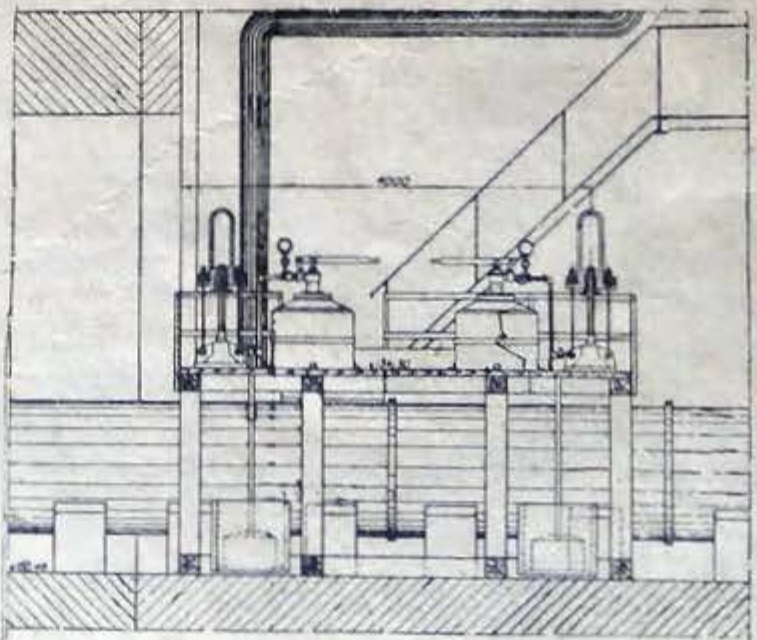
Такой фундамент не боится толчков, он тушит в себе силы вибрации, не передавая их на слабый грунт в основании сооружения. Он не боится пестроты основания с точки зрения разнородности его несущей способности, так как, пронизанный металлическим каркасом из прутьев

по своей высоте, он обладает достаточной жесткостью для распределения сил равномерно или по линейному закону на всей длине массива. Все эти мотивы привели к заключению — отказаться от обычного довольно условного расчета на изгиб, а принять равномерное армирование массива по трем осям координат из прутьев 19—20 мм с расстоянием между прутьями 80 см.

По наружным поверхностям эти расстояния сокращаются до 40 см, а диаметр прутьев увеличен до 25 мм.

Необходимо отметить, что привлеченный к экспертизе по этому вопросу проф. Кельдыш предложил именно описанный выше тип армирования массивного насосного здания, считая нормальным в таких случаях расходование железа до 50 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона.

Подпорные стенки в подходах нижнего и верхнего бьефа приняты по очертанию, диктуемому нам гидравлическими условиями и дающему наименьшие потери, что в свою очередь обеспечивает получение лучшего коэффициента полезного дей-



Фиг. 6-б

Водопроводный канал

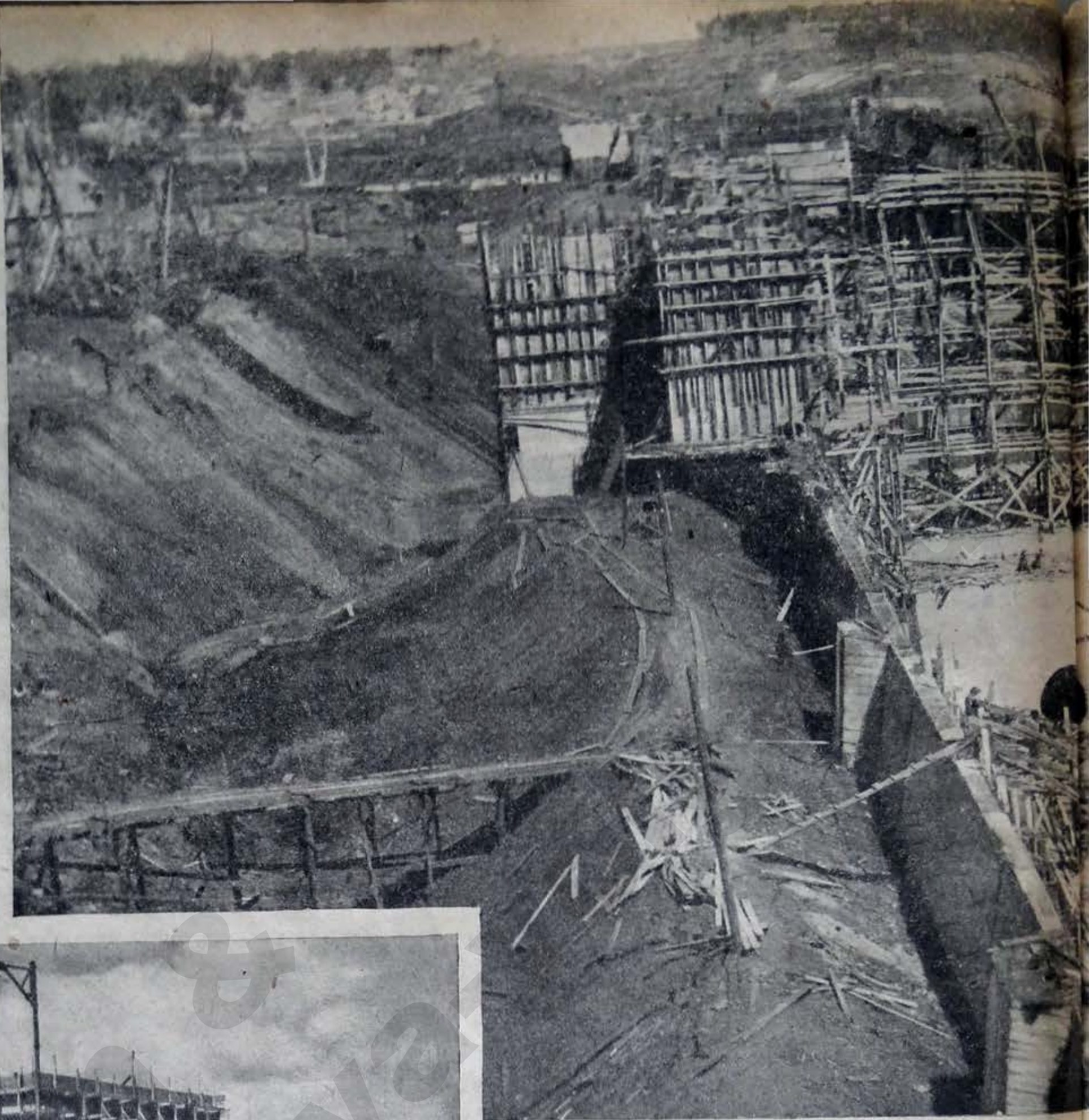
Водопроводный канал такого масштаба, как на строительстве канала Москва-Волга, сооружается в СССР впервые.

Подача волжской воды для водоснабжения столицы Союза идет через отстойное Нижне-Учинское водохранилище, образованное Акуловской плотинной и от-

Монтаж ворот средней  
головы шлюза № 9

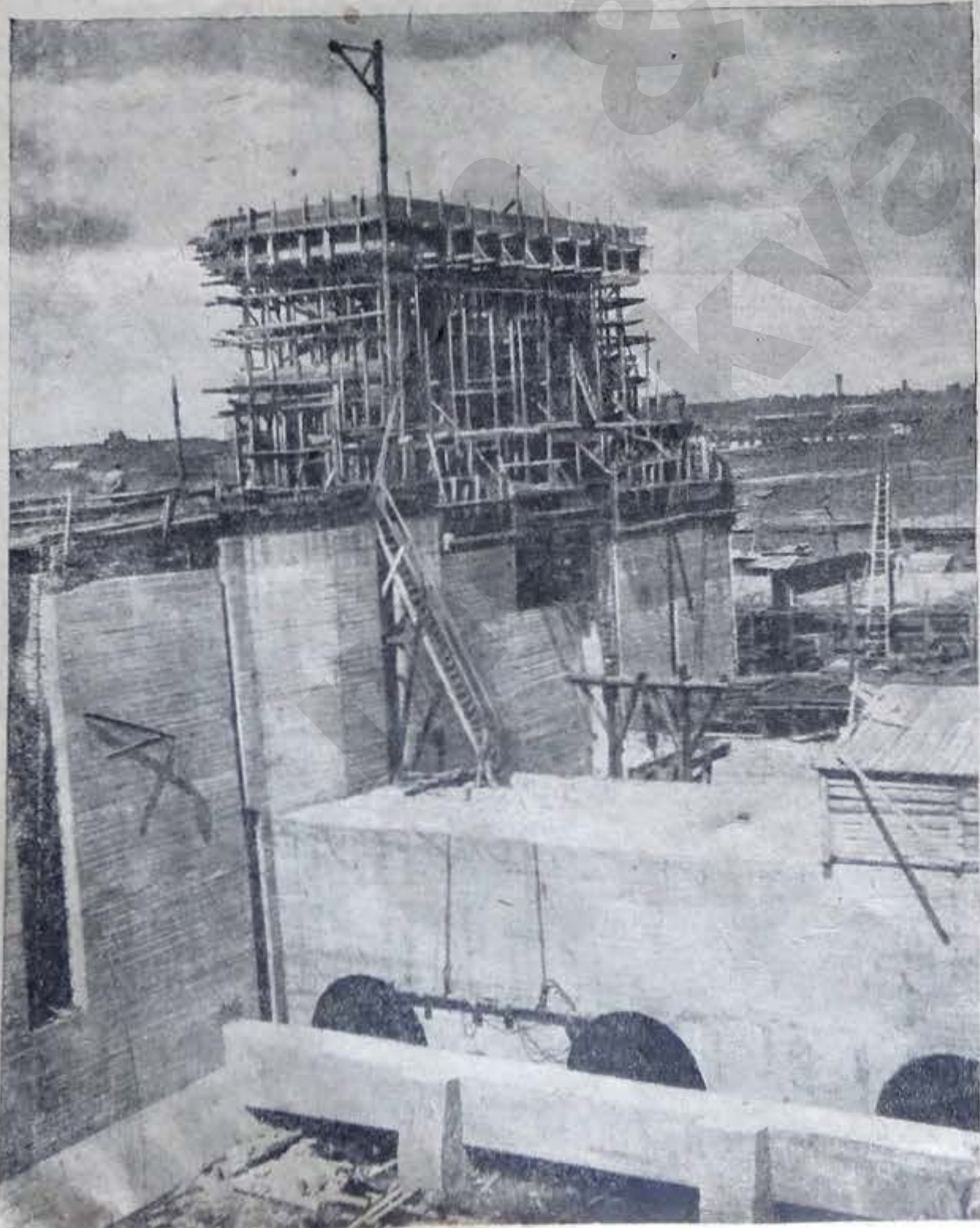


Строительство Карамышев-  
ской плотины на Москва-  
реке

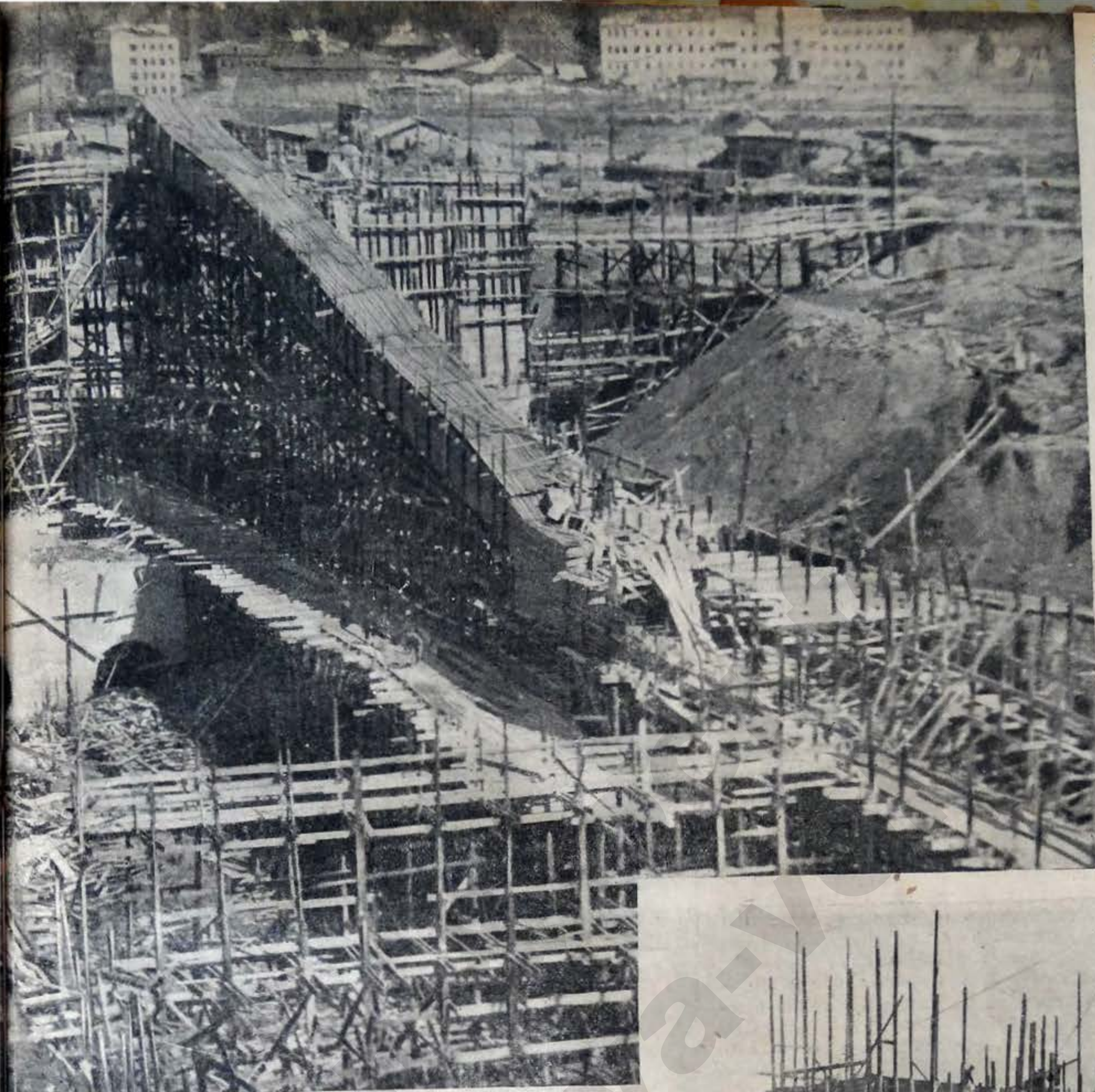


Постройка здания управления правой стороны верхней головы шлюза № 8 (внизу слева).

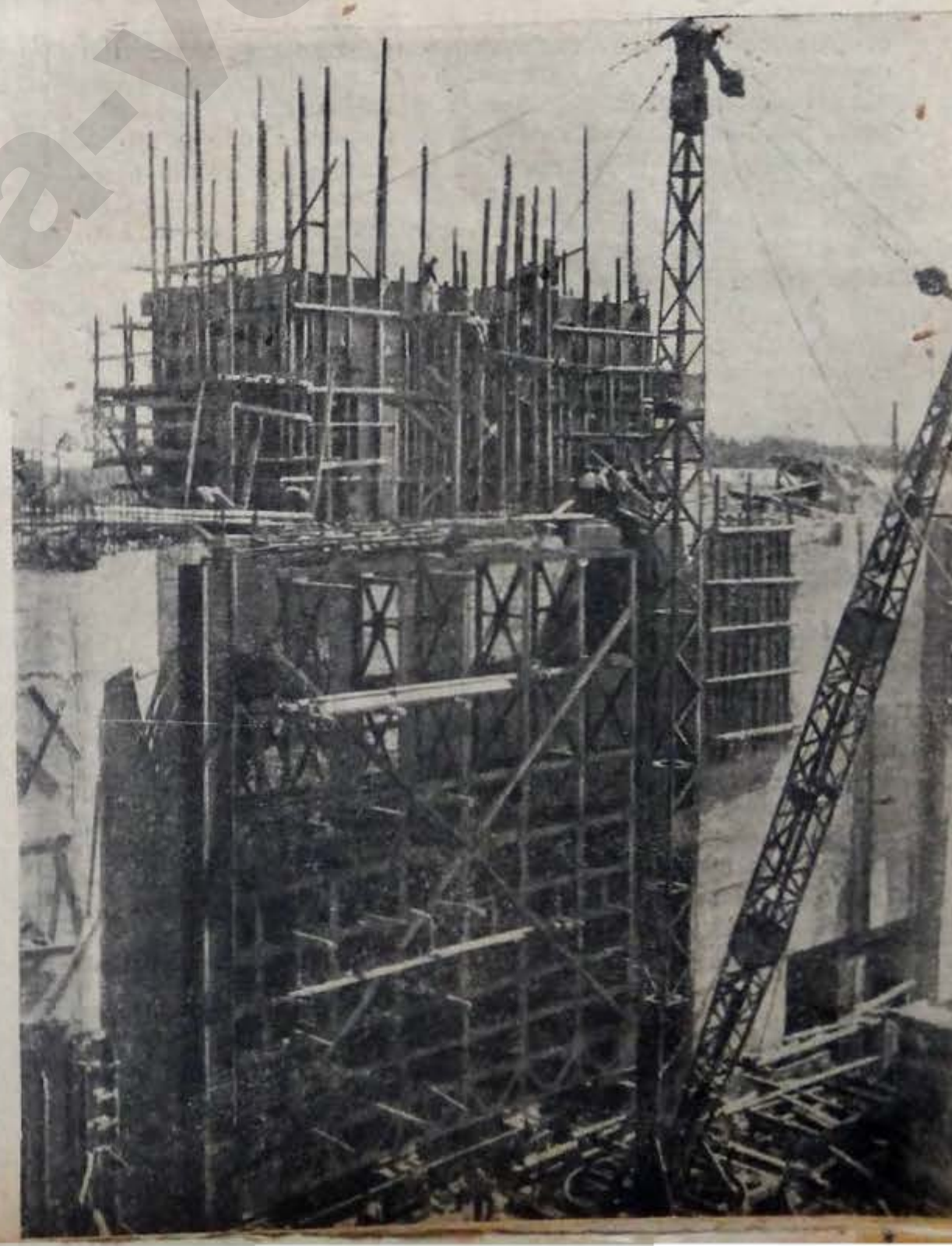
Архитектурное оформление здания управления средней головы шлюза № 8 (внизу в центре).



Строительство двухна-  
мерного шлюза № 8



Монтаж ворот нижней  
головы шлюза № 8



деленное от судоходной части канала, по санитарным соображениям, Пестовской и Пяловской плотинами.

Из Учинского водохранилища, после предварительного отстоя, вода направляется по Водопроводному каналу к Москве. Забор воды осуществляется близ дер. Листвяны через особые железобетонные трубы, могущие принимать воду с двух горизонтов. Далее, проходя через гидростанцию и получая аэрацию, вода попадает в открытую часть канала. Открытая часть канала запроектирована с бетонным креплением откосов и дна.

Интересным и оригинальным является гидроизоляция канала и дренаж.

Гидроизоляция запроектирована из гудронированных мат толщиной 1 см на мешковине, расположенных под бетонной облицовкой на песчаном слое.

Дренаж состоит из асбоцементных труб, уложенных под дном канала и окутанных обратным фильтром из разной крупности гравия. По откосам дренажом является песчаный слой, перехватывающий грунтовые воды и отводящий их к дренажным трубам.

Гидроизоляция с одной стороны служит целям защиты канала от проникновения в него грунтовых вод, могущих засорять канал вредными соединениями, вызывающими эпидемию; с другой стороны она уменьшает потери волжской воды, накачиваемой на водораздельный бьеф и попадающей в канал через отстойное водохранилище.

Дренаж, как и гидроизоляция, также способствует уменьшению загрязнения канала, так как он перехватывает грунтовые воды, отводит их на сброс помимо канала и, кроме того, позволяет сократить толщину облицовки, снижая кривую депрессии за облицовкой в случае освобождения канала от воды, и тем самым предохраняет облицовку от выпирания.

Для удобства последующего ремонта дренажа, расположенного под дном канала, дно сделано разборным из железобетонных досок.

Канал запроектирован в две нитки. На канале построены сооружения — переключатели, которые позволяют перебросить воду из одной нитки в другую и обеспечить полное освобождение канала между переключателями для нужного осмотра, для возможного ремонта.

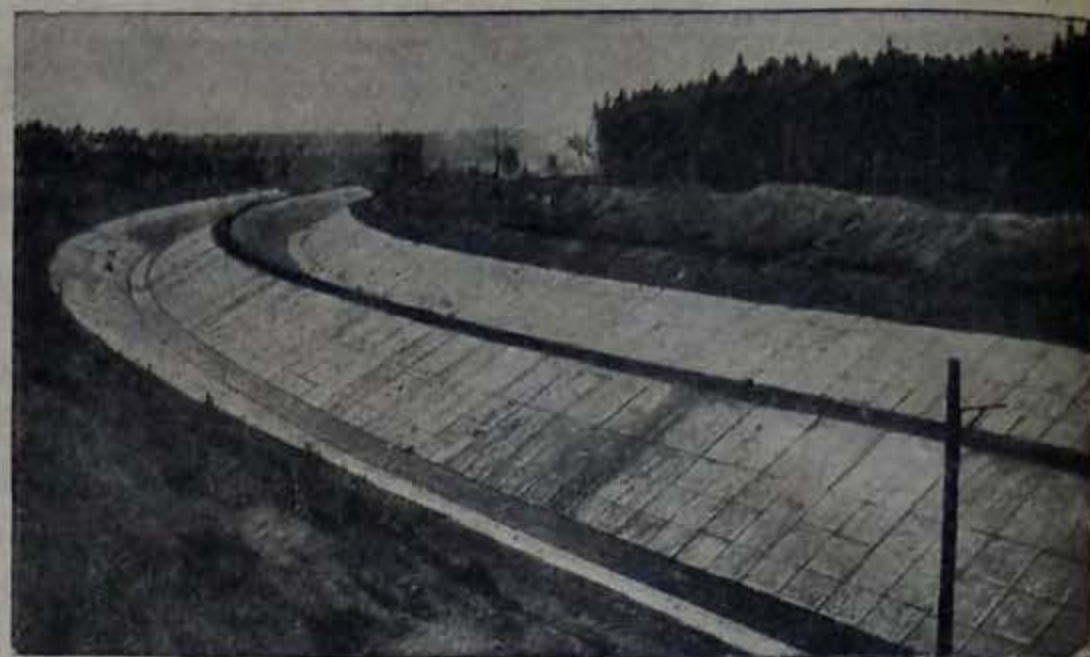
В наиболее населенной части канал проходит в закрытых трубопроводах диаметром 3,5 м, с толщиной стенок в 30 см. Отдельные звенья, достигающие до 25 м по длине, соединяются между собой прокладкой гудронированного мата и устройством затяжного шва\*).

Для испытания водонепроницаемости такого шва сконструирован особый прибор, при помощи которого возможно нагнетание воды в предусмотренные полости между прибором и стенками трубопровода до 2—3 атмосфер. Показание манометра и утечка воды, нагнетаемой в полости, может служить доказательством состояния шва, его водонепроницаемости.

Основное испытание трубопровода предполагается провести наливом, а отдельные элементы в некоторых затем случаях — этим специальным прибором.

Из сооружений на канале, кроме переключателей, о которых уже упоминалось, следует отметить дюкер 139, расположенный под р. Клязьмой. Оригинальность его конструкции заключается в введении металлической рубашки в железобетонное кольцо трубопровода для придания водонепроницаемости.

Предохранение канала от чрезмерного повышения горизонтов воды, вследствие поступления лишних расходов в голову и подпора с нижней части канала, осуществляется автоматическими сифонными сбросами: а) из регулятора № 230, расположенного на стыке основного ка-



Открытый участок Водопроводного канала



Закрытые водоводы Водопроводного канала

нала с аварийной ветвью канала; б) из водоприемника № 232, расположенного в конце Водопроводного канала.

Аварийная ветвь канала забирает воду из Верхне-Учинского водохранилища в судоходной его части и направляет в Водопроводный канал в случае аварии или ремонта на головном участке канала, идущего от Листвянской ГЭС.

Канал заканчивается на 28 километре от Учинского водохранилища специальным открытым бассейном, площадью 120 тыс. м<sup>2</sup>. Объем бассейна равен 116 тыс. м<sup>3</sup>, что признается достаточным для регулирования подачи на станцию.

Схема сооружений позволяет питать насосную станцию как из бассейна, так и непосредственно из канала.

Из бассейна вода направляется в водоприемник, а оттуда — на Сталинскую насосную станцию, где осуществляется дополнительная очистка ее в специальных отстойниках и на фильтрах, а затем вода проходит химическую обработку. Сталинская насосная станция очищенную воду направляет к Москве для распределения по сети.

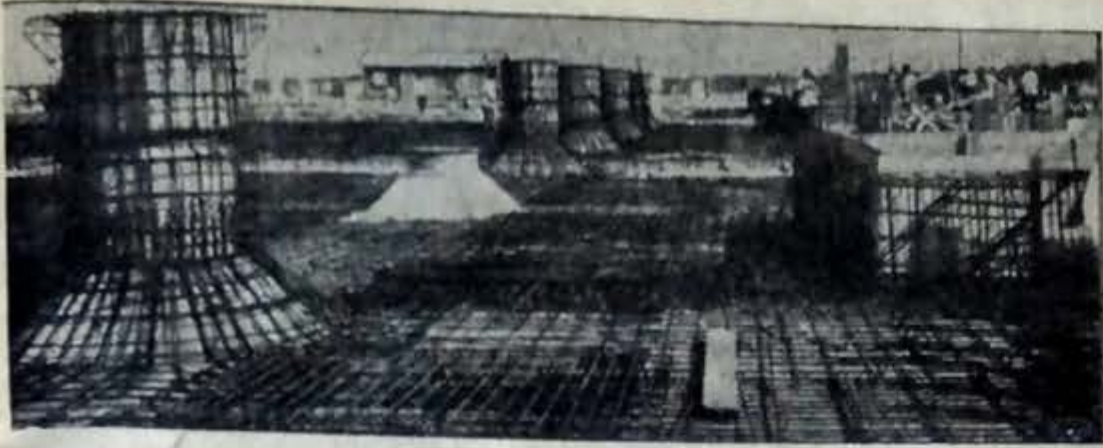
#### Пересечение канала с дорогами и водотоками

Проходя по прилегающим к Москве районам, канал имеет многочисленные (более 30) пересечения с железными, шоссейными и местного значения дорогами, которые осуществляются мостами, тоннелями и переправами.

Некоторые пересечения с дорогами, а также с водотоками очень сложны и имеют необычные размеры и условия.

\* Д. МИХЕЕВ: Водопроводный канал. Журнал „Москваловострой“ № 2, 1935 г.

\*\* А. ПРОЗОРОВ: Конструкция металлического трубопровода с учетом возможной осадки опоры. Журнал „Москваловострой“ № 11, 1935 г. стр. 39.



Сталинская насосная станция. Армировка

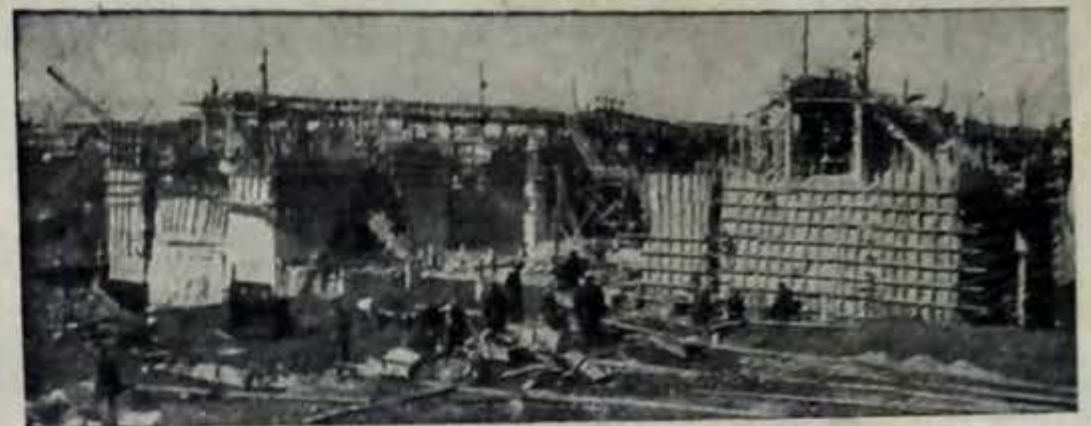
Так, пересечение Октябрьской дороги с Химкинским водохранилищем осуществлено однопролетным четырехпутным железобетонным арочным мостом.

Одна из особенностей этого уже построенного моста, параболическая арка которого пролетом в 116 м имеет стрелу в 29 м, заключается в том, что два пути помещены внутри арок, а остальные два вынесены на консолях по одному с каждой стороны арки.

Пересечение Калининской железной дорогой канала над шлюзом № 8 осуществлено тоже железобетонным интересной конструкции мостом со средним пролетом в 120 м, перекрываемым трехшарнирной коробчатой аркой и двумя крайними балочными пролетами по 17,5 м.

Оба эти моста как по размерам, так и по конструкции являются необычными даже при современных достижениях железобетонного мостостроения.

Из тоннельных пересечений - Волоколамское шоссе



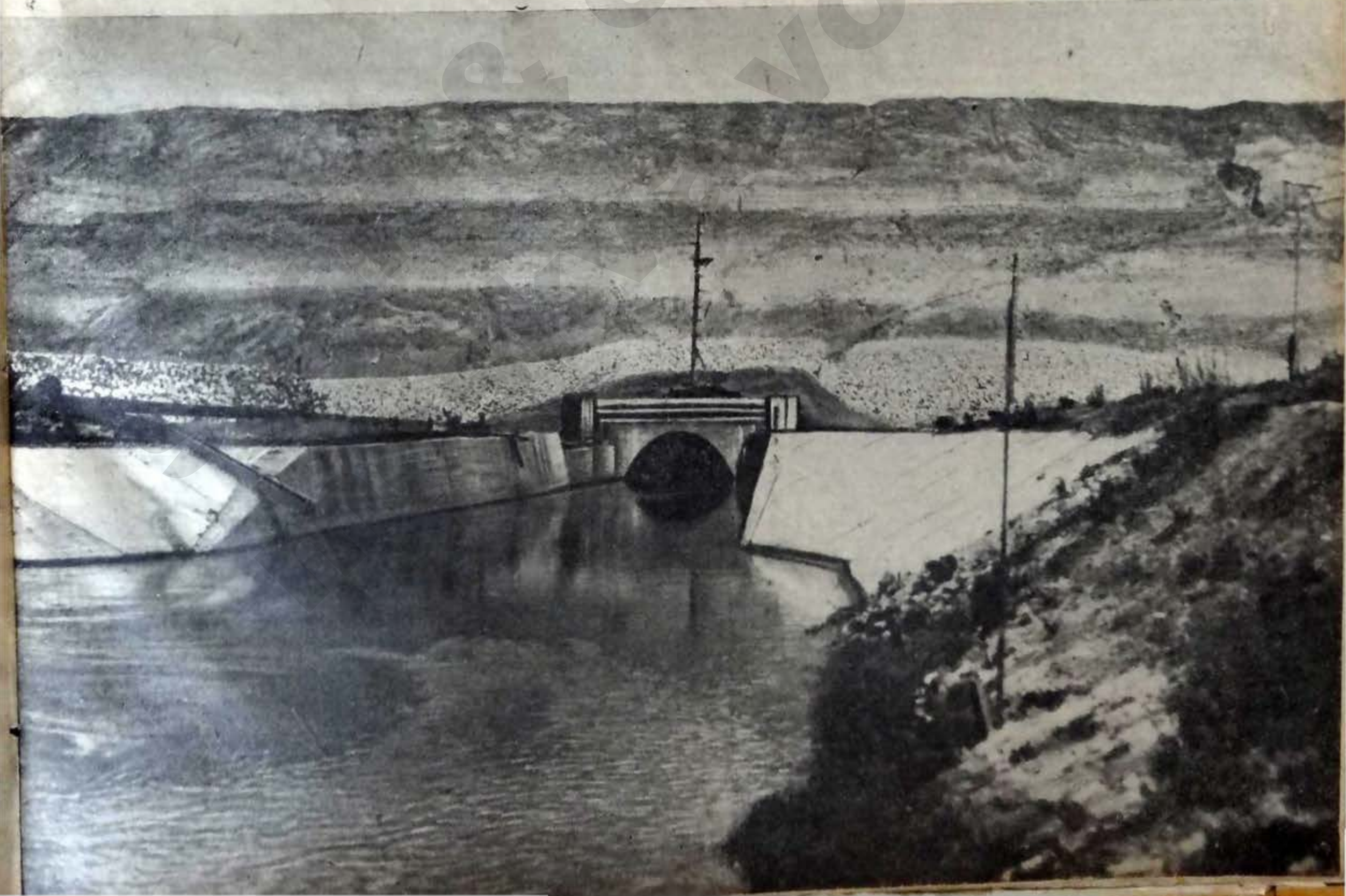
Верхняя голова волжского шлюза с тоннелем в период постройки

пропущено под каналом двухтрубчатый тоннелем № 410 (уже введенным в эксплуатацию), а шоссе на Волжском узле — одиночным тоннелем в верховом массиве верхней головы шлюза № 1. Последний сопрягается с поверхностью тоннельными секциями под засыпкой пазух головы.

Перепады, пересекающие канал в 14 местах, во избежание задержки судоходства по каналу, механизмируются при помощи специально сконструированных управляемых с берега механизмов с бесконечными тросами, передвигающимися паром (посредством зажимов на пароме) и опускающимися на дно канала для пропуска судов.

Из пересечений с водотоками особый интерес, благодаря включению в ее состав водоспуска, представляет трехочковая железобетонная труба № 170, пропускающая под каналом р. Сестру, весенний 1% расход которой достигает 440 м<sup>3</sup>/сек. Эта труба, проходя непосредственно под дном канала, интересна также противотрационными устройствами у трубы и по откосам.

Химкинская плотина



**Н**АСТОЯЩАЯ статья имеет целью подытожить имеющийся на сегодня русский и иностранный опыт в отношении применявшихся для намыва грунтов и наметить пути для определения степени их пригодности в зависимости от тех или иных условий производства работ. На основе данных, публикуемых в настоящей статье, проделана уже значительная практическая работа по определению степени пригодности карьерных грунтов для намыва Сестринских дамб.

## 1. ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Преимущество гидромеханизации по сравнению с другими способами производства земляных работ заключается в основном в том, что имеется возможность сразу охватить три процесса работы: разработку, транспортировку и укладку земляных масс при одновременной их сортировке.

Отсюда — значительное снижение себестоимости, ускорение производства земляных работ при увеличении производительности труда на одного рабочего и сравнительная простота механизмов, имеющих своим назначением управлять скоростями движущей грунт воды.

Благодаря указанным обстоятельствам, гидромеханизация может иметь широкое распространение в гидротехническом строительстве — при устройстве каналов, плотин, дамб, насыпей, портовых территорий, при размыве гравийных и иных карьеров. Подтверждением этому служит заграничная практика (американская, итальянская и др.), широко применяющаяся за последнее время намыв высоконапорных плотин, высота которых колеблется от 12 до 78 м.

В основном принцип намыва заключается в том, что благодаря различному весу частиц грунта, переносимого водой, имеется возможность рассортировать грунт по его степени крупности и получить профиль плотины, удовлетворяющий необходимым условиям ее прочности и водонепроницаемости.

При обычном двухстороннем намыве наиболее крупный материал укладывается у наружных частей откоса. В середине плотины образуется ядро, состоящее из более мелкого материала грунта и обладающее наибольшей водонепроницаемостью (фиг. 1). Части плотины между внешней гранью ядра и линией откоса называются наружными призмами и имеют своим назначением противодействовать гидростатическому давлению неотвердевшего ядра в строительный период, а также обеспечить дренаж. Нижние части внешних призм в большинстве случаев делаются из каменной наброски для создания упора в нижней части откосов. По наружной грани внешних призм при производстве работ укладываются обычным способом небольшие дамбы высотой 1—1,5 м, назначением которых является придать правильный профиль плотине и удержать жидкую массу намываемого грунта до ее уплотнения.

В зависимости от производства работ, плотины могут быть намывными и полунамывными.

Под намывными подразумеваются такие плотины, в которых грунт переносится и укладывается с помощью воды, тогда как в полунамывных материал подается к сооружению механическим способом (автомобильный и ж.-д. транспорт) и только укладывается при помощи воды.

В отношении материала, который может применяться для плотины того и другого типа, между ними также имеется некоторое различие. Максимальный размер частиц грунта, которые могут подаваться гидравлическим путем в намывные плотины, ограничен внутренними габаритами отверстий насоса, в полунамывные же плотины может идти и более крупный материал.

При недостатке в грунте мелкозернистого материала, при намывном способе имеется возможность намывать в ядро большее количество мелкозернистых частиц, чем при полунамывном. Это происходит по той причине, что при намывном процессе после того, как материал пройдет через трубы, мелкие частицы будут находиться во взвешенном состоянии и не осадут так быстро у наружных частей, как при полунамыве. Наоборот, при значительном содержании в грунте мелкозернистого материала, иногда выгоднее применять полунамывной способ, оставляя во внешних частях плотины мелкозернистый материал, смешанный в некоторой доле с крупнозернистым.

Необходимыми условиями для проектирования и возведения намывных плотин считаются следующие:

Прочность и непроницаемость основания. Основанием может служить скала, камень, песок, глина, равно как и всякий материал, который может стать водонепроницаемым при применении шпунта, диафрагм, зуба из утрамбованной глины и т. д.

На постройку плотины должен идти такой материал, который обеспечит бы водонепроницаемое ядро.

Постройка плотины должна быть произведена таким образом, чтобы по ее окончании не было больших осадок, трещин (особенно вертикальных) и никаких иных заметных деформаций.

Не следует допускать водонепроницаемых карманов в наружных призмах, необходимо предотвращать образование слоев крупнопесчаного материала в ядре, для чего надо тщательно следить за производством работ и систематически производить механические анализы укладываемого карьерного материала.

Ядра и гребни в намывных плотинах нужно заканчивать способом укатки, так как при окончании постройки плотины наружные дамбы у ее верха получаются очень слабыми и могут быть прорваны гидростатическим давлением от жидкой массы и воды, находящейся в пруде-отстойнике.

Надежность постройки намывных плотин, как это следует из предыдущего, во многом зависит от правильного метода производства работ, и из заграничной практики видно, что наиболее опасным для них в отношении возможных деформаций является строительный период. С наполнением водохранилища устойчивость плотин обычно повышается, и деформации в периоде эксплуатации имеют место лишь как редкое исключение.

По сравнению с укатанными, намывные плотины обладают рядом преимуществ, а именно:

Уплотнение в намывных плотинах лучше, чем в укатанных, и мо-



Фиг. 1

жет достигать величины до 15—20% против карьерного состояния. При соблюдении технических условий, предъявляемых к плотинам для намыва их, можно, в зависимости от способа производства работ, применять почти всякий грунт, непригодный при обычном способе возведения плотин.

Намывные плотины можно воздвигать быстрее, чем укатанные, если будет обеспечено достаточно интенсивное уплотнение ядра. Намыв можно производить во время дождей.

## II. ГРУНТЫ, ПРИМЕНЯВШИЕСЯ В ПРАКТИКЕ ВОЗВЕДЕНИЯ НАМЫВНЫХ ПЛОТИН

Идеальным грунтом для намывных плотин следует считать такой грунт, который, помимо обеспечения устойчивости наружных частей плотины, имел бы в своем составе достаточное количество мелких фракций для образования водонепроницаемого ядра. Таким материалом является смесь округленных валунов, гравия, песка и глины, причем последняя в количестве от 10 до 30% всего материала.

В природе такие группы в естественном их залегании почти не встречаются, и при намыве плотин, как это видно из практики заграничного строительства, приходится иметь дело с разнообразнейшими по их происхождению и составу грунтами.

Из продуктов разрушения гранита: гнейса, роговой обманки, песка и жирной глины, была построена плотина Салюда (высота 63 м). Материал намывной плотины Линвилль (высота 58 м) представлял собой продукт выветривания скальных грунтов, лежащих ниже основания, с низким объемным весом, с незначительным содержанием гравия и крупного камня. Эффективный диаметр материала ядра равнялся 0,028 мм, и по сравнению с ядрами других плотин был более крупным. Плотина получилась удовлетворительной, и только из-за того, что в низовом откосе в верхней части не было дренажа, около 5% уложенного материала перед окончанием плотины было вынесено водой, выходящей из ядра плотины.

Намывная плотина на оз. Френсис была построена из продуктов выветривания гранита, который содержал 70—80% песка и гравия всех размеров, от мелких зерен до величины орехов, а остальное количество составляли более мелкие частицы, которые осаждались из воды долгое время.

Плотины Коббл-Маунтен, Виззота, Роки-Ривер были намывы из ледниковых наносов, представлявших собой смесь камней, гравия, песка.

\*) Инж. Финский: Обзор намывных и полунамывных плотин. Рукопись. ВОДГЕО.





Забивка металлического шпунта на Волжской земляной плотине

ила и каменной пыли без наличия коллоидов, причем эффективный диаметр большинства материала равнялся 0,01 мм.

Ядро плотины Коббл-Маунтен (высота 78 м) было сопряжено со скальным основанием трехметровым замком и состояло из мелкой каменной пыли с небольшим содержанием глины. При затвердении ядро оказалось очень прочным, вполне водонепроницаемым, достаточно устойчивым и занимало 15% площади поперечного сечения.

На плотине Виззота материал представлял собой смесь булыжника, гравия, очень чистого песка и незначительного количества глины. В целом материал оказался водонепроницаемым, ввиду чего в верховой стороне потребовалось построить железобетонную диафрагму.

Плотина Итахо была намыта из вулканического пепла, представлявшего собой весьма мелкий материал в виде лесса. Имея сходство с мелким молотым цементом, он поглощал воду подобно муке и, раз увлажненный, крепко уплотнялся и становился прочным и водонепроницаемым, как глина. Но, в отличие от глины, он не растрескивался и не оседал при высыхании, что наблюдается в глине, особенно при широких ядрах.

Плотина намывалась медленно и окрепла так, что через четыре дня после прекращения намыва колеса телеги не входили в грунт, несмотря на то, что во время намыва можно было легко вбить сваи на глубину 3 м. Подводные откосы имели уклон 1:6 и 1:7, а надводные — 1:4.

Намыв плотин из песков, вследствие значительной их фильтрации, затруднителен без применения особых противофильтрационных мер: диафрагм, шпунтов и пр. Но все же из мелкого желтого песка, взятого в сосновом лесу, была построена без специальных противофильтрационных устройств намывная плотина Кротон в Мичигане, причем песок намывался под воду. Из очень мелкого песка, намываемого под воду, была также построена плотина Свинк в Колорадо.

Из чистого, очень мелкого песка, при полном отсутствии глины, была построена полунамывная плотина Бивер (Софт-Мепль) с бетонной диафрагмой.

Хорошим материалом для намыва является песчано-глинистый грунт, применявшийся в зарубежной практике при возведении многих плотин. Так, напр., с большим успехом была намыта плотина Хеншоу, материал которой состоял из 2/3 песка и гравия и 1/3 глинистых частиц. Так как процент глины был несколько большим обычного для устойчивости ядра намывной плотины, то во избежание прорыва наружных призм плотины часть мельчайших глинистых частиц вымыли с отходящей водой из пруда-отстойника. При этом эффективный диаметр материала ядра достиг большой величины—0,025 мм. Ядро сопрягалось со скальным основанием замком переменной ширины, глубиной в 10 м.

Плотина Конконулли также построена из песчано-глинистого грунта с частичным содержанием ила. Ядро оказалось водонепроницаемым, т. к. содержало достаточное количество мельчайшего материала. Откосы плотины были защищены крупными камнями, которые предохраняли плотину от действия волн, дождей, оползней и обеспечивали необходимый дренаж.

Большое распространение при постройке намывных плотин в Мексике получил материал, который представлял собой смесь битого камня, песка и чистой желтой глины.

Плотина Бер-Крик (Исландия\*) была намыта из материкового грунта, состоявшего из смеси песка, гравия и валунов, перемешанных с глиной. При выемке этот грунт требовал применения взрывных работ. В целом плотина получилась надежной как в отношении устойчивости, так и водонепроницаемости; до скалы был забит металлический шпунтовый ряд.

Из чистой глины или грунтов, очень к ней близких, труднее всего построить намывную или полунамывную плотину. Обладая большой водонепроницаемостью, она будет малоустойчивой и потребует очень пологих откосов, особенно с верховой стороны, тем более, что уплотнение глины происходит весьма медленно. Вода, скопившаяся внутри плотины, стремится выйти наружу, создавая при слабой проницаемости наружных частей большое гидростатическое давление на них. Последнее вызывает деформации в ядре и трещины во внешних призмах, что, вместе с большими

осадками во время уплотнения, может привести к оползням и катастрофам.

Намывные плотины из глины неустойчивы до тех пор, пока не будет вытеснена переносившая глину вода. Исключение составляют случаи, когда ядро быстро отвердевает благодаря применению каких-либо специальных мер: искусственный дренаж, применение более крупного материала в наружных призмах и т. д.

Наружные откосы плотин из глинистых материалов должны быть очень пологими. Так, напр., внешние части плотины Гарца в Техасе, стоявшие в преобладающем большинстве из глины (80% глины и 20% песка и гравия) и имевшие тройное заложение откосов, сползли в верхний бьеф, приняв уклон от 1:10 до 1:15. Особенно не оправдала себя на практике глины и ил, примененные на плотинах Стоудлей-Лейк, Лайонс (Мичиган), Александер и других (синяя, вязкая глина, слабо отдающая воду).

Материал плотины Стоудлей-Лейк состоял из тяжелой синей глины, имевшей комковатое строение. Во время постройки на плотине произошли два оползня, на верховой и низовой стороне (сползло 70.000 м<sup>3</sup> грунта). Верховой откос сползал в течение нескольких месяцев, образуя глубокие продольные трещины; большой объем камня, уложенного для защиты откосов, был сбит с места, что свело к нулю его назначение. Несмотря на наличие дренажа в низовом откосе, он не успевал быстро отводить воду из полужидкой массы ядра, и, по причине большого гидростатического давления со стороны ядра, низовой откос обрушился.

При намыве плотины Лайонс в Мичигане пришлось отказаться от вязкой тягучей глины, которая вследствие большой клейкости затрудняла намыв.

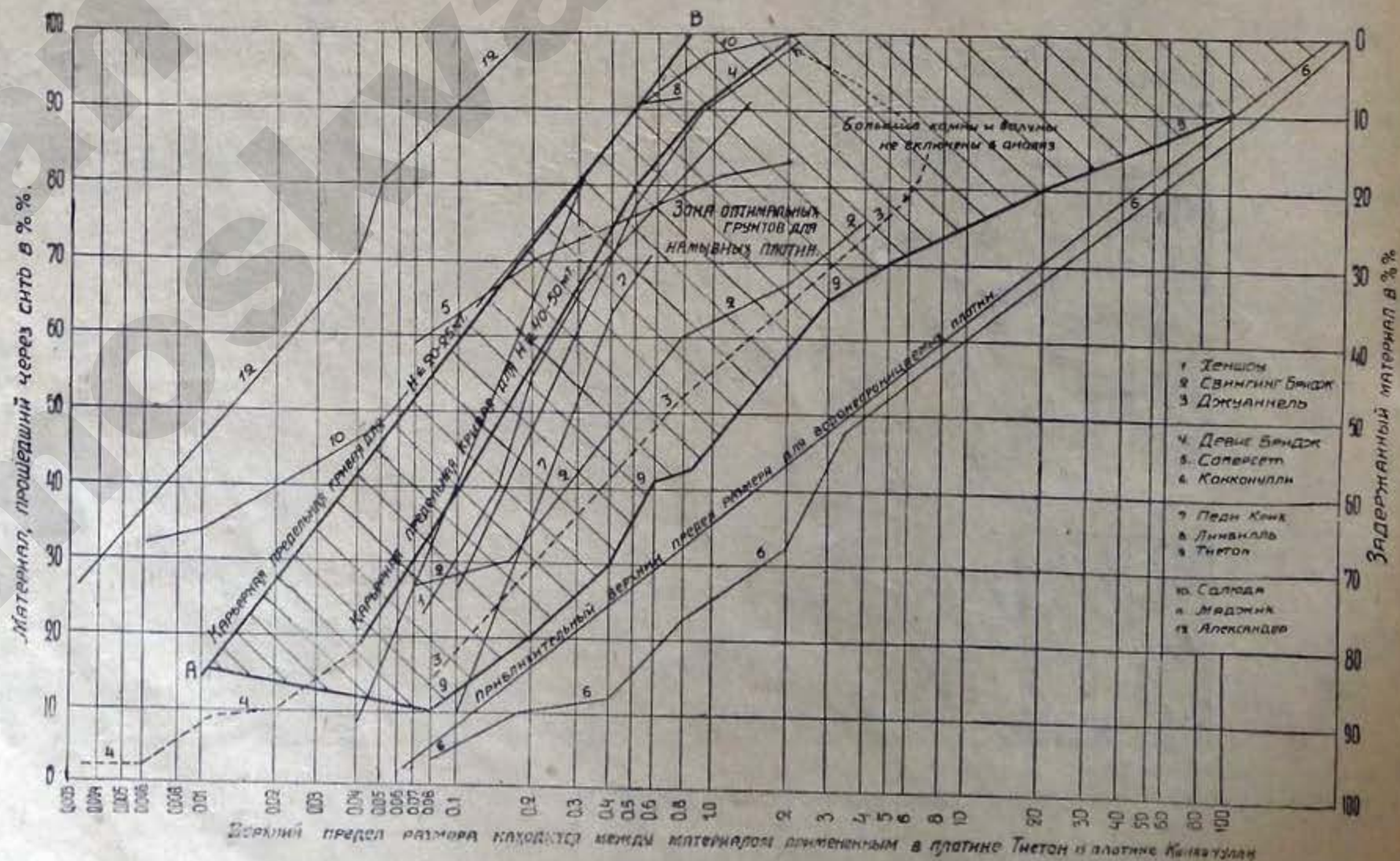
### III. К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИГОДНОСТИ КАРЬЕРНЫХ ГРУНТОВ ДЛЯ НАМЫВНЫХ ПЛОТИН

Из обзора грунтов, применявшихся при возведении намывных плотин, видно, что намыв можно производить почти из любого грунта, при условии принятия каких-либо специальных мер в порядке проектирования и производства работ (уположение откосов, искусственный дренаж, противофильтрационные устройства и т. д.).

Однако, специальные меры, не исключая некоторой доли риска при производстве работ, естественно, приводят и к удорожанию строительства. Поэтому, при возможности выбора того или иного карьерного грунта для намыва плотин, приходится базироваться исключительно на опытных данных, полученных в результате постройки намывных плотин.

К таким опытным данным может быть отнесена сводная диаграмма механических анализов грунтов, применявшихся для возведения 12 намывных и полунамывных плотин (фиг. 2). Из анализа этой диаграммы и обзора ряда построенных плотин можно установить три зоны грунтов для намыва:

Первая зона, примерно, находится в пределах между кривой гранулометрического состава грунта плотины Салюда (кривая № 10) и левее (более мелкий материал) и характеризует грунты, не вполне удовлетворительные с точки зрения устойчивости плотин (из практики по-



Фиг. 2

\*) Проф. Анисимов: Глухие плотины, 1924 г.

Таблица 1

№№ п/п	НАИМЕНОВАНИЕ ПЛОТИН	Способ возведения	Объем 1000 м³	Длина м	Высота м	Наружные откосы		Откосы ядер		$\frac{b_1}{b}$ *)	Количество вынесенного грунта 1000 м³
						Напорн.	Низов.	Напорн.	Низов.		
1	Гатуна . . . . .	п/нам.	17550	2540	35	от 1 : 4 до 1 : 8	1 : 4	1 : 2	1 : 9	0,37	—
2	Калаверас . . . . .	"	2850	366	73	1 : 8	1 : 2,5	1 : 0,5	1 : 0,5	0,37	1100
3	Некакса . . . . .	нам.	1640	366	58	1 : 3	1 : 2	1 : 1	1 : 1	0,37	400
4	Александр . . . . .	"	430	—	43	1 : 3	1 : 2	1 : 0,6	1 : 1,2	0,37	190
5	Стондлей-Лейк . . . . .	п/нам.	2485	3250	35	1 : 3	1 : 2	1 : 0,25	1 : 0,25	0,11	70
6	Линвилль . . . . .	"	995	380	49	1 : 3	1 : 2,5	—	—	—	45
7	Салюда . . . . .	нам.	8400	2380	63	1 : 3	1 : 2,5	1 : 1	1 : 1	0,40	96

\*)  $b_1$  и  $b$  — соответственно ширина ядра и плотин по низу.

Таблица 2

№№ п/п	НАИМЕНОВАНИЕ ПЛОТИН	Способ возведения	Объем 1000 м³	Длина м	Высота м	Наружн. откосы		Откосы ядер		$\frac{b_1}{b}$ *)	ПРИМЕЧАНИЯ
						Напорн.	Низов.	Напорн.	Низов.		
1	Хеншоу . . . . .	нам.	310	200	50	1 : 2,5	1 : 2,5	1 : 0,5	1 : 0,5	0,22	В основании металлич. шпунт
2	Свинк (Колорадо) . . . . .	"	2300	2150	12	1 : 2	1 : 2	—	—	—	Массивные каменные упоры
3	Алуэт . . . . .	"	—	—	19	1 : 3	1 : 2,5	1 : 0,5	1 : 0,5	0,18	
4	Конгливиль . . . . .	"	—	—	28	1 : 3	1 : 3	1 : 0,7	1 : 0,7	0,20	В низов. откосе очень массивная каменная призма
5	Коббл-Маунтен . . . . .	"	1733	214	78	от 1 : 2,5 до 1 : 5,5	от 1 : 2,3 до 1 : 5,5	1 : 0,5	1 : 0,25	0,15	Массивные каменные упоры
6	Бер-Крик . . . . .	"	110	305	17	1 : 3	1 : 2,5	1 : 0,5	1 : 0,6	0,30	В основании шпунт заглублен до скалы
7	Сант-Эмаро (Бразилия) . . . . .	"	547	1600	19	1 : 3	1 : 2,5	—	—	—	Забито три ряда шпунтовых свай на глубину до 4,5 м
8											
9	Юрба (Калифорния) . . . . .	"	76	240	14	1 : 3,5	1 : 2	—	—	—	
	Форт Пек . . . . .	"	76000	2750**)	73,8	1 : 4	1 : 8,5	1 : 0,67	1 : 1	0,13	Шпунт в основание забит на глубину 43 м

\*)  $b_1$  и  $b$  — соответственно ширина плотин и ядра по низу.  
\*\*) Кроме того, длина дамбы, служащей продолжением плотины, составляет 3500 м.

строениях плотин). Почти все аварии произошли на плотинах, где материалы намывных частей плотин, примерно, находились в 1-й зоне (плотины: Гатуна, Калаверас, Некакса, Александр, Стондлей-Лейк, частично Линвилль, Салюда и др.)

Размеры этих плотин и объем произведенных работ сведены в таблице № 1.

Из таблицы видно, что ширина ядра в этих плотинах составила около 0,4 ширины плотин, напорные откосы принимались более пологими, чем низовые (из условия предотвращения оползания откоса во время опорожнения).

Наибольшие катастрофы произошли на первых четырех плотинах, причем основная причина их заключается в слабом противодействии наружных призм огромному гидростатическому давлению, развившемуся в жидких, широких ядрах плотин.

С точки зрения устойчивости намывных плотин — чем круче откосы ядра и чем уже ядро, при одних и тех же откосах наружных призм, тем более устойчивыми являются наружные призмы.

Стремление создать большую водонепроницаемость плотин уширением ядра также не вызывается особой необходимостью, ибо американские специалисты указывают, что «не случилось ни одного обрушения земляной плотины, причиной которого оказался бы недостаток водонепроницаемости уплотненной середины».

Как пример, можно указать Гатунскую плотину, где строители, стремясь создать более устойчивую плотину, придали ей широкий профиль (отношение ширины к высоте 18, при нормальном 5—6), уположив низовой откос ядра до 1:9, что привело к катастрофе плотины.

Небольшие оползни, вызвавшие вынос от 1 до 5% намывного материала из плотин Салюда и Линвилль, произошли из-за слабых упорных дамбочек пруда - отстойника при завершении постройки, что вынудило строителей при мелком материале ядра ограничить его ширину по верху намывным способом от 4 до 6 м (в зависимости от крутизны наружных откосов), а затем заканчивать ядро способом укатки.

Таким образом, ядро из мелкого материала следует принимать более узким при условии обеспечения вместе с тем необходимой водонепроницаемости, тщательного наблюдения за производством работ с применением особых мер: вымыв очень мелкого материала ядра, добавление коагулянтов (квасцов) для более быстрого оседания в ядре мелких частиц, искусственный дренаж низовой части (плотина Александр), уположение наружных откосов (плотина Гатуна) и пр.

Искусственный дренаж имеет назначением отводить воду от ядра к низовой подошве, причем дрены не должны подходить к центру ближе наружной грани ядра плотины. Устройство их должно быть таково, чтобы они могли действовать в качестве фильтра так, чтобы во время дренирования и уплотнения не могло произойти перемещения материала в средней трети тела плотины.

Применение дренажа дает возможность строить ядра из мелко-глинистого материала (плотины Эль-Каптен и др.).

Вторая зона находится между кривой гранулометрического состава грунта плотин Салюда (кривая № 10) и приблизительным верхним пределом для водонепроницаемых плотин, причем на границах этой зоны не исключена возможность некоторых зависящих от порядка производства работ деформаций плотин (в левой части зоны) и необходимость применения специальных противофильтрационных мероприятий (в правой части зоны).

Поэтому, в целях большей гарантии, следует ограничить пределы второй зоны для высоконапорных плотин кривыми гранулометрического состава № 4 и № 9 (см. график на фиг. 2). Материалы грунта в этих пределах дали, по данным опыта, благоприятные результаты при намыве высоконапорных плотин, как в смысле их устойчивости, так и водонепроницаемости.

Для плотин, дамб и насыпей, с высотой меньшей или равной 20—25 м, пределы второй зоны могут быть несколько расширены (см. карьерную предельную кривую АВ, фиг. 2).

Основные геометрические размеры удовлетворительно и хорошо построенных плотин гидравлическим способом, с указанием объемов работ, материалы которых располагаются, примерно, во второй зоне, — сведены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что максимальная высота плотин составляет 78 м, при среднем заложении наружных откосов для нее 1 : 4. Но эта высота не предельная, ибо некоторые американские инженеры считают, что «если у земляной плотины основание крепко и непроницаемо как скала, или если оно разнозначуще этому основанию, если другие условия не допускают протекания воды под плотинной, если насыпь действительно непроницаема, чего легко можно достигнуть, и облицована, в случае надобности, с низовой и верховой стороны, то нет пока причин для ограничения высоты земляной плотины» \*).

Таким образом, в основном предельная высота намывной плотины определяется экономическими соображениями и ее стоимостью.

Высоконапорные плотины смогут быть благополучно построены из материалов второй зоны при условии, если будут созданы упоры из каменного пористого материала, ядра намывы из материала с диаметром частиц не менее 0,01 мм, причем ширина их должна быть не более той, которая необходима для создания водонепроницаемости, которую практически можно осуществить.

Вместе с тем, при стремлении уменьшить ширину ядра, следует иметь в виду, что узкое ядро требует особого наблюдения при производстве работ в отношении проникания слоев крупнопесчаного ма-

\*) С к а й л е р, переводы, том II, Ленинградское отд. Гидромеханизации, 1932 г.

териала в ядро, что приводит к увеличению водопроницаемости отдельных сечений плотины. В целях предотвращения этого, у уреза воды пруда-отстойника устанавливаются дырчатые щиты, разбивающие поток пульпы, из-за чего пульпа, распространяющаяся на большую площадь, имеет меньшую скорость и теряет весь песок, не доходя до ядра, перед прудом-отстойником. Это мероприятие целиком себя оправдало на плотинах Энгельвуд и Алуэт.

Третья зона находится между приблизительным верхним пределом для водонепроницаемых плотин и всякой другой кривой гранулометрического состава грунта, лежащей правее данного предела. Материалы, находящиеся в этой зоне, могут дать устойчивые, но водопроницаемые плотины.

Водонепроницаемость достигается путем принятия противофильтрационных мер, к которым можно отнести: постройку бетонных стенок, железобетонных диафрагм, шпунтовых рядов—металлических или деревянных, в зависимости от высоты преграды, глубины забивки, грунта, и, наконец,—цементацию скального основания.

Если же через плотину будет проходить ограниченное количество воды, то необходимо отнять силу и быстроту выноса частиц из тела плотины с тем, чтобы вода выходила из нее такой же чистой, какой она выходит из фильтра.

Основные геометрические размеры построенных плотин из материалов, находящихся в третьей зоне, сведены в таблице 3.

В вопросе использования того или иного материала в практике существуют два мнения в отношении применения мелких материалов в плотинах. Одни специалисты считают, что применение мелкого материала в плотине значительно сокращает расход воды, но вызывает для придания ей необходимой устойчивости увеличение объема материала, ибо часть грунта вымывается обратно. Кроме того, оборудование меньше изнашивается, чем при крупном материале. С другой стороны, применение такого материала принуждает увеличивать строительный период.

Вторые считают, что рентабельнее употреблять более крупный материал при намыве, хотя и при больших амортизационных расходах; этим сокращается срок постройки, и такая плотина меньше предрасположена к оползням, чем построенная из мелкого материала.

Гидромеханический намыв Волжской земляной плотины

№ п/п	Наименование плотины	Способ возвед.	Объем 1000 м <sup>3</sup>	Длина м	Высота м	Наружн. откос		Примечание
						Напорн.	Низов.	
1	Софт-Мепль	нам.	—	—	37	1:3	1:2,5	Бет. ядро шириной по низу 1,76 м
2	Роки-Ривер	"	—	—	34	1:3,5	1:2,5	Жел.-бет. и деревянная диафрагма
3	Тьетоя	п/нам.	1525	276	67	1:3	1:2	Жел.-бетонн. диафрагма
4	Малая Медведица (Калифорния)	нам.	1130	—	60	1:1,5	1:2	Бет. центр. стена, заглуб. на 6 м.; ширина по низу 6 м., по верху 0,9 м
5	Виззота	п/нам.	—	—	22	1:3	1:2	Жел.-бетонн. диафрагма
6	Уйалуа (Гавайя)	нам.	107	138	29	1:4	1:4	Центр. бет. стена заглубл. на 11 м от поверхности
7	Конконулли	"	264	300	20	1:3	1:2	В основании—металлический шпунт

Общим требованием для постройки высоконапорных плотин из грунтов, характеризуемых кривыми гранулометрического состава, изображенными на диаграмме 1 (фиг. 2), является создание упоров из крупного камня, ибо в состав этих грунтов в первой и второй зонах крупный материал не вошел.



## II. ТРАНСПОРТ И УКЛАДКА БЕТОНА \*)

### а) Подача бетона к сооружениям

**Н**ЕБОЛЬШИЕ сроки, установленные для производства бетонных работ по сооружениям шлюза и насосной станции, и вызванная этим потребность организации перемещения больших масс бетона обусловили необходимость полной механизации процесса его транспортирования. Все операции по перемещению бетона производятся стационарными ленточными транспортерами, которые по опыту Строительства являются наиболее совершенным по производительности и экономичности типом транспортного оборудования при ведении работ на крупных сооружениях. Пропускная способность системы транспортеров находится в соответствии с максимальной расчетной производительностью бетонного завода в 2500 м<sup>3</sup> в сутки.

Общая схема транспортных устройств решена в соответствии с необходимостью как одновременного питания бетоном обоих сооружений, так и возможностью обслуживания каждого сооружения в отдельности. Вследствие этого завод разбит на две части: северную из трех агрегатов, прием бетона из которых обеспечивает первая сборная лента, и южную из двух агрегатов, обслуживаемых второй сборной лентой (фиг. 1). Разбивка завода на две части необходима и по соображениям удобства приема бетона, так как обслуживание одной сборной лентой большего числа агрегатов, при отсутствии специальных питательных устройств, крайне затруднительно.

От конечных станций обеих сборных лент, обращенных к центру завода, под прямым углом к ним устанавливаются два транспортера, производящие подачу бетона на сооружение шлюза. От другой конечной станции второй сборной ленты по ее направлению устанавливается транспортер, подающий бетон на насосную станцию.

Такая система дает возможность

1) при одновременном бетонировании обоих сооружений производить подачу на шлюз продукции трех агрегатов, а на насосную станцию — продукции двух агрегатов, что обеспечивает укладку бетона на обоих сооружениях в одном блоке наибольшей площади (800 м<sup>2</sup> — шлюз, и 500 м<sup>2</sup> — насосная станция);

2) при бетонировании одного шлюза, переключая на реверсивный ход вторую сборную ленту, питать одно сооружение продукцией всего завода;

3) при бетонировании одной насосной станции производить подачу к ней продукции двух агрегатов.

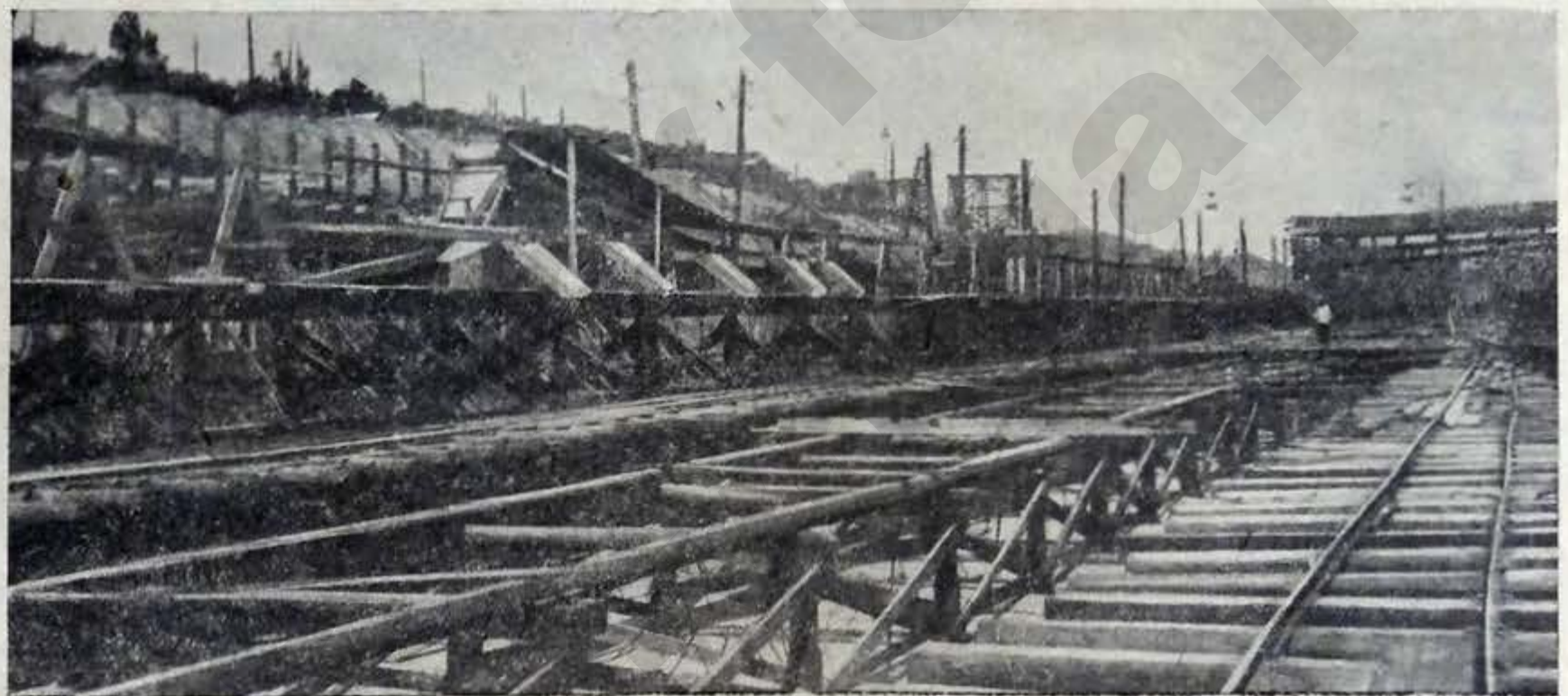
Транспортеры, подающие бетон от завода на шлюз, вследствие своей значительной протяженности (162 м), состоят каждый из двух отдельных секций и установлены в крытой галлерее, с рамами, расположенными на земле. В пределах подводящего канала к насосной станции, по которому одновременно производятся земляные работы,

для галлерей оставлен перешеек, в последующем заменяемый легкой эстакадой на козлах.

Конечные станции передаточных транспортеров помещаются над перегрузочным бункером, расположенным на оси шлюза с отметкой верха 148,2. Как бункер, так и части транспортеров от бровки котлована до конечных станций смонтированы на специальной поперечной эстакаде, устроенной на откосе.

### б) Бетонирование частей шлюза до отметки 140,5\*\*)

По оси шлюза на отметке 145,0 расположена линия продольного магистрального транспортера, идущая от перегрузочного узла с передаточных транспортеров до конца обеих голов шлюза (фиг. 1 и 2). Продольный транспортер имеет назначение распределять поступающий бетон



Шлюз № 5. Вид на эстакады для катучих ферм и продольного транспортера в днище камеры. Слева — надстройка и продольный транспортер под навесом

вдоль сооружения в зависимости от месторасположения бетонированного блока.

Перегрузочный бункер, с помощью которого производится перегрузка бетона с передаточных на магистральные транспортеры, устроен двухлотковым с двумя выгрузочными отверстиями, под каждым из которых расположена конечная станция продольного транспортера, одного — идущего к верхней и другого — к нижней голове. Такой узел позволяет производить перегрузку бетона с обоих передаточных транспортеров как одновременно на оба магистральные, так и отдельно на каждый из них.

Продольный транспортер состоит из пяти секций, причем три секции составляют линию от перегрузочного узла до верхней головы, и два — от узла до нижней головы. Общее протяжение линии продольного транспортера соответствует длине сооружения и составляет 360 м. На бетонированной секции с продольного транспортера при помощи передвижной сбрасывающей тележки «Рустела» производится перегрузка бетона на два поперечные транспортера, расположенные с обеих сторон продольного и осуществляющие распределение поступающего бетона по площади блока.

Поперечные транспортеры смонтированы на специальных катучих фермах, позволяющих производить их пе-

\*) Первая часть статьи — «Бетонный комбинат», см. журнал «Москвастрой» № 5 1936 г., ст. 5.

\*\*) Излагаемый метод производства работ относится к днищу камеры, первому ярусу верхней головы и подкорольной конструкции нижней головы.

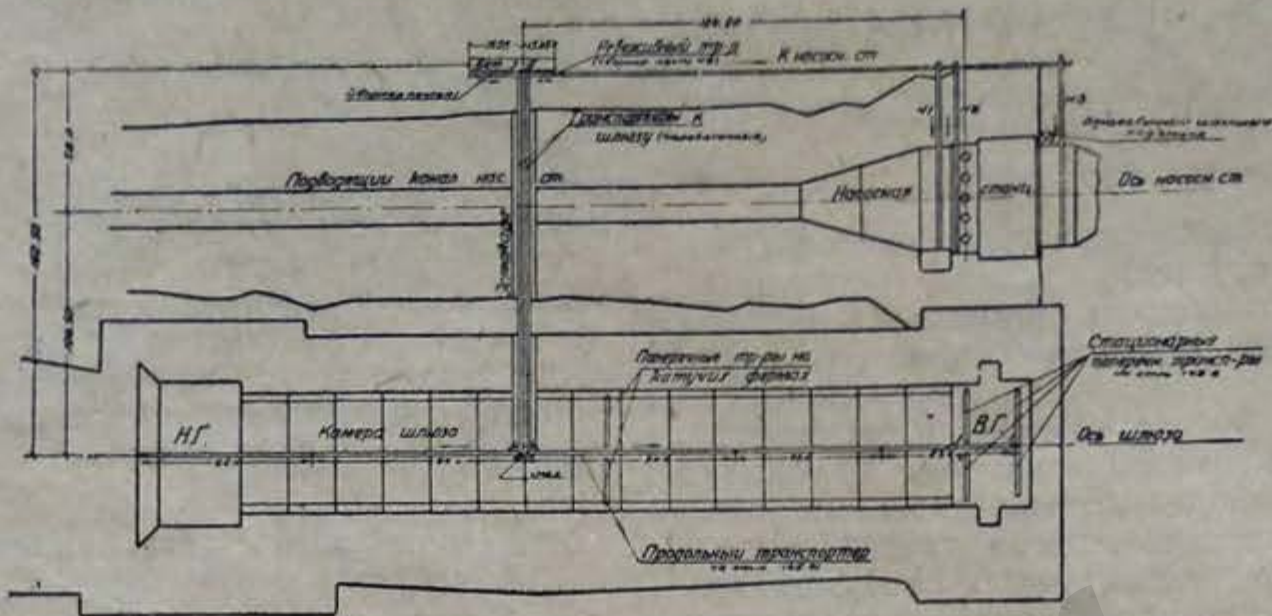
ремещение вдоль продольного транспортера. На ферме закрепляются четыре бункера: три—в пролете, и четвертый—у барабана конечной станции, через которые осуществляется передача бетона с ленты в хобота, производящие его опускание в блок.

Порядок бетонирования применительно к секции днища камеры, укладываемой на шлюзе № 5, без разделения на блоки—следующий (фиг. 2): над секцией, имеющей длину 20 м, на специальных подмостях (об их устройстве см. ниже) подвешиваются 4 ряда хоботов с расстоянием 5 м между средними рядами и 2,5 м между каждым крайним рядом и опалубкой. Расстояние между хоботами в ряду по ширине секции 4 м. Такая расстановка хоботов определяет расстояние между пунктами поступления в блок бетона, равное 5 м, что в свою очередь позволяет его распределение внутри блока производить разравниванием конусов и одной перекидкой вручную лопатами.

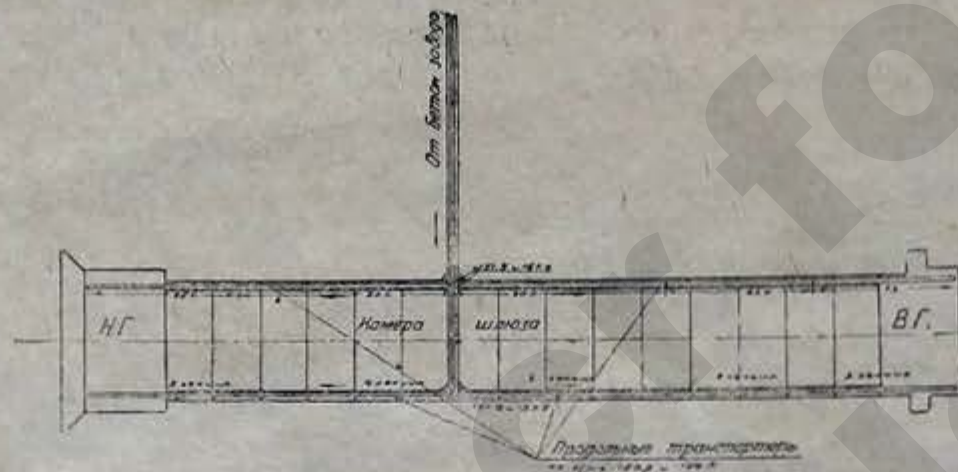
Ряды хоботов, подвешенных над секцией, являются местами установки поперечных транспортеров, причем каждый раз бункера катушек фермы совмещаются с раструбами хоботов. При укладке каждого одного слоя бетона на всей площади секции, поперечный транспортер перемещается 4 раза (по числу рядов хоботов), причем при передвижке правой фермы передача бетона с продольного транспортера переключается только на левую ферму, и наоборот.

Регулирование подачи бетона с продольного транспортера одновременно на оба поперечные или на один из них производится помощью установки или уборки направляющей шиберной задвижки на двухлотковом сбрасывателе „Рустела“. Передвижка „Рустела“ производится одновременно с второй катушкой фермы, причем на это время (обычно не превышающее двух минут) подача бетона прекращается.

а) Расположение транспортеров при бетонировании нижних ярусов шлюза



б) Расположение транспортеров при бетонировании верхних ярусов шлюза



Фиг. 1. Схема расположения транспортеров

шлюза и служит как основанием для пристройки, на которой помещается продольный транспортер, так и для укладки двух рельсовых путей катушек ферм. Эстакада устраивается на четырех стойках в поперечном сечении, общей шириной 5,6 м. Вторая и третья эстакады расположены симметрично с обеих сторон первой в расстоянии 14,7 м от ее оси и предназначены для устройства вторых путей катушек ферм. Эстакады делаются на двух стойках в поперечном сечении, шириной 2,0 м. Расстояние между стойками всех эстакад вдоль сооружения 4 м. Стойки эстакад расположены в пределах сооружения, и потому для возможности оставления в кладке они делаются на высоту бетона в конструкции железобетонными. Сечение стоек 18×18 см, армирование четырьмя стержнями  $d=12$  мм, марка бетона  $R_{28}=110 \text{ кг/см}^2 + M + B$  (такая же, как и в сооружении).

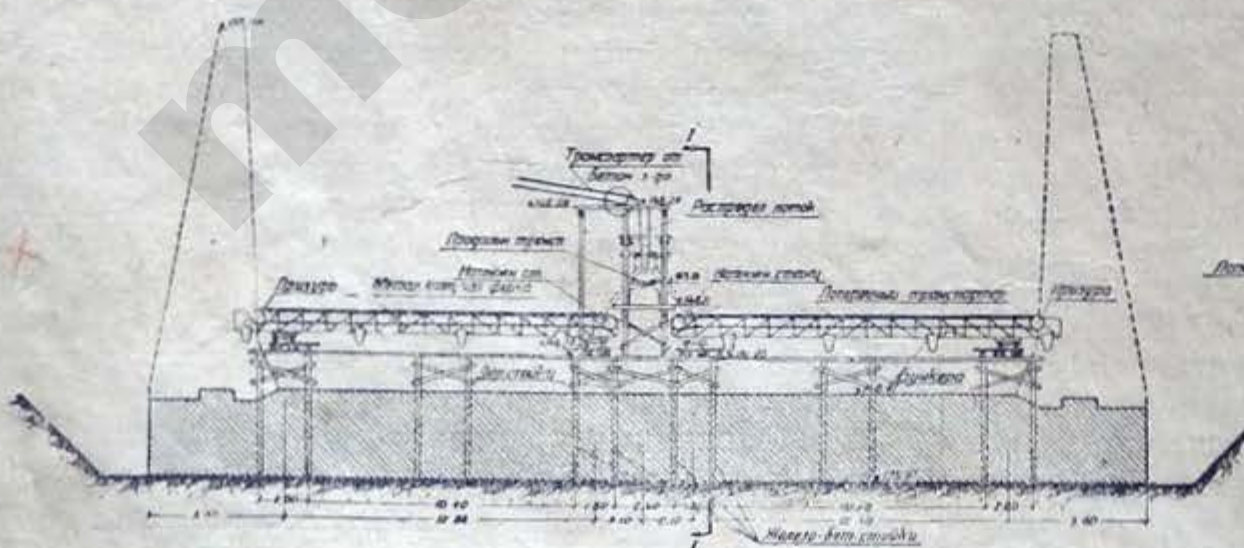
В основании стоек устанавливаются бетонные армированные плитки размерами 40×40×8 см. Заготовка стоек производилась весной 1936 г. на бетонном заводе дюкера 92 и в свободных секциях камеры шлюза. Установка их при весе в 220 кг затруднений не встречает и легко производится вручную.

Остановка и пуск подающих бетон транспортеров на время передвижки „Рустела“, благодаря световой сигнализации, производится мгновенно. Подача сигнала передаточным и сборным лентам производится за 1 минуту до передвижки, так как за это время продольный транспортер для более легкого передвижения сбрасывателя освобождается от бетона на прилегающей к нему части ленты.

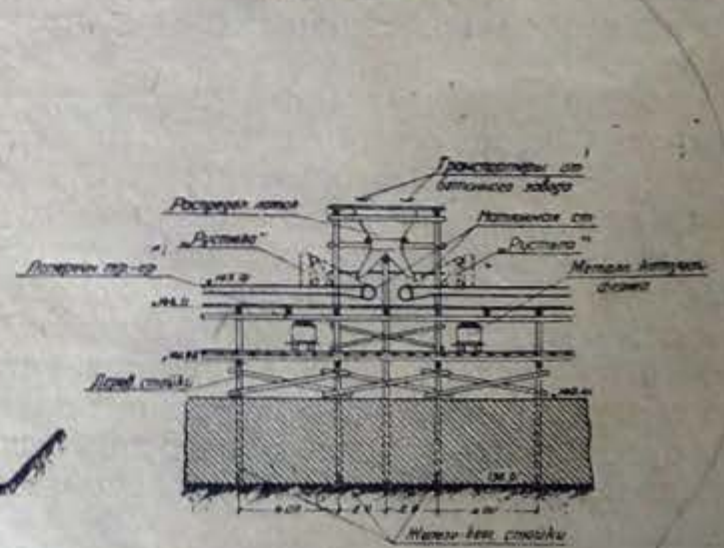
Магистральный транспортер и рельсовые пути катушек ферм помещаются на специальных трех эстакадах, установленных вдоль всего сооружения и используемых одновременно для монтажа арматуры и подвески хоботов для спуска бетона.

Первая эстакада расположена на оси

Поперечный разрез



Разрез по I-I



Фиг. 2. Схема бетонирования нижних ярусов шлюза

акт от 9/12

После установки, поверхности стоек тщательно киркуются для лучшей связи с кладкой. Верхние концы стоек эстакад расположены вне пределов бетона, и делаются из деревянных брусков того же сечения, причем сращивание их с железобетонными стойками достигается устройством двух боковых деревянных накладок, стягиваемых четырьмя болтами. Железобетонные стойки эстакад соединяются системой досчатых прямых схваток, которые постепенно, по мере бетонирования и закрепления концов стоек в бетоне, убираются.

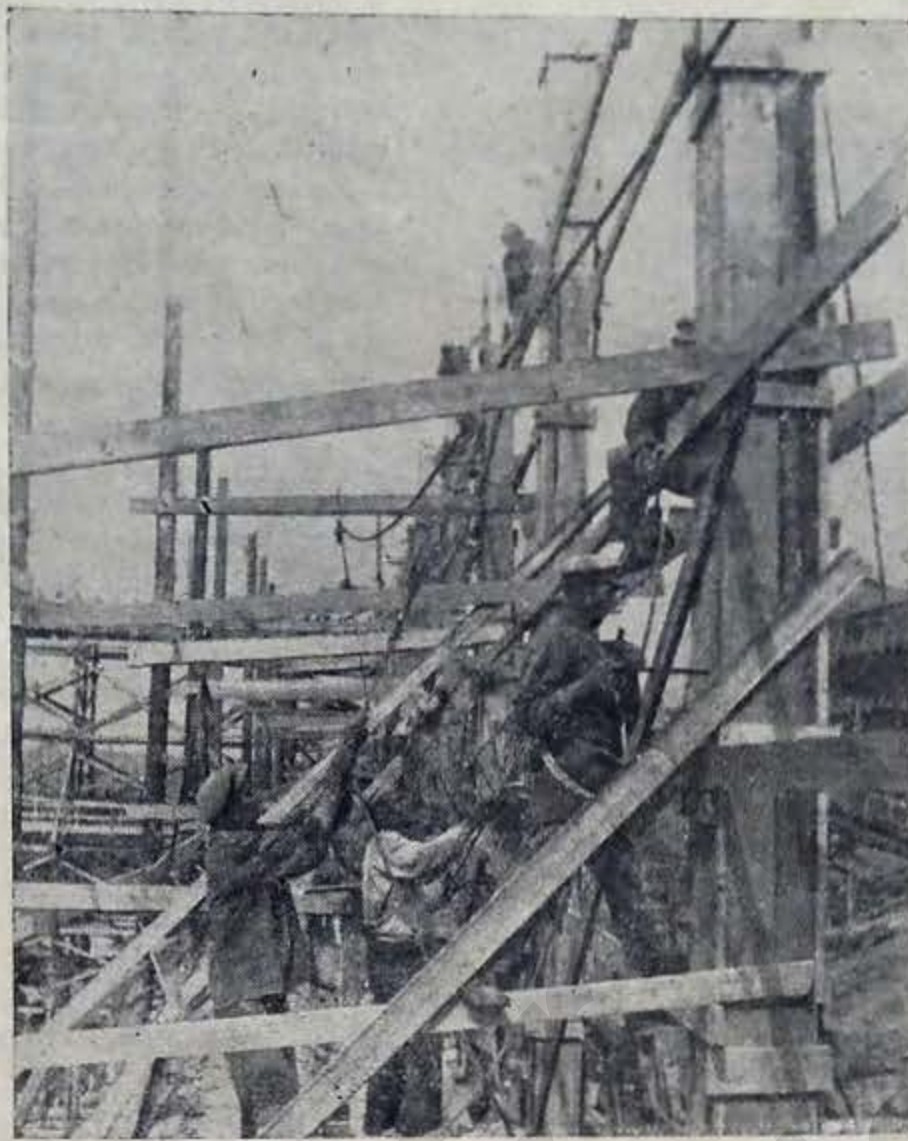
Для монтажа арматуры и подвески хоботов дополнительно к эстакадам устанавливаются еще 4 ряда железобетонных стоек, по два с каждой стороны. Двенадцать рядов железобетонных колонн, полученных таким образом, связываются вдоль досчатыми парными схватками, расположенными в верхней части стоек. На созданном каркасе из досчатых ребер производится монтаж верхней арматурной сетки, по окончании которого пучки сетки подвешиваются на 6-мм проволоке к бревенчатым прогонам и насадкам эстакад для возможности уборки деревянных схваток во время бетонирования.

Во время укладки бетона в секции по прогонам эстакад укладывается сплошной досчатый настил, необходимый для передвижки и obsługi ферм, а также создающий условия безопасности работающим в блоке.

Ферма поперечного транспортера делается металлическая, раскосной системы, высотой 0,8 м и длиной 15 м, со строительным 10-см подъемом посередине.

Все элементы фермы сделаны из уголкового железа, причем верхний и нижний пояса из уголков размером  $6 \times 50 \times 75$ , а раскосы и связи —  $50 \times 50 \times 5$ . Сопряжения элементов фермы производятся на косынках, исключительно помощью сварки.

Ферма помещается на двух вагонеточных платформах узкой колеи, являющихся ее опорами, причем неподвижное закрепление фермы с платформой делается лишь



Шлюз № 5. Опалубка железобетонных стоек 2-го и 3-го ярусов блоков верхней головы

на одном конце. С обеих сторон фермы на уголках, приваренных к нижнему поясу, устраиваются мостки для obsługi.

Опорные части приводной станции (Призуры) и натяжной станции (винтовой) смонтированы на специально приваренных к стенкам фермы каркасах из уголков. Роликовые опоры транспортера закреплены на верхнем поясе фермы с помощью болтов. Электромотор мощностью 3 HP установлен на нижнем поясе.

Общий вес фермы с транспортером не превышает 1000 кг. Передвижку катучих ферм предполагалось осуществлять ручными лебедками, но вследствие исключительной легкости всего устройства ее производят вручную четыре человека, поставленные на обслуживание сбрасывающих устройств транспортера.

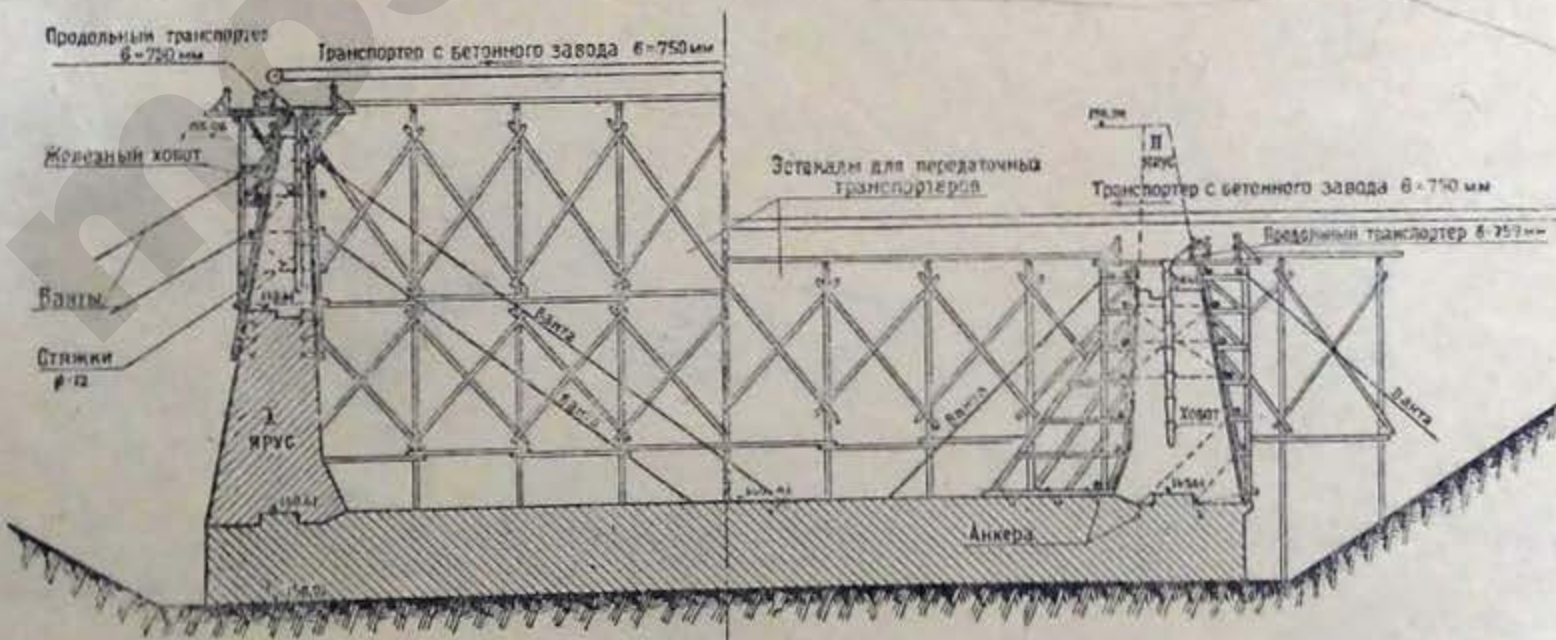
На передвижку фермы между рядами хоботов тратится обычно 1—2 минуты. Вследствие небольшой длины поперечного транспортера промежуточное сбрасывание бетона с него производится с помощью деревянных ножей. Для этого под лентой у каждого бункера устраивается деревянный

столик, а над ним две железные вилки для ножа.

Для бетонирования подкорольной конструкции нижней головы, по ширине превышающей днеще камеры на 16 метров, производилось удлинение ферм и транспортеров на них на 8 м. Стыкование осуществлялось на крайней опоре, причем над концом наращенной части помещалась также вагонеточная платформа, осуществляющая третью опору фермы.

#### в) Бетонирование камерных стен и верхних ярусов нижней и верхней головы

Второй и третий ярусы верхней головы составляют два крупных массива, разделенных между собой нишей, вмещающей опущенный секторный затвор. Их бетонирование представляется в трех вариантах. Первый ва-



Фиг. 3. Схема бетонирования верхних ярусов шлюза

риант предусматривает укладку 2 и 3 ярусов верхней головы одновременно с днищем камеры или сразу вслед за ее окончанием. Поэтому оказывается рациональным подачу бетона к верхней голове, в этом случае, производить продольным транспортером на оси шлюза, выполняющим ту же функцию для днища камеры (фиг. 1).

Для уменьшения количества вспомогательных работ по устройству эстакад и монтажу транспортеров в пределах верхней головы продольный транспортер поднимается сразу на высоту двух ярусов, т. е. на отметку 150,0. Переустройству, в связи с подъемом, подлежит лишь 3-я секция продольного транспортера, разделяемая на две части, причем первая часть в пределах примыкающей к голове первой секции камеры монтируется на наклонной под углом  $18^\circ$  к горизонту деревянной эстакады, а вторая часть устанавливается вдоль верхней головы на эстакаде высотой 10 метров.

В пределах обоих массивов стойки эстакады — железобетонные, сечением  $25 \times 25$  см, а на протяжении ниши секторного затвора — бревенчатые, деревянные. Поперечная транспортировка бетона осуществляется четырьмя стационарными транспортерами, установленными по два в центре каждого массива, с обеих сторон продольной ленты.

Перегрузка бетона с продольного транспортера на поперечные в низовом массиве осуществляется с помощью «Рустела», а в верховом массиве — непосредственной передачей с барабанаконечной станции. Промежуточное сбрасывание бетона с поперечных лент в хобота, вследствие их небольшой длины производится помощью ножей.

Второй вариант предусматривает возможность бетонирования 2 и 3 ярусов верхней головы после окончания днища, одновременно с бетонированием стен камеры. В этом случае оставление продольной ленты на оси шлюза только для подачи бетона в верхнюю голову было бы явно нерационально.

Подача бетона производится продольным транспортером, обслуживающим восточную стенку камеры (см. ниже о бетонировании стен), имеющим отметку верха 150,0 и продолженным до конца верхней головы.

Поперечное перемещение производится двумя транспортерами, расположенными аналогично первому варианту в центре обоих массивов.

Третий вариант возможен при условиях, аналогичных второму, и предусматривает подачу бетона двумя транспортерами, идущими вдоль обеих стенок камеры. Поперечная транспортировка осуществляется двумя лентами на катучих фермах, причем в отличие от метода, применяемого при бетонировании днища, каждая ферма питается от собственного продольного транспортера. В действительности бетонирование производилось по третьему варианту, причем 2-й и 3-й ярусы верхней головы были объединены в один блок объемом  $7000 \text{ м}^3$  бетона.

Небольшие размеры по ширине камерных стенок (ширина по низу 5,7 м и по верху 1,0 м) исключают необходимость поперечной транспортировки бетона. Это обстоятельство, в свою очередь, позволяет для бетонировки стен применить весьма неслож-

ную схему, заключающуюся в следующем (фиг. 3 и 1): на обеих стенках на отметке 150,0 над первым ярусом блоков помещаются продольные транспортеры, осуществляющие не только перемещение бетона вдоль сооружения, как это происходит в конструкциях большой ширины (например в днище камеры), но и непосредственный сброс бетона в хобота, производящие его опускание в блок. Подача бетона на оба продольных транспортера производится также передаточными лентами, но уже поднятыми на отметку 151,0 и продолженными до западной камерной стенки.

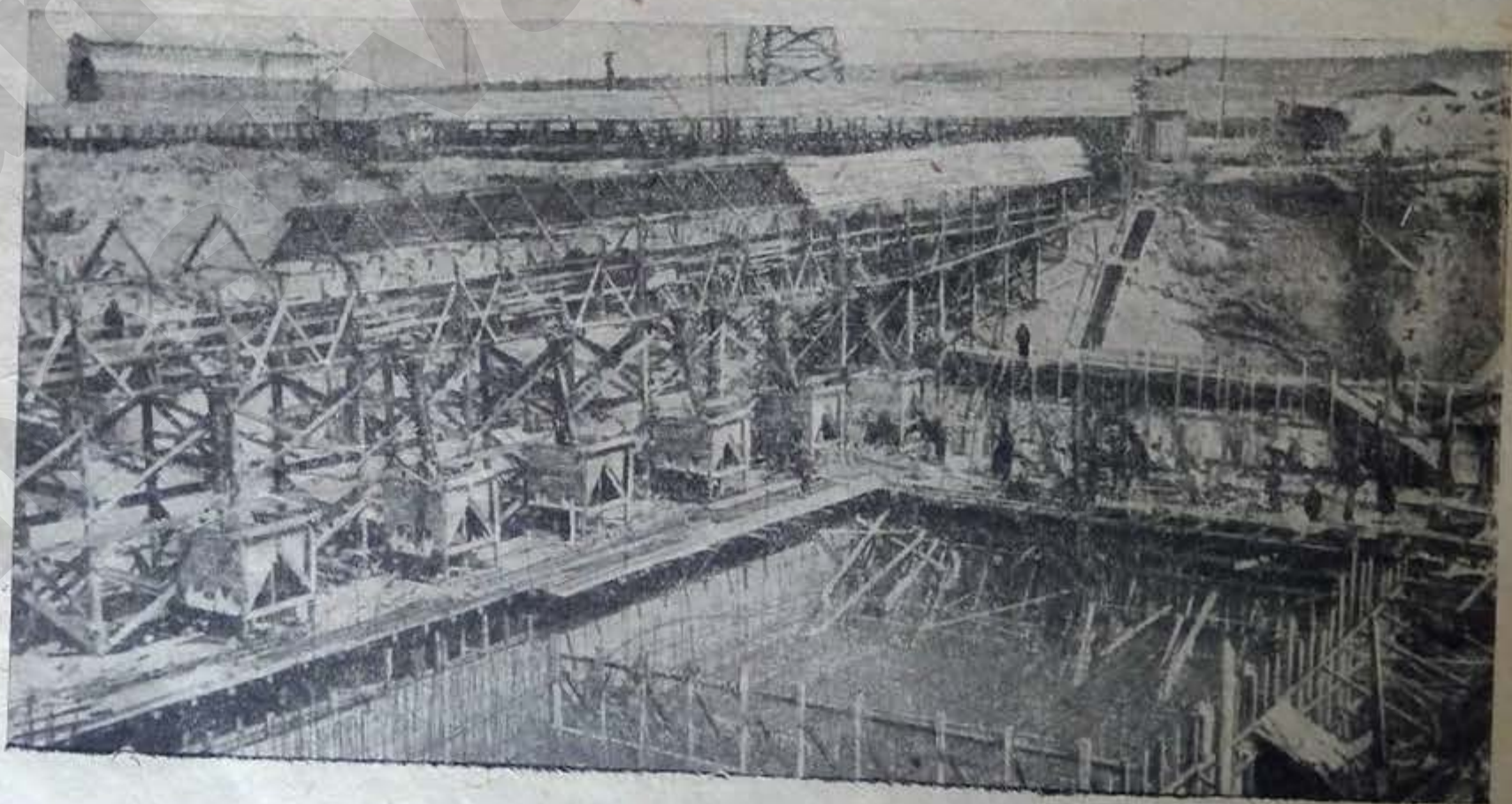
Сбрасывание бетона на восточную ленту — промежуточное, с помощью «Рустела», а на западную — непосредственно с барабанов конечных станций. Перегрузочные узлы с передаточных лент на продольные идентичны с описанными выше. Каждая продольная лента состоит из пяти секций: из трех в сторону верхней головы и двух — в направлении нижней головы.

Устройство продольных транспортеров представлено в двух вариантах. По первому варианту они помещаются на специальных эстакадах, устроенных над обеими стенками и несвязанных с опалубочными конструкциями.

Эстакады — комбинированные: с одним рядом железобетонных стоек, сечением  $30 \times 30$  см, расположенным внутри стенки, и вторым рядом деревянных стоек, расположенным вне стенок. Такая комбинация оказалась необходимой в связи с тем, что транспортер должен помещаться над стенкой; эстакада же на двух рядах железобетонных стоек при условии их расположения внутри стенки возможна лишь шириной 1,8 м, что при высоте 9,0 м не обеспечивает ее устойчивость.

Связи эстакады — досчатые, убираемые по мере бетонирования. При уборке первого ряда схваток железобетонная стойка закрепляется в двухметровом слое уложенного бетона, деревянная по мере уборки схваток связывается с уложенным бетоном железными анкерами. В месте пересечения связью обшивки прорезанная доска не устанавливается до уборки пересекающей ее связи.

Бетонирование верхнего яруса стен производится аналогичным методом. Передаточные транспортеры при этом поднимаются на отметку 158,0. Эстакады под продольные транспортеры устраиваются на отметке 157,0; деревянные стойки помещаются на специальные железобетонные консоли, устроенные через 4 м вдоль наружной грани на верху 1-го яруса. Для устойчивости стойки эстакад развешиваются.



Насосная станция № 185. Подготовка и бетонированию 1-го яруса силового здания. Слева — эстакада с транспортером № 1, хобота и перегрузочные бункера на рикши.



По второму варианту (фиг. 3) транспортеры помещаются на насадках, связывающих верхние концы опалубочных стоек камерных стен. Во избежание сотрясений, приводные станции транспортера (Призуры) и электромоторы устанавливаются на отдельных подмостях, несвязанных с опалубкой. Опалубка первого яруса стен — стационарная, причем фермы тыловой грани, на тяжах, установлены на специальных железобетонных консолях. Опалубка второго яруса стен — подвесная на анкерах, заделанных в бетоне предыдущего яруса. Бревенчатые прогоны обеих граней связываются железными тяжами с постановкой под ними временных деревянных распорок, которые по мере бетонирования убираются. Верхние элементы конструкции раскрепляются системой вант через каждые 3,0 м.

Этот метод внушал опасения в возможности сотрясения и отходов опалубки при работе транспортера. Однако, после проведенного опытного бетонирования, опасения оказались несостоятельными, так как стабильность опалубки полностью обеспечивалась отделением от конструкции приводных устройств транспортера. Поэтому в производстве был принят второй вариант, исключая необходимость устройства большого количества специальных эстакад. Для сокращения сроков производства работ производилось одновременное бетонирование по 5 секций, расположенных рядом, с изготовлением температурно-осадочных швов до начала кладки бетона. Бетонирование устоев обеих голов, имеющих большие поперечные размеры, производится по первому варианту, т. е. с помещением транспортеров на внутренних эстакадах с железобетонными стойками.

г) Бетонирование насосной станции

Как это видно из описанной выше схемы бетонирования шлюза, бетон от завода до блока любой части сооружения подавался ленточными транспортерами. В насосной станции подача бетона до блока транспортерами

затруднительна и в некоторых случаях нецелесообразна по следующим обстоятельствам:

1) В подводной части силового здания, включающей наибольший объем бетона, из-за большого количества устанавливаемой сразу на значительную высоту вертикальной арматуры и опалубки всасывающих труб — устройство поперечного механизированного транспорта (например, передвижных транспортеров) невозможно.

2) Значительную часть станции составляют немассивные и ажурные конструкции, имеющие каждая в отдельности незначительный объем (акведук, монтажная площадка, бычки водозабора и водоприемника, подводящий и отводящий каналы и т. д.). В эти мелкие части сооружений доставка бетона транспортерами по техническим и экономическим соображениям нецелесообразна.

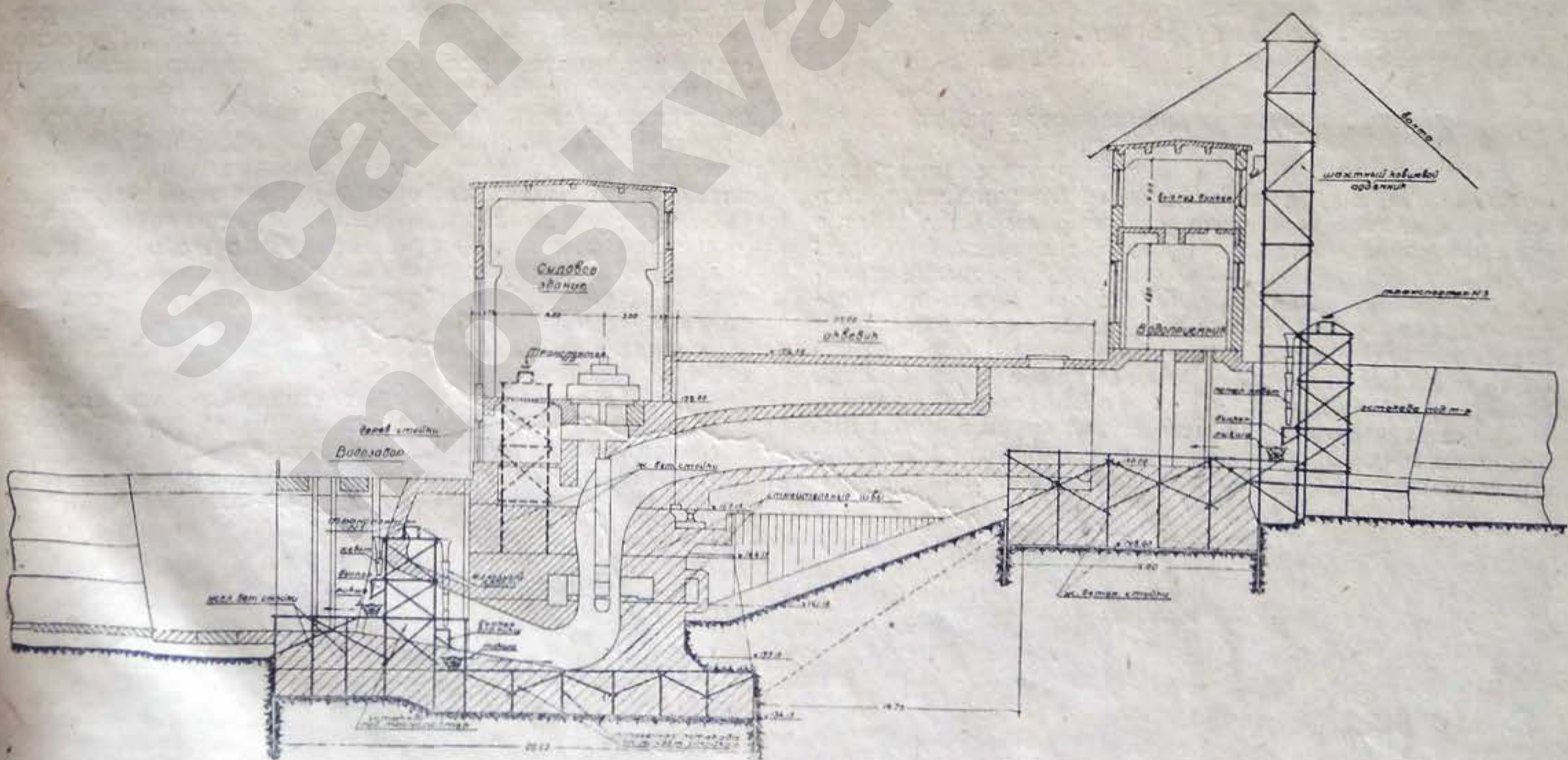
3) Плиты водозабора и водоприемника, в которых возможно осуществление механизированного поперечного транспорта, составляют всего 20% общего объема сооружения.

Вследствие этого для насосной станции принят комбинированный метод бетонирования, с доставкой бетона к сооружению транспортерами и развозкой по блокам с помощью рикш (см. фиг. № 1 и № 4).

Для подачи бетона в нижние три яруса силового здания, плиту и первый блок бычков водозабора, а также и на подводящий канал, от передаточного транспортера, идущего с бетонного завода, устраивается 1-й поперечный транспортер на отметке 146,0, расположенный на эстакаде в пределах плиты водозабора. Железобетонные стойки эстакады на толщину плиты помещаются на утолщенную подготовку.

Сбрасывание бетона производится ножами в хобота, опускающие бетон в раздаточные бункера для рикш, расположенные на уровне бетонизируемого блока. Развозка бетона в блоки производится по поперечным эстакадам на железобетонных колонках или старых узкоколейных рельсах, идущих на всю ширину блока.

В плите водозабора стойки эстакад служат одновременно и для монтажа арматуры верхней сетки. В ме-



Фиг. 4  
Схема бетонирования насосной станции

стах пропуска хоботов стержни верхней сетки устанавливаются лишь при укладке последних слоев, когда надобность в хоботах отпадает.

В силовом здании горизонтальные сетки монтируются на вертикальных стержнях, причем прикрепление каждого горизонтального стержня производится в обоих концах сваркой дуговым аппаратом, а в пролете — обычной вязкой.

Опалубка улиток устанавливается на бетонных столбиках, опертых на поверхность законченного 1-го яруса. Для бетонирования вышележащих частей силового здания и двух блоков бычков водозабора, по окончании 3-го яруса, на его поверхности возводится 2-я эстакада с транспортером на отметке 160,0. Это делается с целью исключения необходимости в устройстве высокой наружной эстакады путем наращивания эстакады № 1.

Для бетонирования водоприемника отводящего канала и акведука устраивается транспортер № 3 с отметкой верха 157,5 на эстакаде, прилегающей к верховой стороне водоприемника.

Метод подачи бетона в водоприемник аналогичен описанному для водозабора. Транспортировка бетона в акведуки будет производиться по наружным деревянным подмостям, расположенным с его обеих сторон. Подъем бетона в надстройку водоприемника предусмотрено осуществить однокабинным ковшевым подъемником.

#### д) Общая характеристика транспортных устройств

Для общего впечатления считаем необходимым сообщить данные, характеризующие всю систему транспортеров, обслуживающих перемещение бетона на сооружениях шлюза и насосной станции:

1) общая протяженность транспортеров 1600 м, а с включением комбината—2400 м;

2) число секций транспортеров 23, а с включением комбината—41;

3) суммарная мощность электромоторов на транспортерах 240 кв, а с включением комбината—440 кв;

4) конечные станции транспортеров для бетона: а) приводные—Призурь 612 и 712 на 19 секциях, и редукторные на 4 секциях; б) натяжные, винтовые с ходом винта 500—800 и 1000 мм, в зависимости от длины секций;

5) скорость лент для бетона до 2,5 м/сек.

6) ширина " " " " 750 мм.

#### е) Новые приемы в производстве работ

На шлюзе № 5 в процессы транспортировки и укладки бетона введен ряд новых методов и устройств, рационализирующих и сокращающих сроки производства работ, а также представляющих собой большой технический интерес:

1) Широко внедрилось в практику укрупнение строительных блоков, техническую возможность чего подтвердило первое же опытное бетонирование 8 секции днища камеры в один прием. Без разделения на блоки укладывались все секции днища камеры; были объединены в один блок 2 и 3 яруса верхней головы, 4 и 5 ярус нижней головы. Камерные стены были разбиты на два яруса, вместо предложенных трех. Укрупнение блоков дает большой экономический эффект, уменьшая объемы опалубочных и вспомо-

гательных работ, и позволяет значительно сократить время производства работ.

2) Впервые на Строительстве применена подвесная опалубка для верхнего яруса камерных стен высотой 7,65 м, дающая огромные экономические преимущества и выигрыш во времени по сравнению со стационарными типами.

3) Радикально разрешено поперечное перемещение бетона помощью транспортеров на металлических катуточных фермах. Легкость и быстрота передвижения металлических ферм, маневренность и бесперебойная подача бетона в любую точку массива дают основание считать этот способ поперечного перемещения бетона лучшим из имевших место на Строительстве.

4) На шлюзе № 5 освоено и внедрено промежуточное сбрасывание бетона с транспортерных лент с помощью несколько видоизмененной передвижной тележки „Рустела“. Применение „Рустела“ исключило сильный износ лент и расслоение бетона, имеющих место при применении ножей, и позволило значительно сократить рабсилу на обслуге сбрасывания.

5) Большой экономический эффект дало использование каркасов опалубки камерных стен для монтажа транспортеров, исключившее необходимость устройства большого количества эстакад.

6) Большие преимущества дало применение нового типа температурно-осадочного шва из ряда 15-мм досок, оклеенного с двух сторон битумными матами. Так как устройство такого шва может производиться до бетонирования, то оказалось возможным производство укладки бетона одновременно в ряд секций, расположенных рядом. Это обстоятельство дает возможность сократить сроки бетонирования и уменьшить на две трети объемы торцевых опалубок.

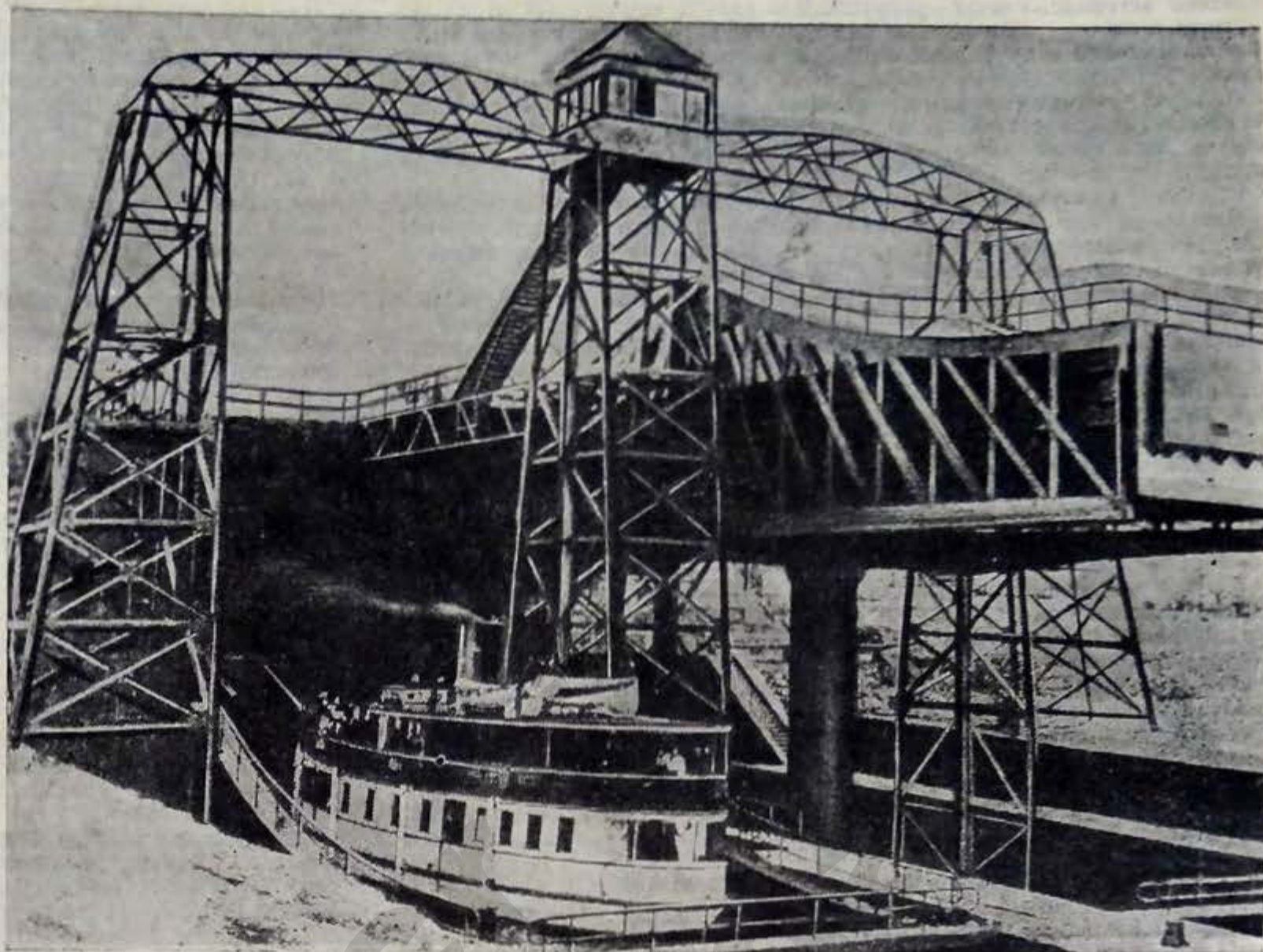
7. Полностью оправдало себя устройство всех внутренних эстакад для транспортеров на железобетонных стойках. Это целиком исключило необходимость в производстве сложных, кропотливых работ по выемке из бетона деревянных стоек, распалубке конусов, чистке и заделке бетоном ниш, что имело место на ряде сооружений, употреблявших эстакады на деревянных стойках.

На шлюзе № 5 поставлены рекорды Строительства по приготовлению и транспортировке бетона. 29 августа, при одновременном бетонировании шлюза и насосной станции и работе всех 5 бетоньерок, производительность бетонного завода составила 3140 м<sup>3</sup>. Эта цифра является рекордной выдчей бетона одним заводом не только по Строительству, но и по всем стройкам Союза. В июле, при бетонировании днища камеры шлюза в двух случаях, производительность подающих бетон транспортеров составила 160 м<sup>3</sup>/час, что является мировым рекордом подачи бетона в течение часа транспортерной лентой. До этого (по данным Гидроэлектропроекта) максимальная производительность транспортера на подаче бетона при аналогичных условиях (ширина ленты 750 мм, скорость до 2 м/сек) была зафиксирована на постройке плотины Вермонт и исчислялась в 139 м<sup>3</sup>/час.

В заключение следует отметить, что достигнутые высокие показатели не являются пределами возможностей бетонного комбината и транспортных устройств, и при соответствующих условиях могут быть перекрыты.

# ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СУДОПОДЪЕМНИКИ\*)

(К выбору типа судоподъемника на Северном канале)



Инж. Н. Н. ВОРОБЬЕВ

Американский судоподъемник у Киркфильда

## I. Английский судоподъемник

**С**УДОПОДЪЕМНИК в Андертоне — первый гидравлический судоподъемник. Он был построен для судов грузоподъемностью до 100 т на соединении каналов Трента и Мерсей с рекой Уивер. Величина перепада 15,35 м. Работа его не нарушалась в течение десяти лет, — однако, за этот период было произведено исправление лопнувшего пресса, и была отмечена коррозия плунжера. В дальнейшем выяснилось, что коррозия идет быстрым темпом, и произведенные переустройства не обеспечили полностью сохранность судоподъемника. Большие затраты на ремонт и эксплуатацию судоподъемника, вследствие несовершенства конструкции, послужили поводом к постановке вопроса о его реконструкции.

Для реконструкции его были поставлены условия: 1) сохранить прежнее местоположение, 2) создать наибольшую доступность для ремонта всех частей и 3) произвести полное обновление сооружения. Исходя из этих условий, было признано наилучшим решением заменить гидравлический судоподъемник механическим с противовесами.

Судоподъемник состоял из двух камер, опертых на плунжера гидравлических прессов. Каждая камера имела размеры 22,86 м в длину и 4,72 м в ширину. Глубина воды в камере — 1,52 м. Конструкция камеры состояла из двух боковых продольных сплошных ферм, поперечных сплошных балок и обшивки. Насадка камеры на плунжер произведена при помощи муфты высотой 1,07 м, в которую входил плунжер. Муфта имела консоли, на которые опирались боковые фермы. Приемная камера в нижнем бьефе наполнялась водой, поэтому плунжер при опускании проходил через набивной ящик на дне приемной камеры, и затем через тоннель в пресс. Тоннель стальной, диаметром 1,32 м, устроен для того, чтобы можно было проникнуть к сальникам прессов и набивочным ящикам, а также для устройства в нем соединяющей цилиндры трубы и управляющих клапанов. Выход тоннеля на поверхность был устроен в боковом устье. Вес каждого лотка с водой и судном равен, приблизительно, 250 т. Давление на 1 см<sup>2</sup> плунжера равно 38,7 кг, диаметр его 91 см. Плунжера и прессы были сделаны из трех чугунных секций, соединенных фланцами и болтами. Цилиндр и плунжер пресса находились в чугунных цилиндрах диаметром 1,68 м, опущенных на требуемую глубину. В нормальную работу подъема камеры был включен гидравлический аккумулятор с плунжером диаметром 0,53 м и ходом 4,12 м. Его работа за один ход равна работе пресса при подъеме его на высоту 1,37 м. Оба главных пресса были соединены трубой с клапаном. Трубы с клапанами были проведены также от аккумулятора к каждому прессу. Клапаны приводились в движение с помощью вала и зубчатой передачи рабочим, находившимся в будке управления.

Действие судоподъемника имело следующие характерные особенности. При опускании одной камеры и подъеме другой, глубина воды в первой равна 1,52 м, во второй — 1,37 м. Когда опускающаяся камера достигала затопленной приемной камеры, частично погружаясь в нее, и

веса обеих камер уравнивались, тогда закрывался соединительный клапан между цилиндрами, и открывался клапан от аккумулятора к цилиндру поднимающейся камеры и выходной клапан из цилиндра опускающейся камеры. При этом верхняя камера поднималась к уровню верхнего бьефа, не доходя до него на 15 см, а нижняя опускалась в нижний бьеф. Насос для рядки аккумулятора приводился в действие паровой машиной. Таким образом,  $\frac{11}{12}$  подъема производилось работой воды из канала, и  $\frac{1}{12}$  — работой паровой машины.

Когда была отмечена сильная коррозия металла на плунжерах, то стало трудно предохранить прокладки сальников от порчи. Удовлетворительная работа зависела только от сальника. Было решено поставить медные пробки, закрепленные ласточкиным хвостом, в наиболее поврежденных местах, но от этого коррозия не остановилась, и плунжера были настолько повреждены, что можно было ожидать катастрофы. Исследования показали, что вода, подававшаяся в прессы, имела такой химический состав, что возникал процесс электролиза между медью и железом плунжера, и примененные средства оказались совершенно непригодными. Испробовали другие сплавы, но они при наличии той же воды также оказались непригодными.

Тогда было решено не употреблять воду из канала, а поставить холодильную установку и использовать для наполнения цилиндров прессов воду, получаемую из пара от паровых машин. После этого коррозия приостановилась, но большие затраты на ремонт и предохранение всего сооружения от повреждений, а также большая стоимость эксплуатации повлекли в дальнейшем капитальную перестройку судоподъемника.

Уплотнение между акведуком и камерой в Андертонском судоподъемнике достигалось зажатием круглого куска индийской резины диаметром 7,5 см, прикрепленного к акведуку между скошенными торцевыми частями камеры и акведука. Уплотнение ворот также достигалось резиновыми прокладками, причем подъем ворот был возможен только после заполнения щели между воротами через клапаны в воротах акведука.

## II. Американские судоподъемники

В Америке (Канада) построено два гидравлических судоподъемника на Трентском канале у Питерборо и у Киркфильда. Размеры камеры судоподъемников 42,47×10,06 м; глубина воды в камере 2,44 м. Напор первого 19,31 м, и второго 16,23 м. Оба построены на скале, с той лишь разницей, что первый имеет подходный канал в насыпи, а второй — скальную стенку падения.

Судоподъемник в Питерборо начат постройкой в 1897 г. Заказ на стальные части был оформлен в 1898 г., а в 1904 г. судоподъемник был закончен.

Судоподъемник в Киркфильде имел соответственные сроки 1901, 1905 и 1907. С тех пор до настоящего времени оба работают бесперебойно.

По принципу действия они аналогичны. По внешнему оформлению они различаются тем, что опорные колонны судоподъемника в Питерборо

\*) Настоящая статья является продолжением описания судоподъемников разных типов, начатого в № 4 журнала „Москвоволгострой“, где рассмотрены судоподъемники, уравновешенные противовесами.

сделаны бетонные, в виду расположения его в городе—для придания лучших архитектурных форм, а колонны судоподъемника у Киркфильда, расположенного в пустынной скальной местности, сделаны металлические.

В отличие от европейских судоподъемников, корпус американских судоподъемников состоит только из трех средних колонн и опорной стенки со стороны верхнего подхода. Колонны со стороны нижнего подхода отсутствуют.

Рекорд скорости прохода судна через судоподъемник, полученный в Питерборо при разности горизонтов 18,31 м равен 6,5 минут, причем это время включает вход и выход судна. Наибольшая скорость подъема на всю высоту под перегрузкой в 100 т равна 1,5 минут.

Колодцы судоподъемников пройдены в известняке. На дне каждого колодца под цилиндры устроено гранитное основание для передачи давления на скалу. Гранитные блоки, составляющие основание, имеют толщину в 0,74 м и больше; они укладывались в три ряда и подливались цементным раствором. Каждый камень был тщательно отшлифован и пригнан. Гранитные камни, многие из которых весят 10 т, поднимались и ставились на место с помощью 15-тонного деррика. По установке камней колодцы были залиты бетоном до диаметра колодца 4,32 м.

Камеры судоподъемника с двойными консолями. Наибольшая высота несущих боковых ферм 9,75 м, толщина обшивки по дну 9,5 мм и с боков — 8 мм. Вся нагрузка от камеры передается на плунжер при помощи четырех сплошных балок 2,74 м высотой.

Для противодействия вращениям камеры во время ее движения служат салазки, прикрепленные к камере в центре ее и на конце камеры со стороны акведука. Они двигаются по закладным направляющим в центральной колонне и в устоях акведука. Салазки сделаны из бронзы с регулирующим устройством. Плунжер прессы имеет диаметр 2,03 м и рабочий ход, равный высоте подъема камеры. Рабочее давление в прессе равно приблизительно 42 ат. Зазор между плунжером и внутренней стенкой цилиндра прессы — 32 мм. Внутренний диаметр цилиндра 2,35 м. Плунжера сделаны из чугуна с толщиной стенки 82,6 мм. Стенки секции плунжера имеют в двух местах по высоте утолщения по всей окружности. Длина секций 1,61 м. Они скрепляются болтами на внутренних фланцах.

Уплотнение плунжеров сделано из свинцовой проволоки 12,7 мм со спаянными концами. Сдавливаясь, свинец занимает желобки, принимая их форму.

Цилиндры прессов из литой стали. Они такой же конструкции, как и плунжера. Толщина стенок 89 мм. Концы секции имеют взаимокорреспондирующую волнообразную форму. Между этими плоскостями в качестве уплотнения проложено медное кольцо из чистой меди  $2,54 \times 19,05$  мм.

Верхушка каждого цилиндра прессы заканчивается прямоугольным сальником  $25,4 \times 25,4$  мм. В этом ящике находятся 12 колец из плетеной пеньки с прокладкой из сала приблизительно в 25,0 мм толщиной. Пенька зажимается стальной нажимной втулой, скрепленной болтами с верхней секцией.

Каждый пресс в верхней части закрепляется с помощью подвижных подпорок: это позволяет его точно центрировать перед монтажом камеры.

Труба, соединяющая цилиндры, имеет три клапана. Один служит для управления, а два другие, вспомогательные, служат предохранителями главного клапана, закрываясь автоматически спускающейся камерой во время последних 3,05 м пути. После спуска камеры, они автоматически открываются. Главный клапан представляет собой поворотную коническую отливку с отверстием и с бронзовой оболочкой. С помощью червяка и зубчатой передачи он вначале слегка приподнимается из своего гнезда, а затем поворачивается с помощью другой шестерни.

Ворота камеры и подхода сделаны вращающимися на горизонтальной оси. При установке камеры в верхнем или нижнем положении, они сцепляются и откидываются вместе в сторону подхода.

При монтаже судоподъемника ручная работа была сведена до минимума. Для клепки, привода дерриков и др. работ применялся сжатый воздух. Для его получения использовался уже имеющийся напор воды.

При свинчивании болтов прессов применялись пневматические гаечные ключи, из которых каждый выполнял работу, примерно, 25 человек и работал с большей аккуратностью.

Метод монтажа прессы был таков: После того как каждый цилиндр был смонтирован, отверстие для соединительной трубы закрывалось временной крышкой, и цилиндр наполнялся водой.

Секции плунжера укладывались в цилиндр, поддерживаемые водой. После установки уплотнения и закрепления каждой следующей секции вода выпускалась настолько, чтобы плунжер погрузился через сальник на длину одной секции. Секции плунжера подавались 15-тонным дерриком.

Секции цилиндров и плунжеров прессов подвергались самым тщательным испытаниям; они испытывались попарно на давление в 84,4 ат, что равнялось двум рабочим давлениям. Для испытаний они соединялись с каждой стороны напорным кольцом на болтах с временными прокладками. Соединение в центре каждой пары секций было нормальным, т. е. как для постоянной работы. Гидравлическое давление получалось с помощью парового насоса. Давление отмечалось на трех гидравлических манометрах стандартного типа, а растяжение и все остальные факторы, влияющие на результат, тщательно измерялись. Растяжение секции измерялось по окружности при помощи пяти стальных полос, расположенных равномерно. Полосы были тщательно наложены и поддерживались на определенном натяжении при помощи стальных пружинок. Растяжение измерялось при помощи нониуса, нанесенного на концах полосы. Это давало возможность производить отсчеты с точностью 0,25 мм. Отсчеты показали, что наибольшее растяжение получалось на средней полосе, уменьшаясь постепенно к флянцам, где оно фактически равно нулю.

Это измерение так же ясно указало, какой конец секции при отливке был сверху, так как нижний, наиболее плотный конец неизменно показывал меньшее растяжения.

Для одной из секций цилиндра давление манометра было доведено до 154,7 ат. Это давление вызвало в стенках цилиндра среднее напряжение в 2046 кг на 1 см<sup>2</sup>, а средняя полоса показала растяжение 38 мм. Остаточная деформация, полученная в результате такого давления, была равна по окружности 30 мм. Опытная секция, подверженная термической обработке, дала при давлении 140 ат упругое удлинение 6,4 мм и остаточное, фактически равное нулю.

Средний предел упругости материала цилиндра был 2390 кг на 1 см<sup>2</sup>, временное сопротивление 4724 кг на 1 см<sup>2</sup>, удлинение 19,9%.

Деформации чугунных секций плунжера измерялись по диаметру при помощи внутренних микрометров с точностью до 0,025 мм. Они показали, что остаточные деформации в каждой секции были почти пропорциональны прилагаемой нагрузке.

Опыты также показали, что стальные секции абсолютно водонепроницаемы, в то время как чугунные имели некоторые следы выделения влаги при высоких давлениях.

После пяти с половиной лет работы плунжера и цилиндра в сооружении, на них не обнаружено никаких признаков разрушения или коррозии. Оба плунжера имели светлую, серовато-коричневую окраску. Сальники набивались один раз в сезон, причем обычно добавлялся лишь один слой пакли.

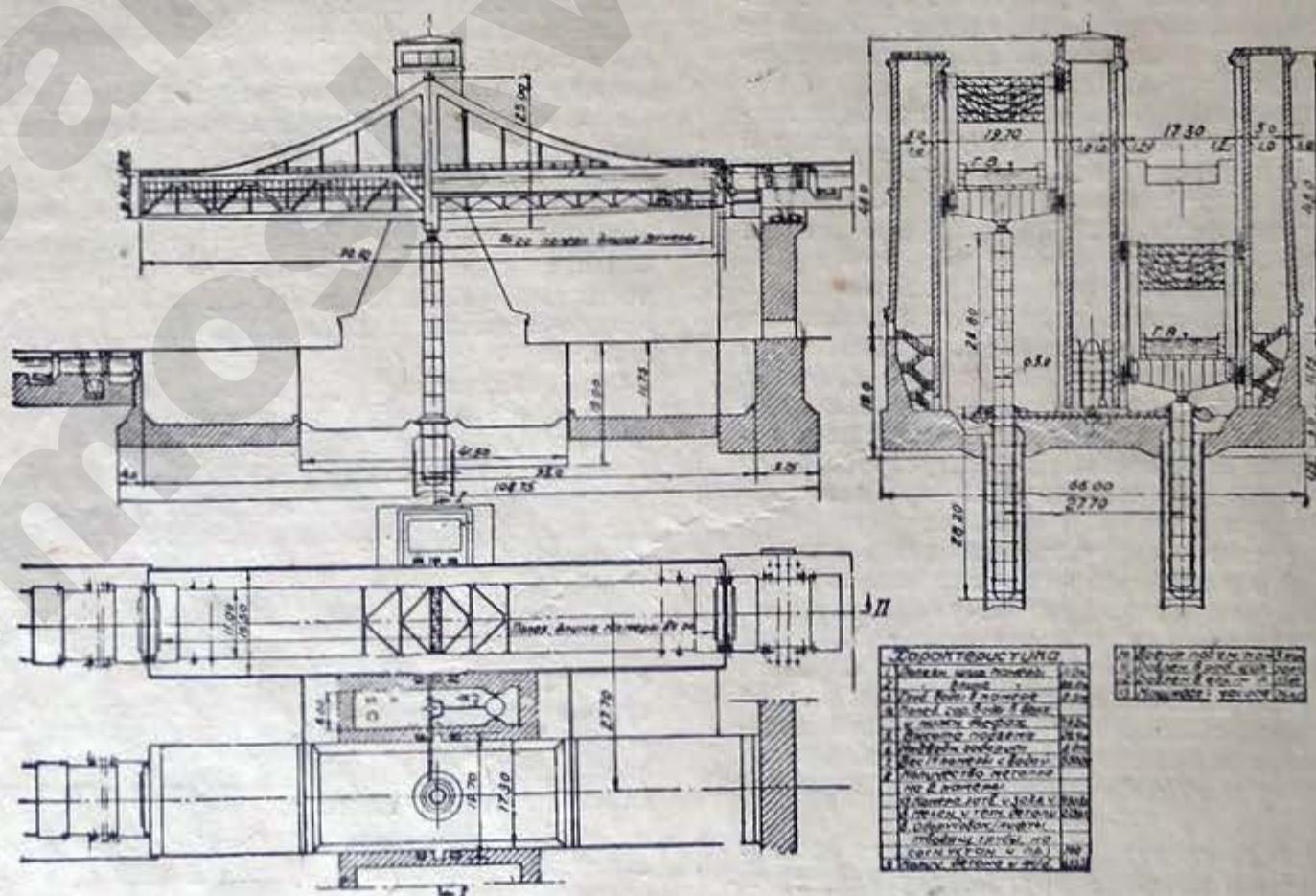
### III. Французский и бельгийский судоподъемники

Французский и бельгийский судоподъемники Ле-Фонтинет и Ла-Лувьер по принципу работы не отличаются от американских судоподъемников. Размеры камеры они имеют несколько меньшие, а также меньшую глубину воды в ней. Основным отличием является конструкция прессов.

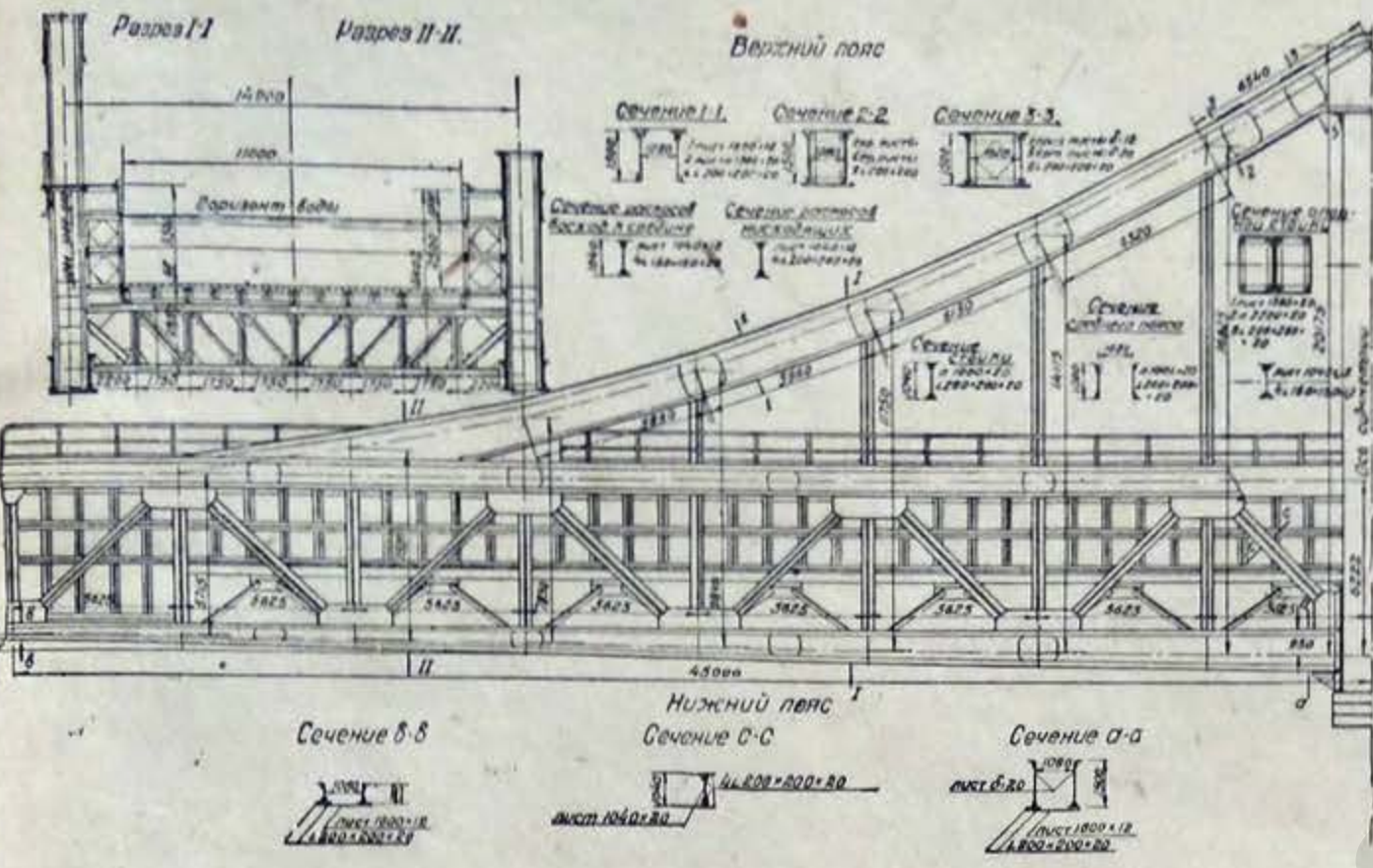
Прессы французского судоподъемника сконструированы из вальцованных стальных колец, надетых друг на друга, причем водонепроницаемость обеспечивается тонкой внутренней медной трубкой.

В бельгийских прессах чугунные секции связаны между собой стальным каркасом, причем чугун обеспечивает водонепроницаемость, а сталь — достаточную устойчивость; секции соединены при помощи флянцев.

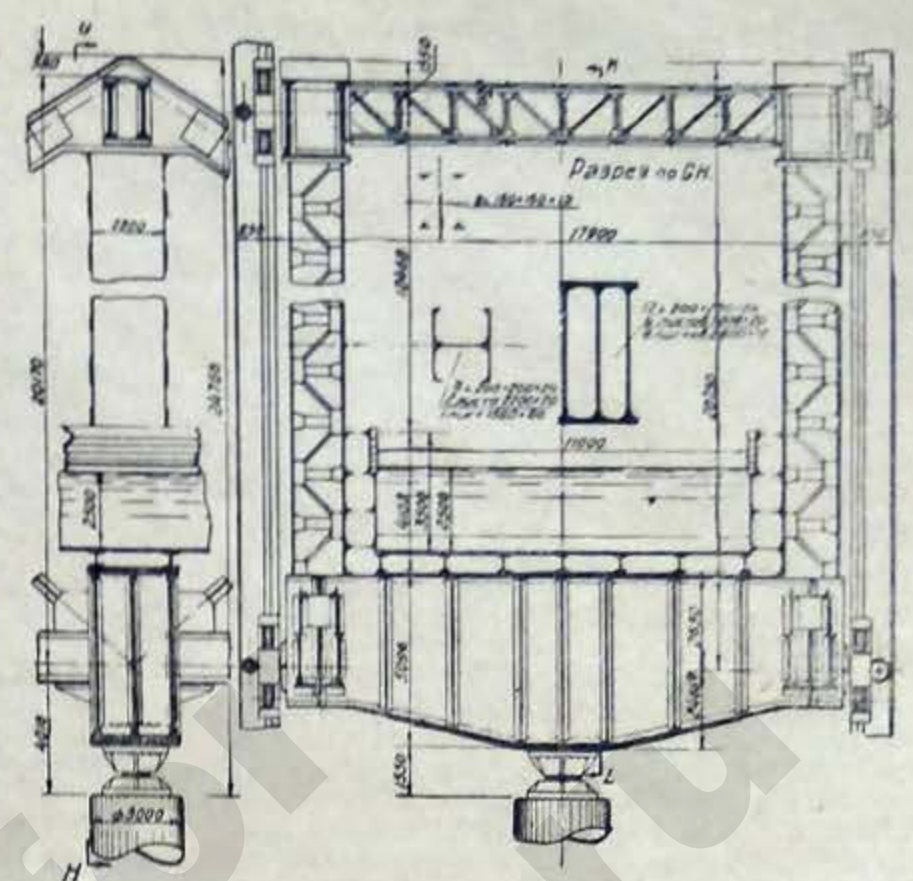
Башни в бельгийском судоподъемнике выполнены из металла



Фиг. 1. Общий вид судоподъемника



Фиг. 2. Конструкция камеры



Фиг. 3. Главная поперечная ферма

причем кроме центральной башни имеются также башни у концов камеры. Судоподъемник Ла-Фолтинет имеет такое же количество башен, но центральная выложена из кирпичной кладки. Ворота в сооружения—подъемные.

Оба судоподъемника имеют гидравлические аккумуляторы, заряжаемые путем использования напора воды в канале.

**IV. Судоподъемник, разработанный для Северного канала (гидравлический вариант)**

Он является самым большим гидравлическим судоподъемником в мире, по длине он в два раза больше американских.

В основу проекта положены следующие принципы:

- а) Вертикальный подъем камеры, наполненной водой.
- б) Отсутствие нижнего бьефа под камерой.
- в) Уравновешение камеры второю, параллельной ей камерой; при этом каждая из камер укреплена на верхнем конце плунжера гидравлического пресса.

Цилиндры прессов соединены между собой трубопроводом. Внутреннее пространство цилиндра между его стенками и плунжером заполнено маслом, объем которого таков, что если один плунжер находится в верхнем, то другой в нижнем положении, а следовательно и камеры—одна на уровне верхнего бьефа, другая на уровне нижнего.

г) Передвижение камер производится добавочной загрузкой той или иной камеры.

д) Безопасность в отношении перекосов камеры достигается устройством продольных и поперечных направляющих, в которых движется камера.

е) Безопасность в отношении нормального хода камеры достигается автоматическим изменением отверстия трубопровода, соединяющего цилиндры, в зависимости от скорости хода камеры, при помощи центробежного регулятора. Это же устройство является противоаварийным при внезапном опорожнении камеры или перегрузке ее.

ж) Пуск в ход и остановки камеры производятся открытием или закрытием трубы, соединяющей цилиндры специальной задвижкой.

з) Безопасность в отношении разрыва отдельных секций цилиндра обеспечивается предварительным испытанием их на двойную нагрузку с тщательным измерением деформации и др. показателей. Кроме того, каждая секция цилиндра снабжается распорными кольцами, препятствующими разрыву секции в случае ее повреждения и передающими давление на стенки колодца.

Состав основных частей судоподъемника следующий:

- 1) бетонный корпус с двумя кессонами для цилиндров,
- 2) подвижная камера с гидравлическим подъемным механизмом,
- 3) ворота камеры, подхода, вспомогательные ворота, и
- 4) подходной мост-канал с аварийными воротами в его голове.

Бетонный корпус судоподъемника (фиг. 1) запроектирован в составе трех колонн на поперечной оси камер, плиты под колоннами, одновременно являющейся средней частью приемного ящика под камерой, с двумя кессонами для цилиндров, концевых частей приемного ящика и крайнего устоя моста.

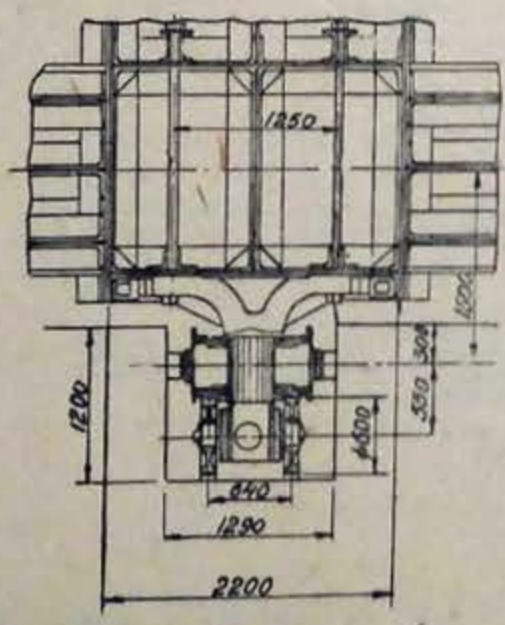
В бетонных колоннах корпуса устанавливаются направляющие для движения камеры, которые одновременно являются устройствами, удерживающими камеру от перекосов в продольном и поперечном направлениях (от несимметричной загрузки камеры, давления ветра и др. причин). Средняя колонна одновременно служит помещением для механизмов. В крайнем устое моста также устраиваются направляющие, препятствующие вращению камеры от ветровой нагрузки в горизонтальной плоскости. Передача давления на грунт намечена по трем вариантам. По одному из них давление от корпуса и прессов передается через плиту на верхние слои грунта; при этом для цилиндров опускаются легкие кессоны, не несущие нагрузки, а сами цилиндры подвешены к плите. По второму варианту кессоны делаются массивными и передают всю нагрузку от корпуса и прессов на нижние слои грунта (известняки). По третьему варианту бетонная плита и прессы имеют независимые основания. В настоящее время вопрос о выборе варианта основания не решен, в виду недостаточности данных по бурению.

Концевые части приемного ящика не несут никакой нагрузки. Они назначаются только для образования непроницаемой для воды приемной камеры и могут быть сконструированы относительно легкими; они отделяются от основной несущей плиты и устоя моста швами с антифильтрационным уплотнением.

Камера есть подвижная часть судоподъемника, в ней стоят суда во время подъема и опускания. Она опирается на плунжер, ось которого проходит через центр тяжести камеры. Для устойчивости камеры, вследствие неточного положения ее центра тяжести над плунжером, от нагона и колебаний воды при входе судна в камеру, давления ветра и пр. причин—на боковых стенках камеры в среднем поперечном сечении устраиваются направляющие колесные тележки, по две с каждой стороны. Они расположены по одной сверху и внизу на поясах продольной фермы. При ходе камеры тележки двигаются по закладным направляющим в специальных нишах колонн и препятствуют перекосам камеры как в продольном, так и в поперечном направлениях.

Внутренняя поверхность камеры покрыта листовым железом 8—10 м. Дно ванны поверх металлической обшивки покрыто обшивкой  $d=50$  м во избежание истирания ее наносами, скопляющимися в камере и приходящими в движение от проходящих судов, а также от поврежденной металлической обшивки упавшими предметами. Боковые стенки камеры на высоте 1,05 м от бортов ее покрыты деревянными отбойными брусками для предохранения металлической обшивки от повреждений навалом судов.

Ширина камеры (фиг. 2) между отбойными брусками—11,0 м, а между листовой обшивкой в нижней части камеры—11,10 м. Полезная длина внутренней части камеры (между буферными балками ворот)—86,0 м (в дальнейшей проработке этот размер изменен). Конструкция камеры состоит из двух сквозных



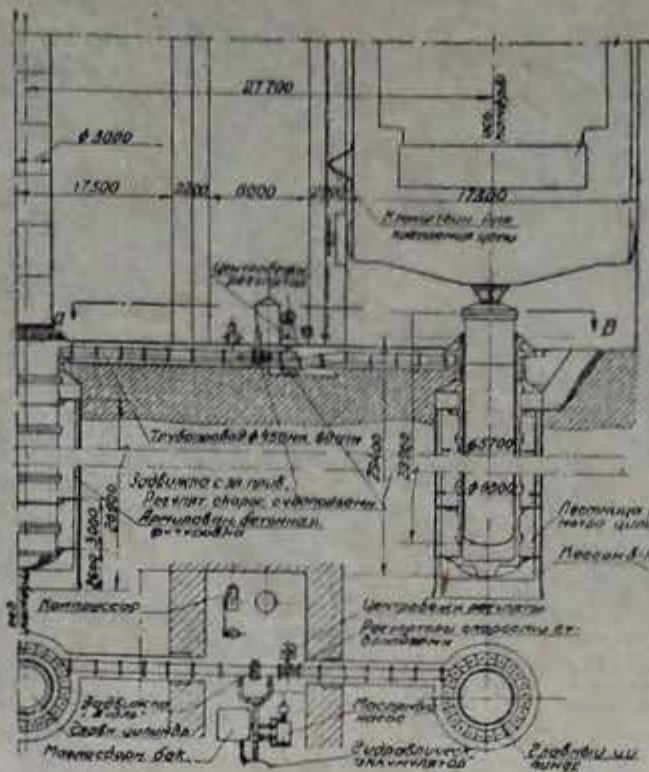
Фиг. 4

Тележка, направляющая движение

продольных ферм, расположенных на расстоянии 14,9 м. В нижней части продольные фермы связаны поперечными сквозными фермами через 5,13 м. На поперечных фермах расположена собственно камера, состоящая из решетки, покрытой листовой обшивкой. Продольные фермы имеют одну точку опоры в середине на главной поперечной ферме, которая укрепена шарнирно на плунжере и устойчивость которой обеспечивается устройством боковых направляющих. Продольным фермам для более выгодного распределения усилий в поясах и для уменьшения опорных усилий в направляющих придана форма с увеличением высоты к опоре (фиг. 2). Высота их (между осями поясов) на концах камеры — 5,64 м, и в середине — 20,18 м. Решетка продольных ферм — цельного типа. Для уменьшения глубины приемной камеры верхнему поясу фермы придано параболическое очертание, нижнему по слегка наклонной прямой. Высота поперечных ферм 2,0 м.

Средняя поперечная ферма (фиг. 3) несет всю нагрузку от веса камеры с водой, принимая ее от продольных ферм и передавая на плунжер, соединенный с ней пятовым устройством. Она представляет собой балку коробчатого сечения высотой 5,0 м и шириной 2,2 м, с тремя вертикальными стенками. Подпятник пятового устройства закреплен на главной поперечной балке, пята — на плунжере. Радиус пяты 0,45 м. Через ось пяты пропущен болт, соединяющий обе части пяты для предохранения от отставания пяты от подпятника во время движения камеры вверх при быстром закрытии соединительного хода и образования вакуума под плунжером. Направляющие движение камеры тележки расположены в плоскости главной поперечной фермы. Каждая тележка (фиг. 3 и 4) состоит из двух балансиров, с двумя колесами каждый, закрепленных на общей отливке на верхнем и нижнем поясах продольной фермы с обеих сторон камеры. Колеса тележек являются одновременно опорными и направляющими движению камеры и плунжера. Закладные части их монтируются на жестких рамах в строгой зависимости от оси цилиндра плунжера. Неточности размеров камеры регулируются на тележках.

Привод в движение камер производится при помощи двух гидравлических прессов, наполненных маслом, причем при движении масло передавливается из одного цилиндра в другой (фиг. 5). Плунжер пресса имеет внешний диаметр 3,00 м. Внутренний диаметр цилиндра пресса — 3,20 м. Цилиндр и плунжер состоят из отдельных секций длиной 3,0 м, соединенных на болтах. Толщина стенок плунжера — 150 мм, цилиндра — 160 мм. Уплотнение между отдельными секциями двойное; оно состоит из уложенного между ними круглого прутка красной меди, сплющенного до однообразной толщины, и круглого прутка из олова, укладываемого в v-образные желобки в плоскостях сопряжения и при сжатии заполняющего эти желобки целиком (фиг. 6).



Фиг. 5. Общий вид гидравлического подъемного устройства

В верхнем конце пресса расположен сальник с бумажной упаковкой. Сверху упаковка зажимается специальной крышкой на болтах. Рабочее давление в цилиндре — 70 ат. Для пополнения утечки масла устраивается аккумулятор с давлением 75 ат, в который масло подается насосом. Работа питающего насоса автоматизирована в зависимости от уменьшения масла в аккумуляторе.

Пуск камеры в ход и остановка производится открытием задвижки трубопровода, соединяющего цилиндры. Для плавного движения камеры, осуществляемого дополнительным слоем воды в 15 см, наполняющим верхнюю камеру, устраиваются четыре регулирующих цепи.

Время подъема камеры на полную высоту 3 минуты.

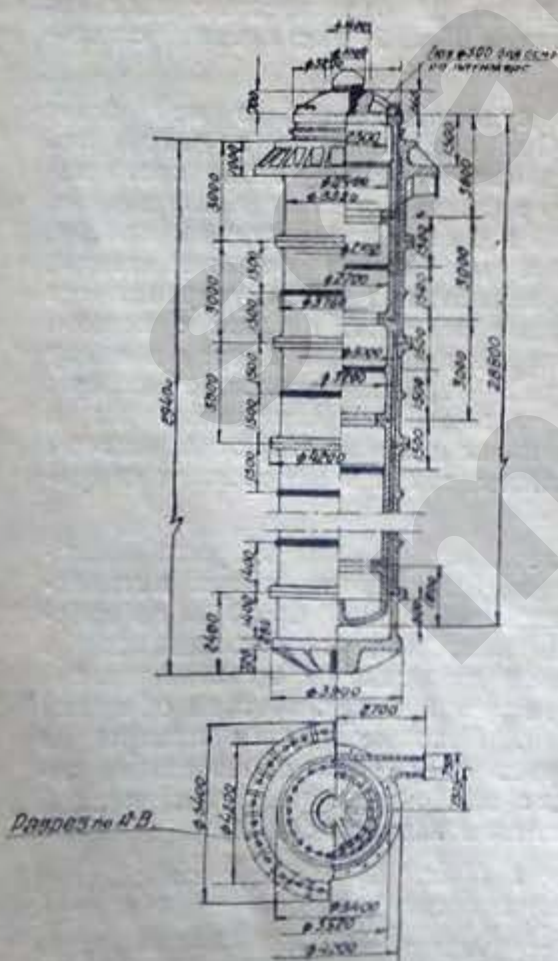
Регулировка скорости движения камеры происходит при помощи специальной задвижки в трубопроводе между цилиндрами. Эта задвижка имеет привод от центробежного регулятора, который приводится в движение от камеры при помощи цепей Галля и нескольких передач. Когда скорость камеры увеличится выше назначенной величины, центробежный регулятор, поднимаясь, уменьшает сечение соединяющего цилиндры трубопровода и тем самым уменьшает скорость хода камеры (фиг. 7).

Регулировка высоты подъема камеры при колебаниях горизонтов в бьефах, а также установка камеры для добавочной пригрузки производится изменением объема масла в цилиндрах при помощи аккумулятора (фиг. 8).

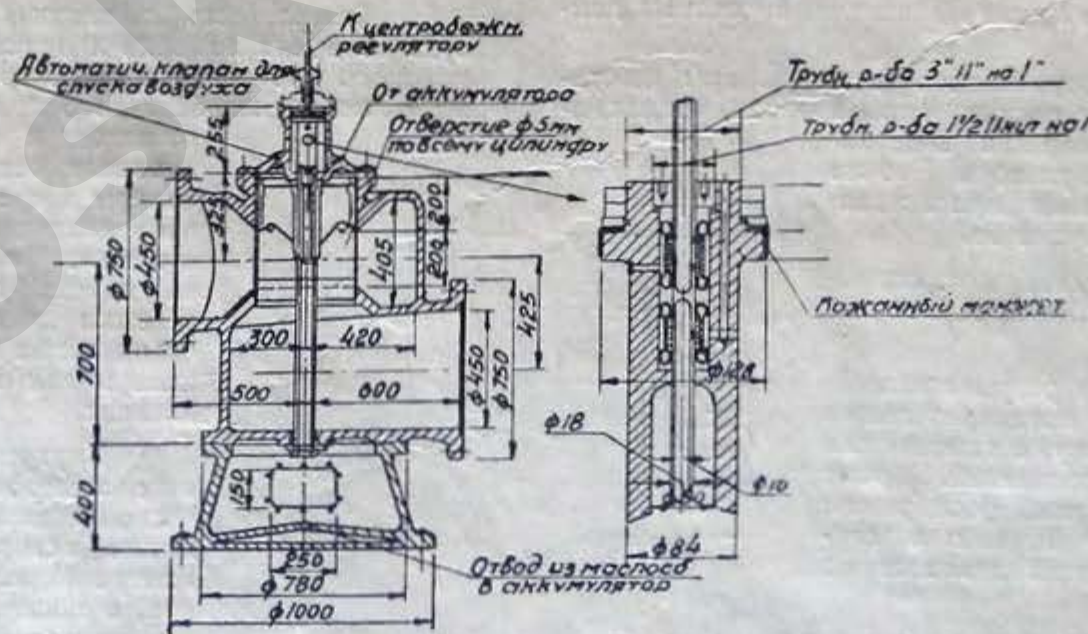
Ворота судоподъемника разделяются на ворота камеры, ворота подходов, вспомогательные ворота и аварийные ворота в голове моста — канала. Ворота камеры закрывают ее с обоих концов. Ворота подходов закрывают торцевые части подходов. И те и другие запроектированы щитовые, опускающиеся в донные ниши. При движении камеры все четверо ворот закрыты. Когда камера достигает верхнего или нижнего бьефа и останавливается, щель между камерой и подходом (5—8 см) уплотняется специальным прижимным уплотнением с резиновой прокладкой. Затем она заполняется водой из верхнего бьефа через специальные трубопроводы, после чего ворота камеры и подхода одновременно открываются. Устройство управления механизмами предусматривает невозможность открытия по отдельности каждой пары ворот камеры и подхода. Для предупреждения аварий и ремонта с верхнего и нижнего бьефа устраиваются еще вспомогательные ворота перед воротами обоих подходов.

Конструкция ворот, в целях уменьшения глубины донной ниши и в то же время наименьшего стеснения габарита камеры, запроектирована поворачивающейся при опускании на 90° (фиг. 9 и 10).

В рабочем положении ворота прижаты по контуру к боковым стенкам ниш напором воды. При этом верхняя часть опорного рельса под давлением верхнего катка имеет возможность сдвинуться в сторону



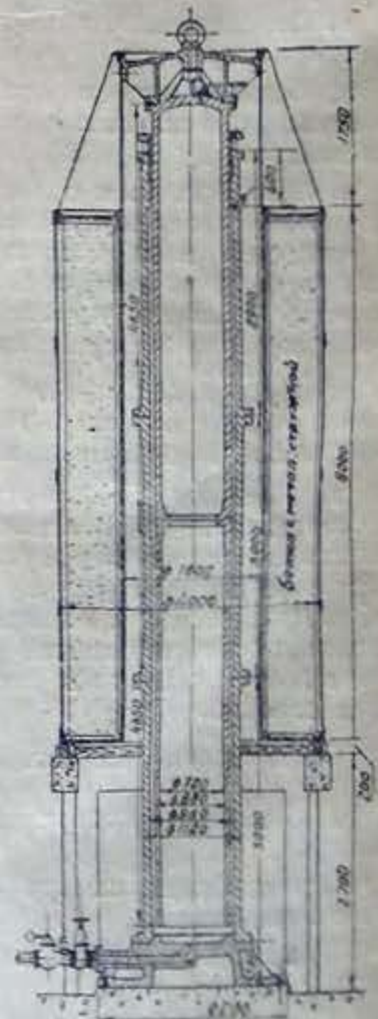
Фиг. 6



Фиг. 7

Фиг. 6. Цилиндр и плунжер

Фиг. 7. Задвижка и привод от центробежного регулятора



Фиг. 8

Фиг. 8. Аккумулятор

нижнего бьефа; нижний каток, опорный рельс которого для данного положения ворот почти горизонтален, также не препятствует прижатию ворот. Уплотнение по контуру достигается резиновой прокладкой, закрепленной на воротах.

Ворота снабжены буферными устройствами для предохранения их от повреждения навалом судов (фиг. 11 и 12).

Прижимное уплотнение между камерой и подходом и буферное устройство ворот описаны в № 4 журнала „Москвалыстрой“ для варианта судоподъемника с противовесами.

Общие расчетные данные по судоподъемнику приняты следующие: Нормальная загрузка каждой камеры от воды и судна—2708 т. В связи с колебаниями горизонта воды в бьефах, она может увеличиться или уменьшиться на 200 т, причем разница загрузки в двух камерах принята не более 50 т. Для приведения камер в движение, в верхнюю камеру добавляется слой воды 15 см, весом 150 т.

Регулировка высоты подъема камеры производится только для камеры, находящейся в верхнем положении. В нижнем положении останавливаются камеры всегда на одном уровне.

Нагрузка от ветра определена по наблюдениям для Петровско-Разумовского (на высоте 25 м) за пятьдесят лет, где отдельные наибольшие скорости ветра доходили до 24 м/сек. Как катастрофический случай принят ураган, захвативший районы Москвы в 1904 г., когда скорость ветра на основании произведенных разрушений, за неимением инструментальных замеров, установлена в 40 м/сек.

Для предохранения от возможного удара судов в ворота подхода устраиваются в подходах предохранительные цепи, рассчитанные на остановку судов водоизмещением в 1070 т при скорости хода их в 1 м/сек, т.е., примерно, равной 50% от наибольшей. Для предохранения ворот камеры, в них устраиваются буферные приспособления, рассчитанные на удар баржи водоизмещением в 1070 т со скоростью, равной 20—25% от наибольшей (6—7 км/час), т.е., примерно, со скоростью 40 см/сек, а также на удар пассажирского теплохода со скоростью 30% от наибольшей. При этом напряжения в конструкции допущены не выше нормальных. Наибольшее горизонтальное давление от удара судов на камеру равно 80 т.

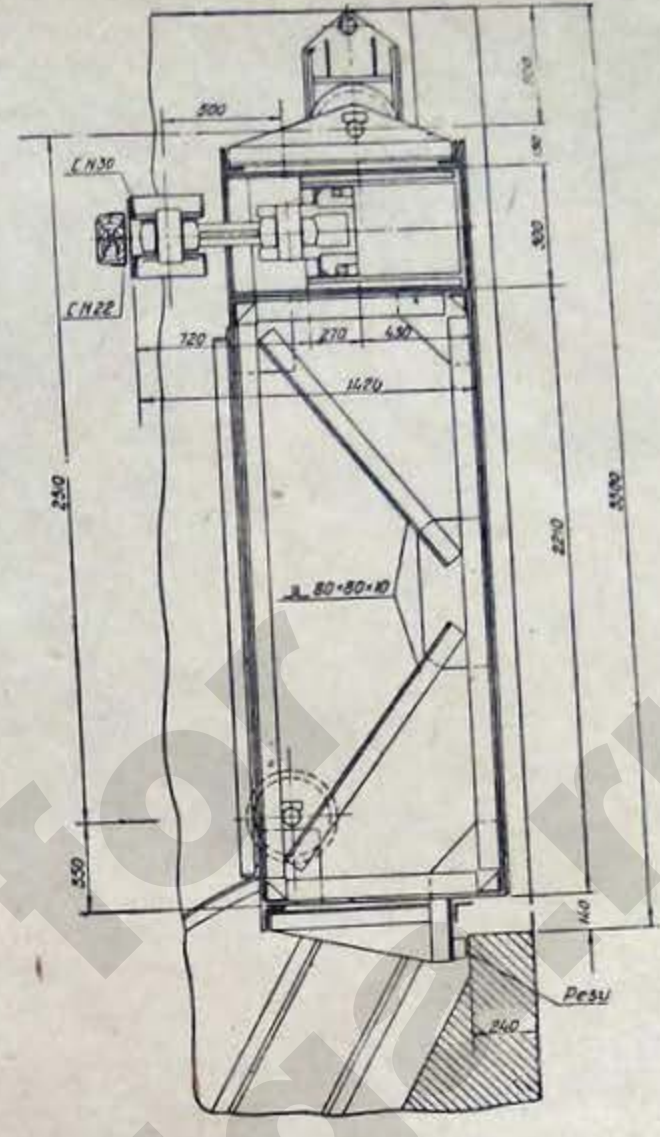
Типовые расчетные суда следующие:

№ п/п	Типы судов	Габаритные размеры в метрах			Осадка		Грузоподъемн. т	Водоизмещение т	Макс. скор. в км/ч
		ширина	высота	длина	порож.	с груз.			
1	Пассажирские теплоходы на 150 чел. 280 НР	31,8	5,64	—	1,06	1,18	—	91,2	13,2
2	Водный автобус на 40 чел. 360 НР	18,35	3,51	—	0,548	0,6	—	16,04	32,0
3	Буксирный катер 160 НР	16,2	4,5	1,5	—	1,0	—	—	6—7
4	То же 50 НР	13,25	3,0	1,275	—	0,75	—	—	6—7
Несамостоят. флот:									
5	Баржа грузоподъемностью 750 т	72	9,3	3,0	0,48	1,8	750	1070	—
6	Баржа грузоподъемностью 500 т	48	9,3	2,3	0,46	1,8	500	715	—
7	Баржа грузоподъемностью 100 т	32,1	5,0	1,5	0,32	1,0	100	143	—

При движении камер—одной вниз, другой вверх,—для случая нормальных горизонтов воды в бьефах имеем следующий, наиболее невыгодный из возможных, баланс нагрузок в тоннах:

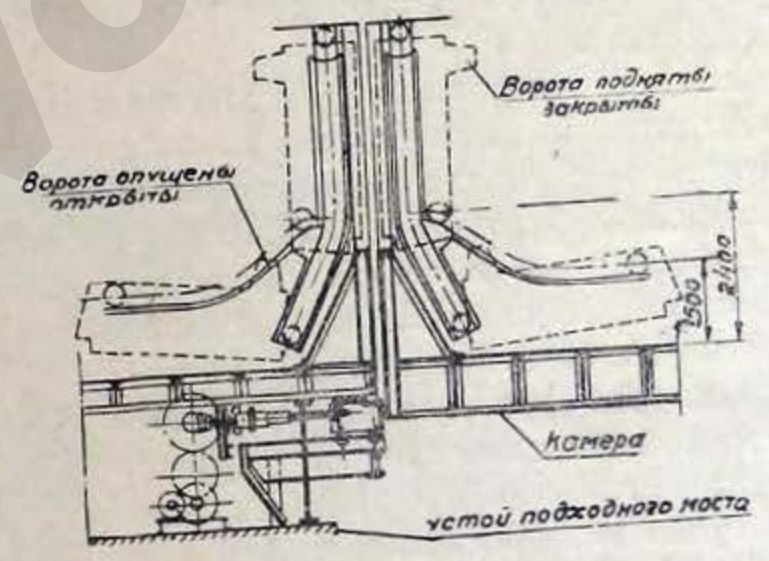
Наименование сил	Начало движения		Конец движения	
	Поднимающ. камера	Опускающ. камера	Поднимающ. камера	Опускающ. камера
Вес воды	+ 2708	+ 2708	+ 2708	+ 2708
Вес конструкции	+ 2363	+ 2363	+ 2363	+ 2363
Сопротивление движению	+ 15	— 15	+ 15	— 15
Добавочная вода д/движения	— 0	+ 150	— 0	+ 150
Гидростатическое давление	+ 187	— 0	+ 187	— 0
Регулирующие цепи	+ 90	— 90	+ 90	— 90
Неравномерность наполнения камер	+ 50	0	+ 50	0
Непредвиденные сопротивления	+ 10	0	+ 10	0
<b>Итого:</b>	<b>5064</b>	<b>5116</b>	<b>5056</b>	<b>5089</b>
Движущая сила		+ 52		+ 33

Опорожнение камеры и посадка судна на днище по одну сторону от точки опоры, т.е. от плунжера, создает ее неуравновешенность. Момент, возникающий от неуравновешенности и создающий давления на колеса направляющих тележек, учтен из условия равномерного распределения нагрузки от судна на днище камеры. Напряжения материала камеры для этого случая приняты как для катастрофического случая, т.е. близкие к пределу упругости.



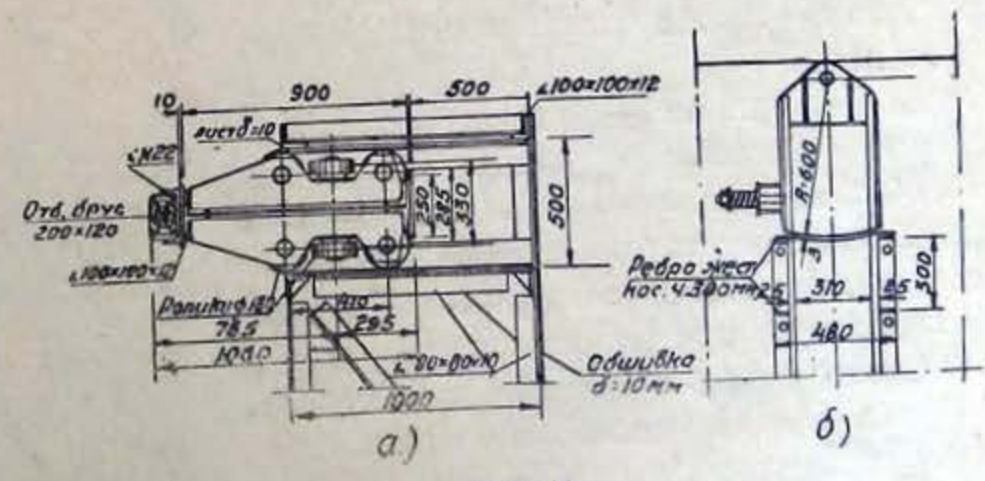
Фиг. 9

Поперечный разрез по воротам



Фиг. 10

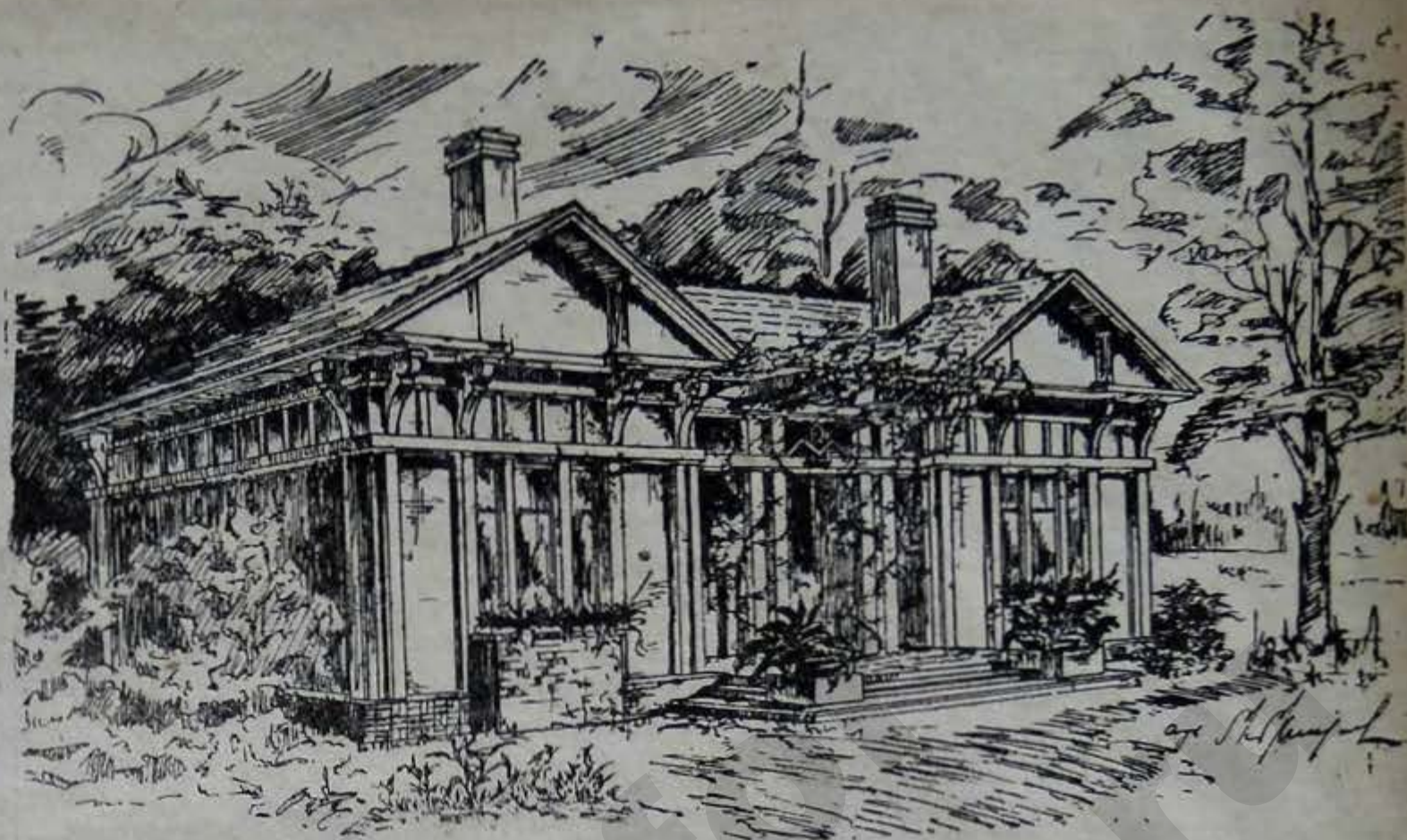
Общий вид концевых частей камеры, уплотнения между камерой и подходом, и схемы движения ворот



Фиг. 11

а) направляющая тележки буферной балки  
б) деталь верхней части опорного рельса катков ворот

# ЭКСПЛОАТАЦИОННЫЕ ЗДАНИЯ НА КАНАЛЕ МОСКВА-ВОЛГА



Арх. И. А. КОЛПАКОВ

Арх. В. И. ШВЕДЕР

Путевой и обстановочный дом (Ореховский район)

**Э**КСПЛОАТАЦИОННОЕ обслуживание канала вызывает необходимость размещения значительного количества работников, что, вместе с их семьями, составит многотысячное специальное население канала.

По пути канала это население распределяется неравномерно, сгущаясь в поселки до тысячи человек на шлюзовых узлах и разрежаясь до единичных семейств на сторожевых пунктах.

Почти все эти поселки располагаются в местах неосвоенных, в удалении от населенных пунктов, и потому возникает задача обеспечения будущего населения необходимым коммунально-бытовым и культурным обслуживанием.

Вследствие этого в состав проектируемого поселка входят, помимо административно-производственных зданий и жилых домов, столовая-клуб, магазин, амбулатория, баня-прачечная. Поселки получают водопровод и канализацию. Территория поселков планомерно организуется, расчленяемая улицами, проездами, пешеходными дорожками, и вмещающая в себе цветники, декоративную зелень, плодоягодные посадки, огороды, спортивные и детские площадки и т. д. Гармоничное сочетание архитектуры зданий с естественными данными местности, при соответствующих декоративных коррективах,—такова задача проектировщиков поселков.

Мелкие единицы—путевые дома, разбросанные по всей линии канала,—представляют собой небольшие здания на 1—2—3—4 семьи. К каждому такому зданию прилежит миниатюрная усадьба, заключающая в себе в небольших, но достаточных размерах все необходимое: службы, цветник, сад, огород.

Путевые дома—маленькие живописные и культурные точки на канале.

Наконец, третьим видом эксплуатационных зданий на канале являются строения,

находящиеся в непосредственной близости от канала или его гидротехнических узлов. К таким объектам относятся пристанские здания, павильоны, конторы, склады, мастерские и т. п.

Проектирование эксплуатационных зданий и разработка рабочих чертежей к ним являются обширной и серьезной задачей.

По аналогии с оформлением основных сооружений проектирование эксплуатационных зданий поделено между архитектурной мастерской МВС в Дмитрове и ее московским филиалом. Дмитровская мастерская проектирует здания для участка канала от Волги до Дмитрова включительно, Восточный район, Водопроводный канал и Перервинский узел.

Наиболее ответственными в архитектурном отноше-



Жилой дом начсостава Перервинского узла



нии являются здания, расположенные непосредственно у канала. Включаясь в общую архитектурную композицию, они не должны выпадать из нее, ни — тем более — дисгармонировать с ней.

Архитектура зданий, тяготеющих к тому или иному узлу на канале, должна родниться с архитектурой этого узла. Здесь требуется особая чуткость архитектора, т. к. неумелое применение форм и мотивов монументального сооружения к небольшому служебному зданию легко может привести к шаржу.

К числу зданий этой группы, разрабатываемых Дмитровской архитектурной мастерской, следует отнести служебные и обслуживающие здания Волжского и Перервинского узлов, шлюза № 2, Учинско-Клязьминского водохранилища и пристани Запрудня, Торфяная, Дмитров и Пирогово.

Эксплуатационных поселков в Дмитровской мастерской разрабатываются пять: Волжский, Темпы (шлюз № 2), Дмитровский (управленческий), Листвянский (у Акуловской плотины и исхода Водопроводного канала) и Перервинский. Первые три поселка имеют ту сходную черту, что все они в основном проектируются на базе реконструкции существующего жилого фонда.

Мысль об использовании этого фонда — правильная и целесообразная. И на Волге, и в Темпах, и в Дмитрове особенно — имеется большое количество жилых и обслуживающих зданий, выстроенных для нужд Строительства, которые по своему качеству могут быть использованы для целей постоянной эксплуатации — при условии, конечно, соответствующей реконструкции.

Это условие бесспорно необходимо, так как, будучи признаны вполне доброкачественными для временного пользования, здания эти для передачи в постоянную эксплуатацию должны удовлетворить иным, уже более высоким, требованиям.

Под здания должны быть подведены постоянные каменные фундаменты. Должны быть устроены канализация и водопровод. Само собой разумеется, что здания должны капитально отремонтированы и оштукатурены.

Одной из труднейших задач является архитектурное оформление реконструируемых зданий. Здесь архитектор, будучи связан существующим объемом и контуром, должен с максимальным приближением прийти к искомому образцу здания. Проектируемые в этих поселках новые здания должны быть однородной композиции с реконструируемыми.

Листвянский поселок на Учинско-Клязьминском водохранилище — иного характера, чем первые три. Он проектируется из новых, почти исключительно каменных зданий. Типом жилого дома принят каменный двухэтажный дом на 8 квартир. Помимо этого, в число жилых зданий входят два двухэтажных коттеджа для администрации и два деревянных дома военизированной охраны. Кроме жилых зданий, поселок включает в себя столовую, контору, лабораторию, магазин, баню-прачечную, амбулаторию, пожарное депо и проч.

Архитектурный облик зданий трактован в стиле, приближающемся к типу загородных коттеджей. На выбор этого стиля в значительной мере повлияли конструктив-



Путевой дом (Оревский район)



Дом техника (Водопроводный канал)

ные соображения, а именно—наличие в качестве кровельного материала гончарной черепицы.

Крутые островерхие черепичные кровли, представляя непреодолимое зло для большинства стилей, в принятом стиле являются не только уместными, но и необходимыми. Небольшой Листвянский поселок расположен в живописной лесистой местности, вблизи обширного искусственного озера—Учинского водохранилища.

Богатые природные данные местности не только помогают архитектору, но и обязывают его максимально использовать их при архитектурно-планировочном и декоративном оформлении поселка.

Пятый поселок—Перервинский—собственно говоря, нельзя даже назвать поселком. Вместо группы небольших жилых зданий, здесь имеется один большой шестиэтажный дом на 30 квартир в 3 и 4 комнаты, с общежитием для ВОХР и магазинами в первом этаже.

Такое решение является следствием того, что участок застройки находится в черте города Москвы, и планировка, этажность и, в известной мере, архитектурный облик подчиняются указаниям московских архитектурно-планировочных органов.

Кроме упомянутого шестиэтажного дома на Перервинском узле, уже у самого шлюза проектируется двухэтажный каменный дом для администрации и несколько обслуживающих зданий.

Минимальные сроки проектирования, большой объем работы при ограниченном контингенте работников, связанность в большинстве случаев специфичностью стройматериала (дерево, черепица), ограничение творческой работы при реконструктивном проектировании—все это усложняет работу архитекторов, занятых проектированием эксплуатационных зданий.

Но трудность задачи не умаляет ответственности проектировщика.

„Канал должен быть построен красиво“. Это последнее условие в равной мере распространяется и на эксплуатационные здания.

Небольшие домики не могут, конечно, спорить с величаво-монументальной красотой гидротехнических сооружений. Но и им, каждому эксплуатационному зданию, предъявлены свои требования—четкие, жесткие и подлежащие безусловному выполнению:

они должны быть прочны, рациональны и экономичны,

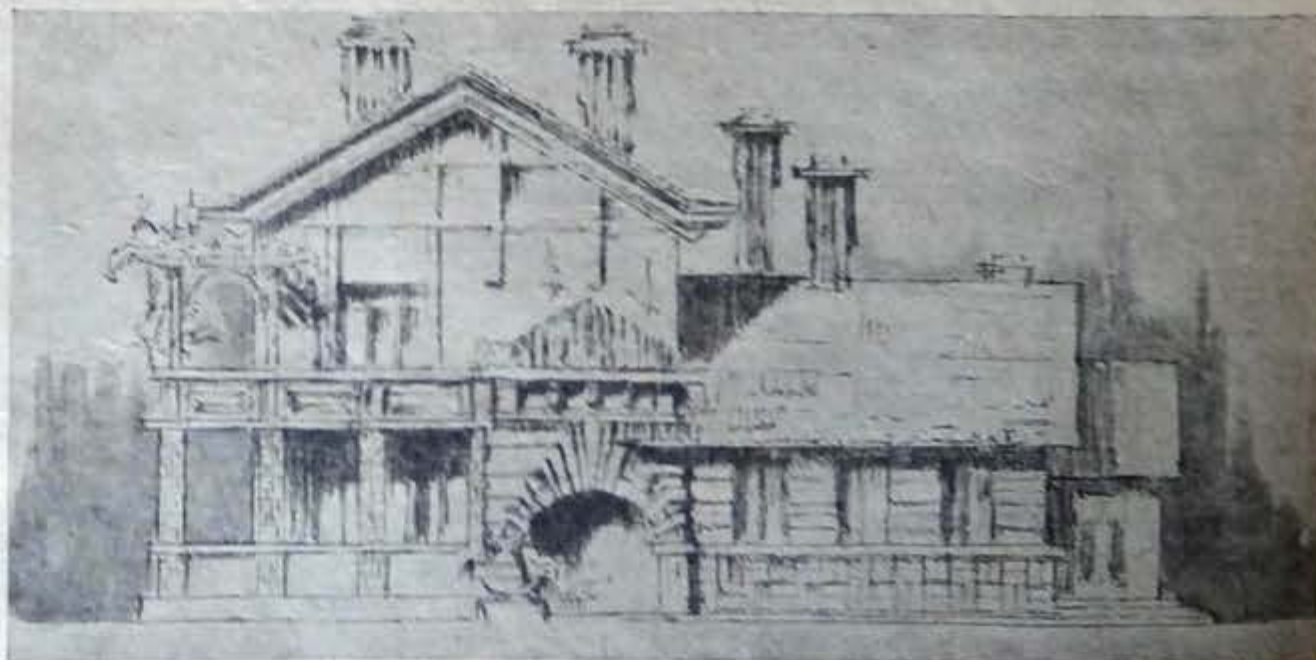
они должны быть удобны и целесообразны в эксплуатации.

они должны иметь красивый архитектурный облик, и в целом они должны гармонично вливаться в общую композицию архитектурного оформления канала.



Жилой дом работников Перервинского узла.

Павильон с билетной кассой для пассажиров на пристани „Запрудня“.



Жилой дом с конторой на пристани „Запрудня“.

# ДВА ГОДА РАБОТЫ ЖУРНАЛА „МОСКВАВОЛГОСТРОЙ“

А. И. ФИДМАН

ЧИТАЛ

**Н**а строительстве мирового канала, осуществляющего великий сталинский план, созданы гигантские гидротехнические сооружения, каких еще не было в нашем Союзе, смонтированы конструкции и механизмы, впервые изготовленные на советских фабриках и заводах, и применены различные методы организации работ, которых еще не применяла ни одна стройка Союза.

Опыт Строительства, его научно-исследовательские работы, большая и малая механизация, гидромеханизация, бетонные комбинаты и его сооружения, оборудованные новейшими техническими достижениями,—все это привлекает внимание строителей всей страны. Канал—наглядное доказательство успехов советской техники и промышленности.

Строители на пути к созданию канала—а путь этот близится к концу—имели не только победы, но и большие трудности. Строительство во многих случаях должно было решать задачи, или совсем не имеющие прецедентов, или встречавшиеся ранее только на сооружениях сравнительно малого масштаба.

Рассказать о строительстве канала, осветить все его достижения и неудачи—вот основная задача, поставленная перед журналом „Москвாவолгострой“.

За время своего существования журнал сумел завоевать себе видное место среди технических журналов Союза. Читатель находит его во многих технических библиотеках новостроек и научных институтов. При ограниченном тираже в 3500 экз., журнал не имеет возможности стать на путь массовой широкой подписки, так как большую половину тиража журнала забирает инженерно-технический коллектив самого Строительства.

В журнале находили своевременное освещение и детальную проработку ряд крупных вопросов производственного характера, впервые проведенных в Союзе, на стройке нашего канала. Работы по подготовке оснований крупных гидротехнических сооружений в условиях, когда трасса канала проходит часто по долинам речек, в берегах с очень высоким стоянием грунтовых вод—эти работы представляли бы для строительства большие трудности и несомненную задержку по возведению сооружений в срок, если бы на нашем строительстве не был хорошо освоен метод грунтового понижения вод. Глубинный водоотлив применен на нашем Строительстве впервые в Союзе. Этот метод разрабатывался в Германии в течение двух-трех десятилетий и до сих пор, за исключением нашей стройки, не освоен ни в одной стране мира. Почти анекдотическим является такой случай, когда недавно в Англии, при постройке бетонного дока для морских судов в Соутгемптоне, устройство водоотлива было передано германской фирме. Этот способ освоен на нашем Строительстве настолько, что мы могли бы выступить в качестве строителей и вне границ нашей родины.

На страницах журнала методам разработки глубинным водоотливом были посвящены статьи инж. Ф. Энгеля, проредактированные В. Семенцовым (№ 4 за 1934 г. и № 10 за 1935 г.). Благодаря применению этого способа, котлованы глубиной свыше 10 и до 20 м готовились настолько сухими, что даже трудно было поверить, что на этом месте было вязкое болото. В двух случаях, на Пироговской плотине и Волжской гидростанции, тем же способом глубинной откачки воды удалось снизить давление артезианских вод на суглинки, лежащие в основании этих сооружений, и тем самым значительно облегчить производство работ и сохранить качество основания.

Другой, не менее важный, вопрос о создании бетона, не только прочного, но и плотного, водоупорного и долговечного, и в то же время экономичного, разрешен на строительстве канала путем так называемой мокрой присадки трепелов, методом, разработанным на нашей стройке. Вопрос о придании бетону свойства, обеспечивающего его прочность и долговечность в гидротехнических сооружениях, морских и речных, дебатировался уже десятки лет. Этот вопрос не сходит ни со страниц печати всех видов, ни с повестки дня всевозможных конгрессов. Несмотря на то, что наша страна обладает значительными запасами пуццолана и трепелов, несмотря на то, что уже свыше 30 лет вопрос о пуццоланизации цементов разрабатывался у нас в научно-исследовательских лабораториях и был предметом учебы в высших технических училищах,—только в последние годы дело пуццоланизации цемента сдвинулось с мертвой точки. Этому вопросу журнал на своих страницах посвятил ряд статей инженеров Шестоперова, Нефедова, Холостова, Кувыкина и др.

Крупным техническим достижением Строительства являются насосы для подачи волжской воды на водораздельный участок и далее в Москва-реку. Энтузиасты Строительства в течение двух лет вели борьбу со специали-

стами, отстаивая идею пропеллерных насосов в противовес диагональным. Непосредственным приказом Наркома тов. Ягода при Управлении Строительства в Дмитрове буквально в течение 30 дней была создана опытная насосная установка и лаборатория, испытывавшая несколько сот моделей насосов с подвижными лопатками. Материалы об этих опытах опубликованы в статьях гг. Завина, Вознесенского и Баумгольца.

Весьма ценна напечатанная в журнале статья инженера Угинчус А. А. „Фильтрационный расчет земляных плотин, имеющих понуры“, представляющая собой оригинальное решение задачи о фильтрации воды через плотины, сооружаемые на проницаемом основании и имеющие понуры. Исследование это, представляющее собой дальнейшее развитие работ академика Н. Н. Павловского, принесло большую пользу Строительству, так как дает возможность уточненного расчета плотин на фильтрацию и послужило главным обоснованием сокращения излишне длинных понуров при земляных плотинах, дав значительную экономию.

Много места журнал уделял организационным и практическим вопросам внедрения на нашей стройке методов разработки грунтов гидромеханизацией.

Журнал „Москва-Волгострой“ создается непосредственно на производстве. Все его страницы насыщены материалами нашей великой стройки. В этом отношении журнал занимает ведущее место среди технических журналов Союза.

Страницы журнала преимущественно посвящены производственным вопросам. Освоение механизмов большой и малой механизации, широкое использование методов гидромеханизации, бетонные работы со всем сложным комплексом их механизации, наблюдение за готовыми сооружениями, вопросы геологии и гидрологии, лабораторные исследования, вопросы энергетики канала, рационализация и изобретательство и вопросы архитектурного оформления канала — вот круг вопросов, которые затронуты были в журнале.

Особая заслуга журнала — работа с молодняком.

Вместе с Гидронито МВС журнал провел конкурс на лучшую научно-техническую работу по вопросам, связанным со строительством канала Москва-Волга. На конкурсе получили высокую оценку шесть статей, и авторам их выданы премии от 750 до 1500 руб. Большая часть из премированных статей напечатаны на страницах журнала.

В числе выпущенных номеров журнала надо отметить № 5 за 1934 год, посвященный сооружению Истринской плотины, и № 4 за 1935 г., посвященный Перервинскому шлюзу. В этих номерах детально освещены проекты и работы по строительству указанных сооружений. Материал этих номеров является пока единственным справочным руководством для инженерно-технических работников.

Сделано много, но надо сделать еще больше. Журнал должен шире освещать вопросы стахановского движения на канале, еще глубже анализировать строительный опыт канала Москва-Волга, уделяя место и исследовательским работам Строительства.

Объем журнала необходимо расширить. Давно уже назрела потребность создать единый орган всех строек НКВД, в первую очередь гидротехнических строек. Эту роль, несомненно, с успехом мог бы выполнить журнал „Москва-Волгострой“, реорганизованный в центральный журнал.

При этом же журнале необходимо сосредоточить и издательство научных трудов, которые уже в большом числе накопились на Строительстве. Первой является выходящая на днях приложением к журналу выдающаяся работа инж. П. М. Миклашевского о вибрировании бетонной смеси.

В дни двухлетнего юбилея существования журнала вся общественность Строительства будет приветствовать коллектив авторов и редакционных работников, принимающих большое участие в пополнении содержания и оформлении журнала. Участвуя в журнале, этот коллектив должен, несомненно, испытывать гордость сознания, что журнал отражает работу самого крупного в мире канала, осуществляемого по инициативе и под руководством великого вождя народов — товарища Сталина.

**П**ЕРЕХОД на механические способы производства земляных работ естественно отодвинул на второй план интерес к ручной разработке грунта; однако, обращаясь к более внимательному изучению всего комплекса выполнения земляных работ, неизбежно приходится прийти к заключению, что «ручники» еще и теперь играют немалую роль, как в деле подготовки работ к механизации, в зачистках после механической разработки выемок, так и в самостоятельных работах при малых забоях и других подобных условиях.

Вместе с этим, если обратиться к цифрам объемов земли, вынимаемой ручным способом на нашей стройке, то таковые окажутся весьма внушительными. Так, на 1936 г. тачками должно быть перевезено до 10.000.000 м<sup>3</sup>.

Все это, вместе взятое, заставляет не оставлять и этого фронта работ должного внимания, а накопленный опыт на нашем и других строительных должен быть полностью использован,— тем более, что стахановские методы работ ставят на одном из первых мест обеспечение работ хорошими инструментами и снарядами и введение в них рационализации.

Поэтому казалось правильным дать краткий обзор имеющихся данных для расчета тачки и для сравнения различных типов тачек по единому методу для определения их главных производственных характеристик.

Ниже даются основания тачек, почерпнутые из обследований, произведенных на строительстве Москва-Волга, Ленинградского обдортранса и опыта Турксиба.

При движении тачка имеет три точки опоры: на колесе и руках рабочего. Таким образом, находясь в равновесии, груз распределяется на колесо и руки рабочего, а при применении ляжки—на его плечи.

Часть груза—большая—перевозится, а другая—меньшая—переносится. Путем соответственного расположения частей тачки возможно, по желанию, увеличивать или уменьшать нагрузку колеса или рук рабочего.

В частности, возможно построить тачку с передачей всего груза только на колесо; однако, при этом получится тело, имеющее одну точку опоры с расположением центра тяжести над ней, и, следовательно, будем иметь случай неустойчивого равновесия, что не может быть допущено. Отсюда вытекают все неудачи в применении этого типа тачек, неоднократно предлагавшегося.

Из обследований, произведенных в 1934—1935 гг. быв. Отделом нормирования МВС, было выведено весьма важное заключение, что давление на руки рабочего должно быть для устойчивой тачки равным около 18% от общего веса тачки (см. статью инж. Тер-Акопянца в журнале «Строитель» № 11, 1935 г.).

Необходимость передачи на руки рабочего более или менее значительного груза вытекает также из того положения, что при движении (тачки по катальным доскам) необходимо преодолевать определенное усилие, исчисляемое на горизонтальном пути  $\omega$  в 0,0833 от веса груженой тачки; при движении же тачки на подъем, это сопротивление значительно возрастает и выражается формулой:

$$R = K \times Q + i(Q + P) \quad \text{где:}$$

- R—сопротивление движению (тяговое усилие),
- K—вышеприведенный коэффициент=0,0833,
- i—подъем пути,
- Q—вес груженой тачки и
- P—вес рабочего.

Для преодоления этого усилия при длительной работе, может быть использовано в среднем  $\frac{1}{3}$  веса рабочего; принимая таковой в среднем 18 кг, получим возможным передвижение тачки весом  $18 : 0,0833 = \omega 216$  кг по горизонтальному пути. При движении же на подъем, что в условиях обычной работы является совершенно неизбежным, сопротивление движению настолько возрастает, что передвижение тачки окажется неподъемным рабочему при разгрузке тачки в 160 кг, каковой вес надо принять как обычный для рабочего средней квалификации.

Применяя вышеприведенную формулу для подъема  $i = 0,04$  (см. Единые нормы 1936 г. отд. 1 § 55), будем иметь необходимое усилие для движения груженой тачки  $R = 0,0833 \times 160 + 0,04(160 + 100) = 23,7$  кг.

Кроме того, естественно вполне, что на отдельных участках пути тяговое усилие рабочего должно быть еще больше, вследствие неизбежных местных препятствий, происходящих от неровностей пути, наличия грязи на катальных досках, атмосферных осадков, делающих путь скользким, и проч.

Недостающее тяговое усилие пополняется нагрузкой на руки (плечи) рабочего, передаваемой через ручки тачки.

Обращаясь к емкости тачек, следует иметь в виду, что таковая зависит, главным образом, от рода перевозимого грунта, ибо, принимая полезную нагрузку в 160 кг, будем иметь (по Единым нормам 1936 г. § 55) для первой категории 0,11, для второй—0,10, для третьей—0,09 и для четвертой—0,08 м<sup>3</sup> \*).

Для работ на канале, где преобладают грунты III и IV категории, правильным надо считать емкость тачки в 0,12 м<sup>3</sup> в рылом теле, или  $\omega 0,09$ —0,10 в плотном теле грунта. Для легких грунтов (торф, чернозем и др.) емкость должна быть соответственно увеличена. Вообще же емкость тачки надлежит подбирать в зависимости от веса грунта и квалификации рабочих.

В отношении определения емкости кузова во всех нижеприведенных расчетах принят единый метод исчисления геометрического объема, считая очертания кузова с ограничением поверхности, обращенной к задней его части плоскостью под углом 45° к дну кузова. Объем этот точно высчитывается путем разбивки пространства кузова на два частных объема А и В (фиг. 1), представляющие трехгранные призмы с непараллельными основаниями. Формула для каждого из этих объемов выражается так:

$$V = F \times \frac{1}{3} (a + b + c)$$

где F—площадь поперечного сечения призмы, перпендикулярной к ребрам; a, b и c—длины трех ребер.

Для сравнения производственных показателей тачек казалось правильным принять определенный метод, который давал бы возможность, в цифровом выражении, оценивать достоинства их. Ниже приводится метод, применявшийся, по данным инж. Галлера, на постройке ж.-д. Турксиб и который дает ответ на основные вопросы, относящиеся к расчету и характеристике тачки как прибора перемещения грунта.

Для получения основных показателей—распределение груза, перемещаемого тачкой, и определение ее устойчивости при движении, необходимо иметь, кроме чертежа и размеров тачки, расположение ее центра тяжести. Последний находится аналитически или графически (фиг. 5 и 6).

Давление (А) на руки рабочего определяется очень просто по формуле:

$$A = \frac{Q \times l}{L} \quad \text{где:}$$

- Q—вес груженой тачки,
- l—расстояние центра тяжести от оси колеса,
- L—горизонтальная проекция ручек.

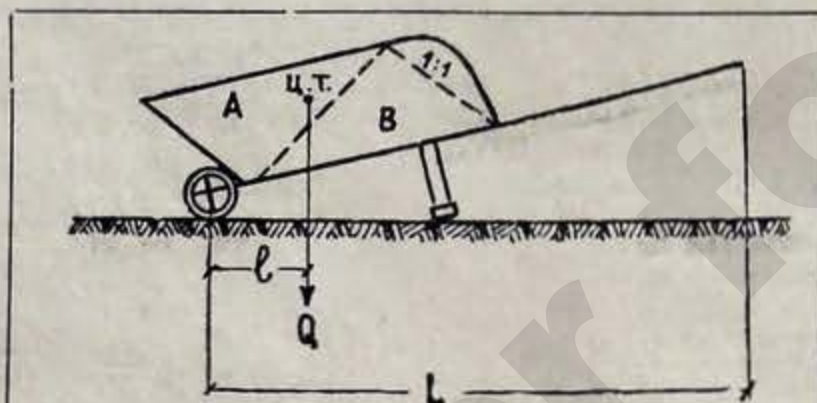
При движении тачка имеет, как уже выше было сказано, три точки опоры: точка касания колеса с катальной доской и две другие—руки рабочего. Точки эти образуют опорный равнобедренный треугольник, проектирующийся на вертикальную плоскость линией OM (фиг. 2). Горизонтальная его проекция рисуется в виде треугольника OM<sub>1</sub>M<sub>2</sub>

(фиг. 3), в котором расстояние M<sub>1</sub>M<sub>2</sub> равно разводу ручек тачки. На этом же треугольнике показано расположение центра тяжести (ц. т.).

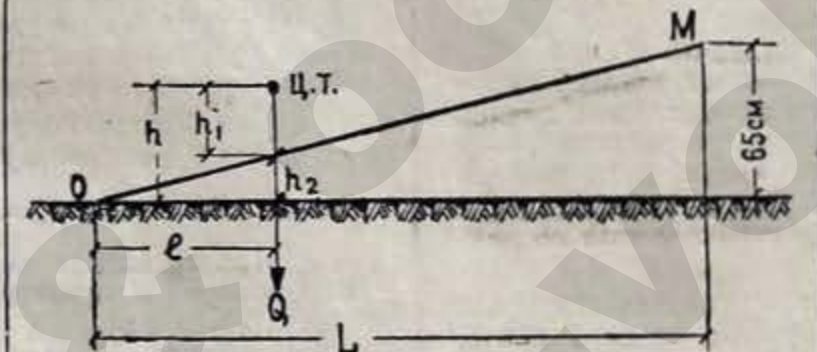
Равновесие тачки обеспечивается до тех пор, пока проекция центра тяжести будет лежать внутри опорного треугольника, и чем больше будет сила, необходимая для опрокидывания, тем устойчивее будет тачка.

Тем самым должен быть больше угол, на который надо наклонить тачку, чтобы вывести проекцию центра тяжести тачки из пределов опорного треугольника.

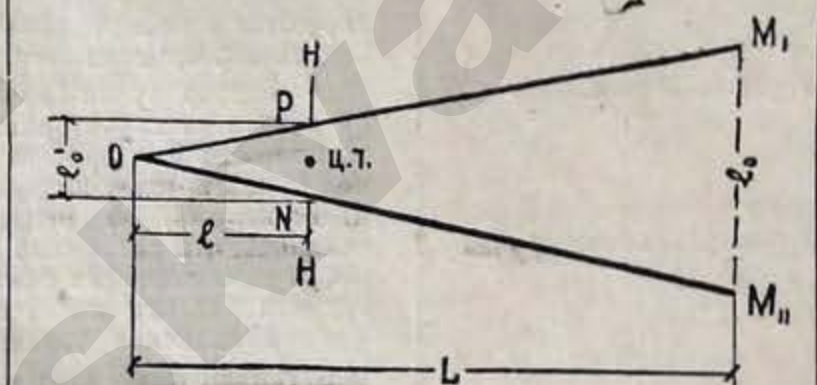
\* В отдельных случаях применяются тачки больших емкостей. Так в Водопроводном районе МВС использованы были тачки 0,25—0,30 кубометра для возки исключительно под углом при засыпке труб; тачки эти имели шариковые подшипники.



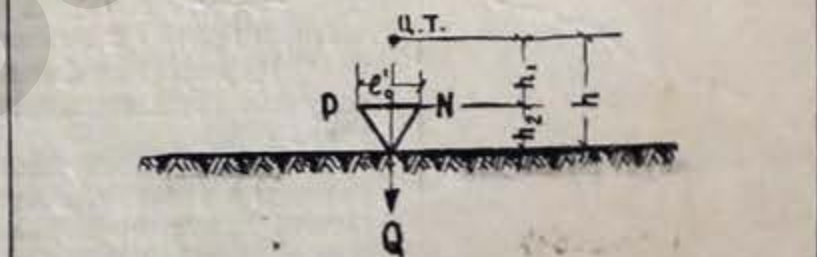
Фиг. 1.



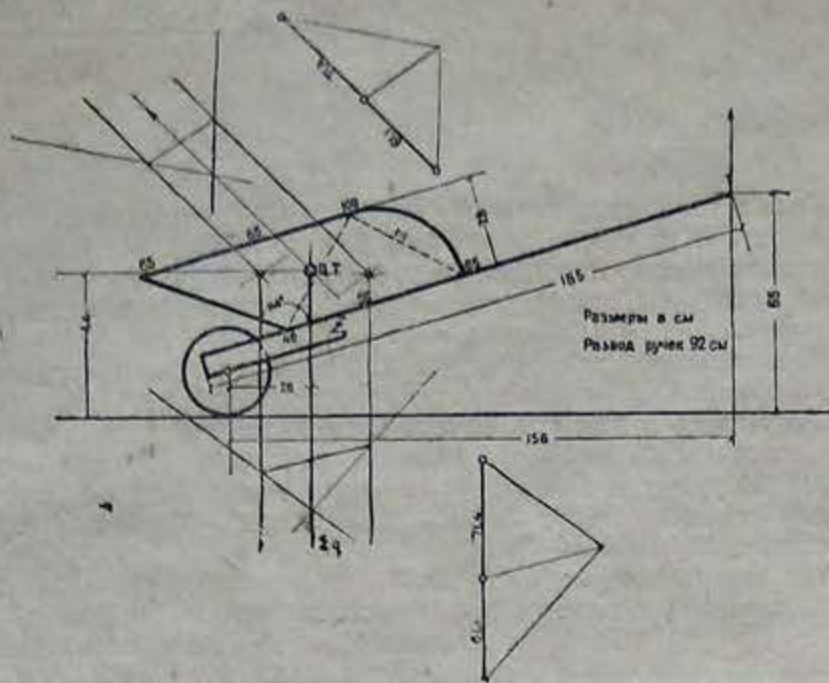
Фиг. 2.



Фиг. 3.



Фиг. 4.



$$A = \frac{164,5 \times 26}{150} = 28,5$$

$$A = 17,3\% \text{ от } \Sigma q$$

$$T = \frac{164,5 \times \frac{92}{2} \times \frac{26}{150}}{44 - 65 \times \frac{26}{150}} = 40,0 \text{ кг}$$

$$K = \frac{40,0}{28,5} = 1,40$$

Емкость тачки:  
 $V_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,65 \times 0,28 \times \frac{1}{3} (0,65 + 0,40 + 1,00) = 0,062$   
 $V_2 = \frac{1}{2} \cdot 0,56 \times 0,28 \times \frac{1}{2} (0,40 + 1,00 + 0,65) = 0,053$   
 $0,115 \text{ м}^3$   
 В плотном теле:  $0,115 \times 0,72 = 0,083 \text{ м}^3$   
 Вес:  
 $q_1 = 0,062 \times 0,72 \times 1600 = 71,4 \text{ кг}$   
 $q_2 = 0,053 \times 0,72 \times 1600 = 61,1 \text{ кг}$   
 $132,5 \text{ кг}$   
 Вес тачки  $32,0 \text{ кг}$   
 $\Sigma q = 164,5 \text{ кг}$

Фиг. 5

Взяв разрез по линии НН, получим вертикальную проекцию (на плоскость, перпендикулярную к ранее принятой вертикальной плоскости) части опорного треугольника (фиг. 4), где  $l_0^1$  изображает ширину опорного треугольника в сечении НН,  $h$  — высоту центра тяжести над линией катания,  $h_2$  — высоту центра тяжести над опорным треугольником,  $h_1$  — расстояние плоскости опорного треугольника над линией катания в сечении НН, и  $Q$  — вес груженой тачки. Обозначим через  $T$  опрокидывающее усилие, приложенное в центре тяжести. Противоположная по действию силе  $T$  будет сила тяжести  $Q$ .

Для опрокидывания тачки необходимо, чтобы равнодействующая этих двух сил прошла минимум через одну из крайних точек Р или N опорного треугольника (мгновенное равновесие).

В условиях равновесия моменты обеих сил относительно точки N будут равны, или иначе:

$$T \times h_1 = Q \times \frac{l_0^1}{2} \text{ или } T \times h_1 - Q \times \frac{l_0^1}{2} = 0; T = \frac{Q \times \frac{l_0^1}{2}}{h_1}$$

Из фиг. 2 имеем:

$$\frac{h_2}{65} = \frac{L}{1} \text{ где } 65 \text{ — высота в сантиметрах конца ручек тачки над поверхностью катания при движении тачки.}$$

$$\text{Далее: } h_2 = 65 \times \frac{1}{L}; h_1 = h - h_2$$

Подставляя эту величину в выражение для  $h_1$ , получим:

$$h_1 = h - 65 \times \frac{1}{L}$$

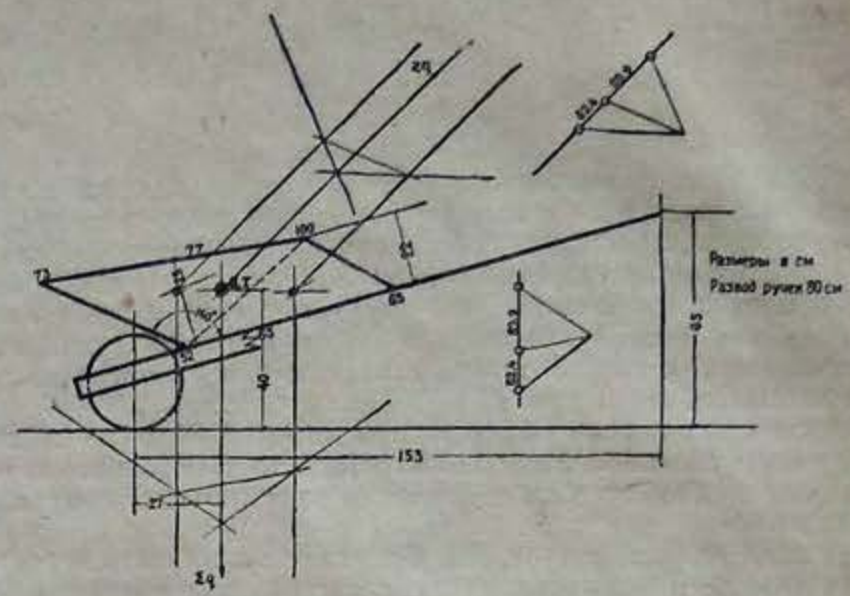
Из фиг. 3 имеем:

$$\frac{l_0^1}{l_0} = \frac{1}{L}, \text{ или } l_0^1 = l_0 \frac{1}{L}$$

Подставляя найденные величины в формулу, выведенную выше для определения  $T$ , получим:

$$T = \frac{Q \times \frac{l_0}{2} \times \frac{1}{L}}{h - 65 \frac{1}{L}}$$

В эту формулу, как видно, входят только основные величины, характеризующие тачку, а именно: вес тачки в груженом состоянии ( $Q$ ),



$$A = \frac{184,26 \times 27}{153} = 32,6 \text{ кг}$$

$$A = 17,7\% \text{ от } \Sigma q$$

$$T = \frac{184,26 \times \frac{80}{2} \times \frac{27}{153}}{40 - 65 \times \frac{27}{153}} = 45,8 \text{ кг}$$

$$K = \frac{45,8}{32,6} = 1,46$$

Емкость тачки:  
 $V_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,25 \times 0,77 \times \frac{1}{3} (0,52 + 0,73 + 1,00) = 0,072$   
 $V_2 = \frac{1}{2} \cdot 0,22 \times 0,63 \times \frac{1}{2} (0,52 + 1,00 + 0,63) = 0,050$   
 $0,122$   
 В плотном теле:  $0,12 \times 0,78 = 0,094 \text{ м}^3$   
 Вес:  $q_1 = 0,074 \times 0,78 \times 1600 = 89,86 \text{ кг}$   
 $q_2 = 0,050 \times 0,78 \times 1600 = 62,40 \text{ кг}$   
 $152,26 \text{ кг}$   
 Вес тачки  $32,00 \text{ кг}$   
 $\Sigma q = 184,26 \text{ кг}$

Фиг. 6

развод ручек ( $l_0$ ), расстояние центра тяжести от оси колеса ( $l$ ), проекция длины ручек ( $L$ ), высота центра тяжести над поверхностью катания ( $h$ ) и высота ручек при движении над той же поверхностью ( $65$ ).

Чем больше получится  $T$ , тем устойчивее будет тачка.

Для определения коэффициента устойчивости тачки принимается отношение  $T$  к  $A$ , или  $K = \frac{T}{A}$ .

При сравнении тачек, лучшей в транспортном отношении будет та, в которой  $K$  будет большим.

Из рассмотрения формулы для определения силы  $T$  явствует, что чем больше будут величины, входящие в числитель, и чем меньше будет  $h$ , тем величина силы  $T$  будет больше. Однако, величины  $Q$  и  $\frac{1}{L}$  лимитируются вышеприведенными границами\*) и потому, при проектировании тачки, принимаются за основные данные.

Развод ручек  $l_0$  может быть доведен до 95 см и тем благоприятно влиять на характеристику тачки. Однако, здесь надлежит оговорить то положение, что, во-первых, для непривычных рабочих широкий развод ручек создает затруднения при движении и маневрировании тачкой, и, во-вторых, на основе опытов Ленинградского облдортранса выяснилось, что различные по квалификации рабочие выжимали на динамометре максимальные показания при разводе в 80 см, почему возможно эту или близкую к ней величину рекомендовать при проектировании.

Юхновская тачка, имеющая за собой справедливо признанную репутацию, имеет этот размер (по данным чертежа ЦИТ) равным 92 см. Величина  $h$  — расстояние центра тяжести от поверхности катания — может изменяться в зависимости от очертания кузова, и в этом отношении ясно, что выгоднее будут кузова более широкие в нижней своей части, и притом с меньшей высотой бортов.

На чертежах 5 и 6 показаны расчеты по приведенному выше способу для тачек юхновской и для типа по данным быв. Отдела нормирования МВС.

Данные, послужившие для этих расчетов, и полученные показатели введены в таблицу, в которую включены характеристики тачки, предлагаемой „Едиными нормами“ 1936 г. § 55. Все эти три типа имеют хорошие показатели и могут быть рекомендованы для работ. Тачки по „Единым нормам“ отличаются от двух других значительной емкостью — 0,14 м<sup>3</sup> что для малоквалифицированного рабочего надо признать преувеличенным,

\*) Общий вес тачки:  $160 + \text{вес самой тачки} = Q$ , и  $\frac{1}{L} = 0,18$ .

ТИП ТАЧКИ	Геометр. емкость м <sup>3</sup>	Вес грунта кг	Длина проекции ручек см	Расст. ц. т. от оси колеса см	Высота ц. т. над поверхн. катания см	Нагрузка А, передаваемая на руки рабоч., и % от общ. веса тачки	Нагрузка на колесо кг	Опрокидывающ. усилие Т кг	Коэффициент К	Развод ручек см
Юхновская	0,115	132,5	150	26	44	28,5—17,5	136,0	40,0	1,40	92
б. Отд. нормирования МВС	0,122	152,3	153	27	40	32,6—17,7	151,7	45,8	1,46	80
Един. нормы 1936 г.	0,140	174,7	165	29	44	36,4—17,6	170,3	53,7	1,47	96

# О ФИЛЬТРАЦИИ В ТОРФЕ В СВЯЗИ С ЕГО ПРИМЕНЕНИЕМ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ *Н. Н. ГАВРИЛОВ*

## V. О фильтрации торфа под нагрузкой \*)

**Р**АНЕЕ уже указывалось, что во всех гидротехнических сооружениях торф находится под некоторой нагрузкой от вышележащих слоев торфа и пригружающего грунта; давление, которое испытывает от этой нагрузки торф, иногда довольно значительно возрастает, доходя в отдельных случаях, как например в экране плотины № 26 (Акуловской), до  $1 \text{ кг/см}^2$ .

Обычно давление от пригружающих слоев песка бывает сравнительно небольшим, не превышая  $0,5 \text{ кг/см}^2$ , и редко может оказаться меньшим  $0,1 \text{ кг/см}^2$ , т. е. диапазон изменения давления в торфяных гидротехнических сооружениях сравнительно небольшой.

Чрезвычайная длительность опытов по фильтрации в торфе, находящемся при постепенно увеличиваемых нагрузках (каждый опыт длится около 6 месяцев), позволила при наличии аппаратуры провести лишь небольшое число опытов с несколькими образцами торфа. Однако, полученные результаты уже являются достаточными для некоторых предварительных выводов о ходе фильтрации в торфе, находящемся под нагрузкой.

Два опыта были поставлены с торфом ненарушенной структуры, хорошо - (татищевский торф) и мало - (бугай-зерцаловский торф) разложившимся. Опыты с торфом с нарушенной структурой поставлены также для малоразложившегося торфа (учинский торф бол. № 2 поперечник 4, пк. 4, глубина 2,6 м) и хорошо разложившегося торфа (2 образца учинского торфа и один образец татищевского торфа). По данным опытов построены диаграммы (фиг. 3—8) зависимости коэффициента фильтрации, порозности и давления. Из вышеуказанных опытов опыты с татищевским и бугай-зерцаловским торфами были проведены инженером К. П. Лундиным.

Опыты с торфом с ненарушенной структурой дали следующие результаты (табл. 6, см. след. стр.):

1. Малоразложившийся торф для достижения такого же коэффициента фильтрации, как и у хорошо разложившегося торфа, требует приложения значительно большего давления; в области малых давлений (около  $0,1 \text{ кг/см}^2$ ) это увеличение давления должно быть двух-трехкратным, при давлениях же около  $1 \text{ кг/см}^2$  оно должно быть на 25—50%.

2. Малоразложившийся торф, по сравнению с хорошо разложившимся, требует для достижения одной и той же порозности значительно (в 2—3 раза) больших давлений.

3. При очень больших абсолютных величинах порозности (свыше 90%) хорошо разложившийся торф фильтрует даже больше, чем малоразложившийся; при величинах порозности 89—90% коэффициент фильтрации для обоих торфов практически одинаков и при дальнейшем понижении порозности оказывается для хорошо разложившегося торфа меньшим.

4. Практически важным результатом является то, что для достижения коэффициента фильтрации около  $0,00005 \text{ см/сек}$ , требующегося согласно инструкции по торфостроительным работам, для торфа хорошо разложившегося достаточно давления всего около  $10,5 \text{ кг/см}^2$ , а для торфа малоразложившегося—около  $0,5 \text{ кг/см}^2$ .

При фильтрации в торфе с нарушенной структурой при различных давлениях получены следующие результаты:

1) При небольшой величине давления менее разложившийся торф требует для достижения такого же коэффициента фильтрации, как и у хорошо разложившегося торфа, сравнительно большего давления при высоких значениях порозности и меньшего при низкой порозности. При давлении около  $1 \text{ кг/см}^2$  и выше величины коэффициента фильтрации при одинаковом давлении практически равны для всех изученных торфов.

2) Менее разложившийся торф для достижения одинаковых величин порозности с хорошо разложившимся требует приложения на 25—50% большего давления (для торфов близких по характеру, т. е. по происхождению и степени разложения).

3) В отношении связи коэффициента фильтрации с порозностью можно отметить, что результаты получаются весьма различными для торфов различного характера. Чем более сильно разложился торф, тем при изменении порозности изменение коэффициента фильтрации происходит менее резко; так, для хорошо разложившегося татищевского торфа десятикратное изменение коэффициента фильтрации происходит на диапазоне изменения порозности в 5%, тогда как для малоразложившегося учинского торфа такое же изменение коэффициента фильтрации происходит на диапазоне порозности всего в 2%, и для лучше разложившегося учинского торфа—на диапазоне в 3%. При этом кривая изменений коэффициента фильтрации малоразложившегося учинского торфа сдвинута в сторону больших величин порозности.

4) Для практических целей важным является следующий предварительный вывод: для достижения коэффициента фильтрации около  $0,00005 \text{ см/сек}$  хорошо разложившийся торф должен находиться под нагрузкой около  $0,1 \text{ кг/см}^2$ , для менее разложившегося торфа нагрузка должна быть несколько большей—около  $0,2 \text{ кг/см}^2$ .

Уплотнение торфа в сооружениях происходит в течение более или менее длительного периода времени, в течение которого порозность и соответственно коэффициент фильтрации будут уменьшаться.

По определениям полевой торфяной лаборатории (в Татищеве) коэффициент фильтрации торфа в опытной дамбе (южной поперечной)

Татищевского болота изменялся с  $K_{10}=0,0002 \text{ см/сек}$  в момент окончания отсыпки (25/IX 1934 г.) до  $0,00002 \text{ см/сек}$  спустя полгода после окончания (3/VI 1935 г.). Наблюдений в этом направлении далеко недостаточно, и необходима постановка дальнейших опытов.

Весьма важным является вопрос, как изменяется коэффициент фильтрации при постепенном уменьшении давления. Один из вышеупомянутых опытов по фильтрации под нагрузкой (в торфе с болота Бугай-Зерцалово) был поставлен с последующей разгрузкой, и после доведения нагрузки до  $3,5 \text{ кг/см}^2$  нагрузка была сначала уменьшена до  $1,0 \text{ кг/см}^2$  и далее удалена полностью. Диаграмма зависимости порозности от давления (фиг. 3) показывает, что после полного снятия нагрузки порозность дошла только до такого состояния, которое было в торфе при нагрузке около  $1,15 \text{ кг/см}^2$ . Соответственно и коэффициент фильтрации оказался также весьма близким к коэффициенту фильтрации торфа при данной порозности в случае возрастающих нагрузок: после полной разгрузки коэффициент фильтрации был  $0,00000094 \text{ см/сек}$  при порозности 86,7%, тогда как в период нагрузки при давлении  $1,15 \text{ кг/см}^2$  был  $0,00000112 \text{ см/сек}$  при той же порозности.

Отсюда ясно, какую большую роль играют предварительные состояния, при которых находился торф, подвергавшийся тем или иным нагрузкам.

## VI. О фильтрации в торфе при высоких напорах водяного столба

В сооружениях канала в ряде случаев, например в понуре и экране Акуловской плотины, торф должен находиться под весьма значительным напором водяного столба, который может доходить в отдельных случаях до 10 м и более.

Запроектированная толщина торфяных экранов обычно составляет 1,0—1,5 м. В ряде случаев экраны устраиваются слоистые; торф переслаивается одним или несколькими слоями песка. В этих случаях обычно торф укладывается слоями по 0,5 м; песчаные слои также имеют толщину 0,5 м.

Общая толщина слоистых торфяных экранов составляет 1,5—2,5 м. При напоре около 10 м водяного столба пьезометрический уклон (градиент) на фильтрационном пути в экране составляет таким образом величину 4—6, а если отбросить слой песка, и расчет производить только на длину пути в торфе, то 6—10.

При таких значительных величинах напора и градиента весьма вероятным становится вынос частиц из фильтрационного слоя и, во всяком случае, изменение структуры грунта в направлении фильтрационного потока в отношении порозности (или, соответственно, в отношении влажности при состоянии грунтовой массы).

По данным проф. Герсеванова П. М. („Основы динамики грунтовой массы“, стр. 101), при движении воды сквозь грунт влажность грунта получает неравномерное распределение в массе, а именно понижается в направлении фильтрационного потока.

Это изменение влажности по Герсеванову находится в некоторой зависимости от свойств исходного грунта и от градиента, и выражается формулой:

$$\frac{d\varepsilon}{dz} = a \left( \frac{\Delta - 1}{1 + \varepsilon} - J \right),$$

где  $\Delta$  — удельный вес скелета,

$\varepsilon$  — влажность грунта в долях единицы от сухого вещества,

$J$  — градиент,

$a$  — постоянная, определяемая из уравнения компрессионной кривой.

Условия равновесия требуют равенства:  $J = \frac{\Delta - 1}{1 + \varepsilon}$ ;

во всех же случаях, когда  $\frac{\Delta - 1}{1 + \varepsilon} > J$ , оказывается, что  $\frac{d\varepsilon}{dz} > 0$ ,

а следовательно, по мере углубления в грунт, влажность слоев должна уменьшаться.

Для удовлетворения вышеприведенного равенства при высокой величине  $\varepsilon$ , равной 6—8, соответствующей фильтрации в торфе, градиент оказывается очень малым: около 0,054—0,07.

Считая длину фильтрационного пути в торфе экрана или понура в 1,5 м, получаем, что величина напора, при которой торфяной скелет будет в равновесии, не должна превышать 8—10 см водяного столба.

Так как в экранах и понурах величины напора и, соответственно, градиента будут во много раз большими, то в торфе на фильтрационном пути должно происходить вышеуказанное перераспределение влажности (порозности).

В поставленных нами опытах по фильтрации при высоких напорах длина фильтрационного пути обычно составляла в начале опыта около 40 см, и после проведения опыта уменьшилась на несколько сантиметров; величина напора изменялась от 3 до 12 м водяного столба,—следовательно градиент изменялся в пределах от 8 до 30; несколько опытов были поставлены и при меньших градиентах.

Во всех случаях по окончании опытов по фильтрации распределение влажности по высоте (длине фильтрационного пути) оказывается неравномерным и подчиняется вышеуказанной закономерности уменьшения влажности в направлении фильтрационного потока.

Чем больше разность напоров и, соответственно, градиент тем,

\*) См. № 4 журнала „Москвоаэрострой“ за 1936 г.

Таблица 6.

Характеристика свойств торфа, в связи с коэффициентом фильтрации

№№ п/п	Наименование болота	Место отбора образцов	Зольность % %	Степ. разло- жения % %	Ботанич. характеристика	Пластичность			Оптм. влаж., при которой $K_{10} = 0,0001$ см/сек	Зависимость коэф. филь- рации от порозности	Зависимость коэф. филь- рации от давлени	
						Верхний предел	Нижний предел	Число				
Торф с ненарушенной структурой												
1	Бугай-Зерцаловск.	Пк. 34/0+20, глуб. 1,0 м	4,4	51,5	Гипново-осо- ковый	—	—	—	—	$\lg K_{10} = -3,47$	$\lg P = -5,743$	
2	Татищевское	Пк. 52/8+30, глуб. 1,2 м	10	70	Древесный	—	—	—	—	$\lg K_{10} = -2,56$	$\lg P = -6,800$	
Торф с нарушенной структурой												
3	Татищевское	Южная поперечи. дамба	10	70	Древесный	—	—	—	$\lg K_{10} = 0,2025n - 23,57$	1) $\lg K_{10} = -0,605 \lg P - 6,21$ при $P < 0,5 \text{ кг/см}^2$	2) $\lg K_{10} = -1,51 \lg P - 6,828$ при $P > 0,5 \text{ кг/см}^2$	
4	Учинское № 3	Поперечи. 4, пк. 4, глуб. 2,6 м, блок 2	9,26	40	Тростниковый	413	262	151	$K_{10} = 0,0001$ см/сек недо- стиг. ни при ка- кой влажности	$\lg K_{10} = 0,44n - 43,02$	$\lg K_{10} = -2,68 \lg P - 6,651$	
5	"	Поперечи. 4, пк. 4, глуб. 1,0 м, блок 1	9,84	80	"	338	267	71	$W_c = 80\%$ $W = 400\%$	$\lg K_{10} = 0,306n - 30,98$	1) $\lg K_{10} = -1,12 \lg P - 5,50$ при $P < 0,5 \text{ кг/см}^2$	2) $\lg K_{10} = -4,68 \lg P - 5,83$ при $P > 0,5 \text{ кг/см}^2$
6	Учинское № 2	Поперечи. 4, пк. 2, глуб. 1,0 м, блок 6	11,10	85	Осоковый с древесн. остатк.	364	274	90	$W_c = 83\%$ $W = 490\%$	$\lg K_{10} = 0,512n - 48,41$	$\lg K_{10} = -2,51 \lg P - 6,41$	

Таблица 7.

Коэффициент фильтрации при высоком напоре для торфов трассы канала Москва-Волга (напор около 12,5 м водяного столба, направление фильтрации сверху вниз)

№№ п/п	№№ опы- тов	Наименование болота	Пикет и глубина взятия пробы	Характеристика торфа	Зольность в %	Степень раз- ложения в %	Перед опытом				После опыта				Коэф. филтр. $K_{10}$ см/сек
							Влажн. в %				Влажн. в %				
							Весовая от сыро- го торфа	Объемн. от сухо- го торфа	Содержан. воздуха в объемн. %	Весовая от сыро- го торфа	Объемн. от сухо- го торфа	Содержан. воздуха в объемн. %			
1	19	Бугай-Зерцаловское	34/3 + 7, 0 - 1 м	Осоковый . . . . .	—	20	83,25	755	14,7	—	—	—	—	0,000405	
2	20	"	34/3 + 7, 1 - 2 "	" . . . . .	—	30	87,62	1078	—	—	—	—	0,000118		
3	21	"	34/3 + 7, 2 - 3 "	Гипново-осоковый . . . . .	—	19	86,62	985	14,3	—	—	—	0,000041		
4	25	"	34/0 + 20, 0 - 1 "	Осоковый с гипнумом . . . . .	3,6	21	88,96	1228	3,1	—	—	—	0,0000608 *)		
5	23	"	34/0 + 80, 0 - 1 "	Гипново-осоковый . . . . .	—	17	88,08	1123	4,7	87,93	1110	2,4	0,0000105		
6	24	"	"	"	—	"	85,90	927	7,1	—	—	—	0,0000098 *)		
7	17	Татищевское	46/0 + 40	Осоково-древесный . . . . .	9,5	75	82,86	677	6,6	80,78	609	6,8	0,0000036		
8	16	"	46/3 + 00	Осоковый . . . . .	7,5	56	79,38	577	5,3	77,10	505	6,8	0,0000018		
9	14	"	46/6 + 90	Осоков. с вахтой замер- гелеванный . . . . .	26,9	77,5	81,42	807	4,05	79,62	721	—	0,00000162		
10	15	"	"	"	"	"	80,02	788	9,6	77,60	638	6,2	0,00000158		
11	29	При р. Яхроме	65/4 + 20, 0,4 м	Торфянистый ил с дре- весн. остатк. . . . .	66,5	60	62,05	325	3,0	59,50	291	6,5	0,0000004		
12	28	"	65/4 + 20, 1,1 м	Осоков. с вахтой . . . . .	10,0	75	85,94	914	4,4	85,67	907	6,6	0,0000020		
13	4	Учинское № 2	Правый берег	Тростниково - травяни- сто-древесный . . . . .	22,5	82,5	81,10	728	3,8	80,30	690	3,8	0,00000374		
14	6	" № 1	Левый берег	Травянисто- тростнико- во-древесный . . . . .	10	60	86,80	1082	—	84,70	903	—	0,0000014		
15	30	" № 3	Попер. 3, пк 4	Хвоцево-тростниково- древесный . . . . .	16,3	78	80,99	718	8,5	79,95	672	10,1	0,0000014		
16	32	" № 3	Попер. 6, пк 3	Осоково-тростниково- древесный . . . . .	13,5	74	83,51	809	5,5	82,83	771	9,0	0,0000013		
17	31	" № 1	Попер. 6, пк 5	Тростниково-древесный	12,6	77	79,97	646	8,7	81,49	712	12,8	0,0000008		
18	3	" № 3	Пк 33	Травянисто-древесный	14,3	84,5	82,50	796	4,2	78,10	603	1,2	0,0000005		
19	40	Волжское № 4	3/700 влево 125 м, 0,8 м	Осоково-древесный . . . . .	23,8	95	82,67	836	5,7	—	—	—	0,0000017		
20	41	"	"	"	"	"	81,04	750	3,9	77,54	606	6,8	0,0000016		
21	39	"	3/700 + 5 вправо 25 м, 0,75 м	Тростниково-древесный	16,0	85	83,77	750	—	82,27	674	4,5	0,0000013		
22	38	"	4/0 влево 125 м	Осоково-древесный . . . . .	8,0	—	85,14	888	5,5	83,23	717	3,6	0,0000008		
23	37	Мельдинское	Монолит № 6	Осоково-пушицево- сфагновый . . . . .	5,1	70	—	—	—	—	—	—	0,0000013		

\*) В опытах №№ 25 и 24 направление фильтрации снизу вверх.



# О ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ ПУЦЦОЛАНИЗИРОВАННОГО НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ БЕТОНА

И. А. ЯКУБ

**К** БЕТОНУ гидротехнических сооружений, кроме требования определенной прочности, предъявляется обязательное требование водонепроницаемости.

Подбор состава бетона мог бы обеспечить получение плотного материала, но, в силу того, что часть воды затворения не участвует в химической реакции с цементом, а идет на придание массе подвижности, мы имеем наличие пустот в бетоне. Вот эти поры в бетоне и способствуют проникновению воды в бетон во время его работы в сооружении.

Обеспечение бетону свойств водонепроницаемости — это актуальнейший вопрос для строителей, это задача, над которой работает инженерно-техническая мысль и которая на сегодня не является разрешенной.

Центральная бетонная лаборатория, при проведении опытно-исследовательских работ, ставила целью получение наиболее водонепроницаемого бетона путем подбора состава, приготовления и метода укладки, а не нанесением штукатурок и заделкой поверхностей, как это часто практикуется и что, конечно, по сути дела является паллиативом.

Поставленные опыты имели целью выяснение явления следующих факторов на водонепроницаемость бетона:

- 1) влияние возраста бетона,
- 2) влияние пуццоланической добавки,
- 3) влияние величины водоцементного фактора,
- 4) влияние совместного действия воды и мороза,
- 5) влияние метода укладки.

## Приготовление бетона

Из бетона постоянного состава готовились образцы размером  $20 \times 20 \times 10$  см. Расход сложного вяжущего  $280 \text{ кг/м}^3$  (цемент + трепел) при  $\frac{W}{C} = 0,63$ . Гравий и песок — Таборовского карьера, цемент — Волжского завода, активность  $300 \text{ кг/см}^2$ . Физико-химические характеристики исходных материалов приводятся в таблице А.

Бетон изготовлялся без трепела и с содержанием трепела Тентиковского месторождения в 10, 20 и 30% от веса вяжущего.

Как известно, в портланд-цемент всех заводов вводится 10—15% гидравлических добавок без изменения названия продукта, так что фактическое содержание гидравлических добавок могло доходить до:

15—15%	
15+10=25%	Водоцементный фактор=0,63 взят как наиболее употребительный в производственных условиях.
15+20=35%	
15+30=45%	

Приготовление бетона машинное, трепел естественной влажности разбалтывался в дозировочной воде и поступал в бетономешалку. Бетонные образцы в течение трех

суток с момента изготовления выдерживались в формах, затем распалубливались и переносились в камеру нормального хранения, где и находились при  $t^{\circ} 14-18^{\circ}$  и при относительной влажности 90—95%. Бетон подвергался испытанию на водонепроницаемость в возрасте 5, 30, 60, 90, 120 и 150 дней.

## Методика испытания

Испытанию подвергались одновременно три образца. Испытание начиналось при давлении в  $0,5 \text{ атм}$ , которое держалось в течение одного часа; затем давление увеличивалось каждый раз на  $0,5 \text{ атм}$ , под каждым новым давлением образец находился в течение одного часа. Испытание заканчивалось при давлении в  $5 \text{ атм}$ . Это максимальное давление было определено следующим соображением: максимальное давление в условиях строительства канала не будет превышать  $20 \text{ м}$ ; вводя коэффициент запаса равный 2—2,5, получаем давление столба высотой в  $50 \text{ м}$  или  $5 \text{ атм}$ .

Таким образом, образец выдерживался под давлением в течение десяти часов. Наш метод далеко не безупречен, но он более жесткий, чем, например, метод испытания образцов на Метрострое. К сожалению, до сего времени как самая аппаратура, так и методика испытания материалов на водонепроницаемость не стандартизированы.

Отсутствуют общеустановленные размеры и форма образцов, не регламентированы также ступени давления при испытании и время выдерживания под давлением испытываемого образца. В общем, методов испытания существует еще очень много.

И совершенно необходимо поставить вопрос об установлении единого метода испытания на водонепроницаемость, так как при возведении гидротехнических сооружений это свойство бетона имеет решающее значение. Этот единый метод испытания содействовал бы обобщению всего опыта наших строек и лабораторий научно-исследовательских институтов.

Мы очень бедны литературой по этому вопросу, и, пожалуй, наибольшую ценность имеет труд Г. Меркле „Водонепроницаемость бетона“, выпущенный в 1935 г. и полученный нами при окончании нашей работы.

Переходя к анализу результатов испытания, необходимо отметить, что все испытанные образцы не пропустили воду сквозь толщу в  $10 \text{ см}$  при давлении в  $5 \text{ атм}$ . Водонепроницаемость образца определялась просачиванием воды через боковые грани.

На основании результатов испытаний примерно 350 образцов, приведенных в таблице 1, необходимо отметить следующее: водонепроницаемость бетона, как без трепела, так и с различными добавками трепела взамен цемента, с увеличением срока твердения возрастает.

Возраст в днях	Давление в атмосферах										Закл. в сур.	Примечание
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0		
5	0	+	+	+	+	-	-	-	-	-	Водопрониц. при 3,0 атм.	Среднее из 5-образцов
	10	+	+	+	+	-	-	-	-	-	Водопрониц. при 2,5 атм.	
	20	+	+	+	+	-	-	-	-	-	Водопрониц. при 3,0 атм.	
	30	+	+	+	+	-	-	-	-	-	Водопрониц. при 3,0 атм.	
30-35	0	+	+	+	+	-	-	-	-	-	Водопрониц. при 3,0 атм.	Среднее из 12-образцов
	10	+	+	+	+	-	-	-	-	-	Водопрониц. при 3,0 атм.	
	20	+	+	+	+	+	+	+	+	-	Водопрониц. при 4,5 атм.	
	30	+	+	+	+	-	-	-	-	-	Водопрониц. при 3,0 атм.	
60	0	+	+	+	+	+	-	-	-	-	Водопрониц. при 3,5 атм.	Среднее из 12-образцов
	10	+	+	+	+	+	+	+	+	-	Водопрониц. при 4,0 атм.	
	20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 5,0 атм.	
	30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 4,0 атм.	
90	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 5,0 атм.	Среднее из 6-образцов
	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 5,0 атм.	
	20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,5 атм.	
	30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 5,0 атм.	
120	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 5,0 атм.	Среднее из 6-образцов
	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 4,0 атм.	
	20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 5,0 атм.	
	30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 4,0 атм.	
150	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 5,0 атм.	Среднее из 5-образцов
	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 5,0 атм.	
	20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 5,0 атм.	
	30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 5,0 атм.	

Гранулометрический состав гравия

Остаток на сите 20 мм—1,0 %  
: : : 10 :—1,5 %  
: : : 5 :—0,5 %

по весу

Результаты испытания бетона на водонепроницаемость

Возраст в днях	До замораживания										Закл.	Примечание
	Давление в атмосферах					Давление в атмосферах						
3 дня	0	+	+	+	-	-	-	-	-	-	Водопрониц. при 3,0 атм.	М
	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,0 атм.	
	20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,0 атм.	
	30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,0 атм.	
5 дней	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,0 атм.	М
	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,0 атм.	
	20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,0 атм.	
	30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,0 атм.	

Примечание: М — бетон, подвергавшийся совместному действию воды и мороза.

Таблица .А.

I. Физико-химическая характеристика цемента Вольского завода

Активность цемента	Химический анализ цемента
R=289 кг/см² R=304 "	Влажность— 0,51 % SiO <sub>2</sub> — 24,5 % (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )— 9,24 % CaO— 61,9 % MgO— 0,61 % SO <sub>3</sub> — 1,03 % Потеря при прокаливании— 1,59

От высушивания при 110° вещества

Примечания: 1. По активности цемента отнесены к группе ОО сверх-стандартного качества.  
2. По химическому составу цемента отнесены к группе нормальных портланд-цементов.

II. Физико-химическая характеристика трепела Тентиковского карьера

Колич. активной SiO <sub>2</sub> в трепеле	Химический анализ
10,9 11,3 10,5	Влажность— 18,4 % SiO <sub>2</sub> — 80,2 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> — 9,69 % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> — 5,87 % CaO— 0,95 % MnO— следы SO <sub>3</sub> — 0,39 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> — 0,085 % CO <sub>2</sub> — 0,49 % Потеря при прокаливании— 19,29 % Орган. веществ— 0,34 % MgO— 47 %

Активность данных партий трепела была признана достаточной. Химическая характеристика трепелов данных партий является характерной для Тентиковского карьера.

Так, например, бетон с содержанием 20% трепела в возрасте пяти дней не пропускает воду при давлении столба воды высотой в 25 м; в возрасте 30 дней он не пропускает воды при давлении водяного столба в 40 м, и это давление находится в пределах 40—45 м при увеличении возраста до 60—90 дней.

Результаты испытания бетона на водонепроницаемость

Возраст в днях	До замораживания										Закл.	Примечание
	Давление в атмосферах					Давление в атмосферах						
5 дней	0	+	+	+	-	-	-	-	-	-	Водопрониц. при 3,0 атм.	М
	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,0 атм.	
	20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,0 атм.	
	30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,0 атм.	
30	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,0 атм.	М
	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,0 атм.	
	20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,0 атм.	
	30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,0 атм.	

Примечание: М — бетон, подвергавшийся совместному действию воды и мороза.

**Таблица № 4** Расход вяжущего / цемент + трепел / 280 кг/м<sup>3</sup>  
Активность цемента 306 кг/см<sup>2</sup>

До замораживания		Непосредственно после 25-кратного замораживания и оттаивания					Через 28 дней нормального хранения после 25-кратного замораживания и оттаивания															
Давление в атмосферах	Закладка	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	
0	Вероятно при 3,5 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10	Вероятно при 2,5 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20	Вероятно при 3,0 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
30	Вероятно при 3,5 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10	Вероятно при 3,0 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20	Вероятно при 3,5 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Бетон замороз. в возрасте 30 дней

**Таблица № 5** Расход вяжущего / цемент + трепел / 280 кг/м<sup>3</sup>  
Активность цемента 306 кг/см<sup>2</sup>

До замораживания		Непосредственно после 25-кратного замораживания и оттаивания					Через 28 дней нормального хранения после 25-кратного замораживания и оттаивания															
Давление в атмосферах	Закладка	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	
0	Вероятно при 3,5 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10	Вероятно при 4,0 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20	Вероятно при 3,5 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
30	Вероятно при 2,5 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10	Вероятно при 4,0 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20	Вероятно при 5,0 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
30	равны	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание: М-бетон подвергался совместному действию воды и мороза

Водонепроницаемость бетона повышается с введением в него добавки трепела, причем это тем ошутительнее, чем больше величина добавки. При сравнении бетона без трепела и бетона с трепелом в одинаковом возрасте, мы почти во всех случаях наблюдаем преимущество бетонов с добавкой.

Некоторое понижение водонепроницаемости бетона с добавкой трепела 30% объясняется тем, что при данном водоцементном факторе эта смесь неудобно укладывается.

Для определения влияния совместного действия воды и мороза на водонепроницаемость бетона в различном возрасте и с различным содержанием трепела, образцы подвергались 25-кратному попеременному замораживанию и оттаиванию.

Бетон подвергался совместному действию воды и мороза в возрасте 3, 5, 7, 28, 69 и 90 дней, предварительно насыщенный водой.

Возраст бетона (в днях)	Число суток насыщ. водой
3	—
4 и 7	2
28, 60 и 90	5

Испытание заключалось в чередовании замораживания в течение 11 часов при температуре, равной в среднем -16°C, и оттаиванием в течение 11 часов в воде температуры 10-15°.

Одновременно с образцами, подвергавшимися 25-кратному замораживанию и оттаиванию, испытывались близнецы, находившиеся до срока испытания в условиях нормального хранения.

Результаты испытаний даны в таблицах 2-7. Таким образом, мы видим, что бетон с 20% трепела не дает отрицательных результатов в отношении водонепроницаемости по окончании действия на него мороза. Здесь необходимо отметить, что бетон в период 25-кратного замораживания и оттаивания находится половину времени в воде и поступает на испытание насыщенным. А Густав Меркле указывает на то, что Майер считает, что при пропитывании образца водой происходит набухание цементного клея, вследствие чего увеличивается водонепроницаемость бетона, а далее он сам обращает внимание на „разбухание бетона вследствие сильного намокания“ (Густав Меркле: Водонепроницаемость бетона, 1935, стр. 27-29).

Во всяком случае надо отметить, что если по окончании действия мороза бетону предоставить возможность твердеть при нормальных условиях в течение 28 дней, то в отношении свойств водонепроницаемости по сравнению с бетоном, с момента приготовления находившимся в нормальных условиях, по данным испытания они одинаковы.

Так что при указанном составе бетона, укладке и методе испытания получен практически водонепроницаемый бетон с содержанием трепела 20% после действия на него воды и мороза, даже при ручной укладке.

Здесь же необходимо отметить, что бетон без добавок трепела и с различным процентом содержания трепела, подверженный повторному 25-кратному замораживанию в возрасте 28 дней + 25-кратное замораживание и оттаивание + 28 дней нормального хранения, по данным таблицы, не меняет своих свойств водонепроницаемости.

Влияние величины  $\frac{W}{C}$

Следующим важным моментом в проведенной работе являлось установление влияния водоцементного фактора на водонепроницаемость бетона с раз-

Влияние метода укладки бетона на водонепроницаемость.

**Таблица № 6**  
 Расход вяжущего / цемент + трепел / 280 кг/м³  
 Активность цемента 300 кг/см²

Возраст бетона в днях	До замораживания										Непосредственно после 25 кратного замораживания и оттаивания										Через 28 дней нормального хранения или 25 кратного замораживания и оттаивания									
	Давление в атмосферах					Запись	Давление в атмосферах					Запись	Давление в атмосферах					Запись	Давление в атмосферах					Запись						
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5							
0	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	
10	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	
20	Не испыт.					М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	
30	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	

Примечание: М-бетон подвергавший совместному действию воды и мороза.

личным процентом содержания трепела. В условиях гидротехнических сооружений необходимо было выявить влияние увеличения количества воды (в определенных пределах) в бетоне на его водонепроницаемость, т. е. необходимо было установить предельный водоцементный фактор, позволяющий бетону сохранить водонепроницаемость при совместном действии на него воды и мороза. В работе был употреблен бетон с двумя водоцементными факторами 0,63 и 0,7 от веса сложного вяжущего. Причины выбора водоцементного фактора, равного 0,63, уже приводились выше.

Водоцементный фактор, равный 0,7, был выбран, как максимальный, с целью определения возможности увеличения количества воды в бетоне, не в ущерб его свойству водонепроницаемости. Этот водоцементный фактор также обеспечивал при ручной укладке большую удобообработываемость смеси при введении трепела.

Сопоставляя результаты испытаний, приведенные в таблицах 8 и 9, наблюдаем следующее:

Водонепроницаемость бетона с водоцементным фактором 0,70 при содержании трепела в 10 и 20%, подвергавшегося совместному действию воды и мороза, несколько снижается по сравнению с бетоном при водоцементном факторе, равным 0,63. Естественно, что увеличение водоцементного фактора вызывает увеличение количества воды в бетоне, изменяет плотность бетона, увеличивает объем пор, тем самым способствуя возможности проникания воды в бетон. Это подтверждается и опытами Густава Меркле.

При обеспечении бетону нормальных условий твердения (в отношении температуры и влажности окружающей среды), свойства его улучшаются и в отношении водонепроницаемости.

Влияние метода укладки бетона на его морозостойкость и водонепроницаемость

Так как, кроме подбора состава, на его плотность влияет качество укладки, и учитывая все преимущества вибрированного бетона, ЦБЛ МВС был поставлен вопрос о влиянии метода укладки на водонепроницаемость бетона. Бетон приготовлялся постоянного состава. Водоцементный фактор при ручной укладке равнялся 0,63, при укладке вибратором — 0,59. Обра-

зец при приготовлении вибрировали в течение 30 секунд поверхностным вибратором. Боковые грани образцов, уложенных вибратором, покрывались тонким гидроизолирующим слоем следующего состава: цемента 1 часть, песка 3 части, жидкого стекла 35° Вё к цементу 1:1 (по весу).

При анализе результатов испытаний, приведенных в таблицах 4, 5 и 7 (верхняя половина таблицы — укладка ручная, нижняя — укладка вибратором), мы наблюдаем следующее:

Влияние метода укладки сказывается при испытании бетона на водонепроницаемость особенно резко в ранние сроки твердения. Например, семидневные образцы без добавки трепела, уложенные вручную, водонепроницаемы при 2,5 атм, в то время, как тот же бетон, уложенный вибратором, водонепроницаем лишь при 3,5 атм. Бетон, уложенный вручную с добавкой 10% трепела, водонепроницаем при 2,5 атм, тогда как тот же бетон, уложенный вибратором, водонепроницаем лишь при 9 атм. В том же направлении влияет метод укладки и на бетон с 20% трепела. Бетон без добавок и с добавками трепела в 30-дневном возрасте при укладке его вибратором также имеет преимущество.

Необходимо также отметить, что бетон, уложенный вибратором, имеет преимущество перед бетоном, уложенным вручную, и после испытания его по окончании совместного действия воды и мороза. То же самое наблюдается и в случае помещения замороженного бетона на 28 дней в условия нормального твердения.

Как уже указывалось, совместное действие воды и

Бетон замороз в возрасте 90 дней

**Таблица № 7**  
 Расход вяжущего / цемент + трепел / 280 кг/м³  
 Активность цемента 306 кг/см²

Возраст бетона в днях	До замораживания										Непосредственно после 25 кратного замораживания и оттаивания										Через 28 дней нормального хранения или 25 кратного замораживания и оттаивания									
	Давление в атмосферах					Запись	Давление в атмосферах					Запись	Давление в атмосферах					Запись	Давление в атмосферах					Запись						
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5							
0	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	
10	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	
20	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	
30	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	
0	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	
10	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	
20	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	
30	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	М	+	+	+	+	+	

Примечание: М-бетон подвергавший совместному действию воды и мороза

Возраст бетона в днях	Непосредственно после 25 крат. замораживания											После 25 крат. замораж. и оттаив. и 28 дн. норм. хранения											
	Давление в атмосферах										Закончение	Давление в атмосферах										Закончение	
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0		
28 дн 0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,5 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 5,0 атм.
28 дн 10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 5,0 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 5,0 атм.
28 дн 20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 5,0 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 5,0 атм.
28 дн 30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,5 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,5 атм.

Примечание. М - бетон, подвергавшийся совместному действию воды и мороза

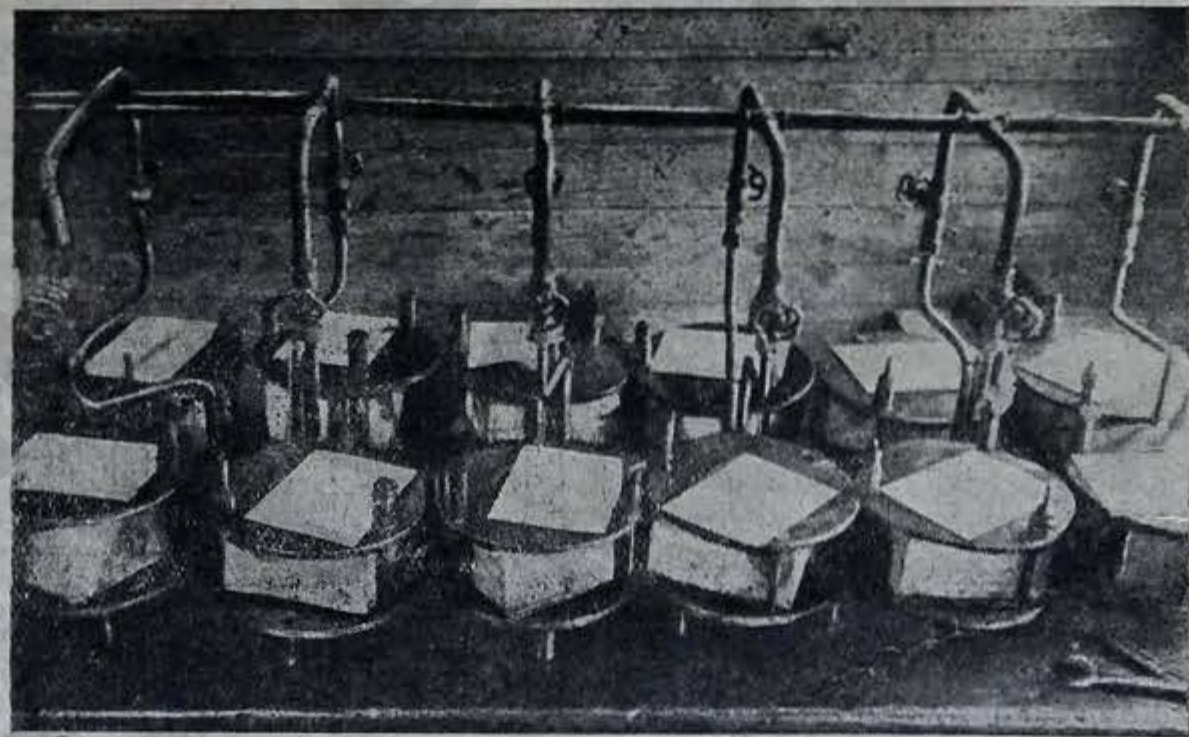
Возраст бетона в днях	Непосредственно после 25 крат. замораживания											После 25 крат. замораж. и оттаив. и 28 дн. норм. хранения											
	Давление в атмосферах										Закончение	Давление в атмосферах										Закончение	
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0		
28 дн 0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 4,5 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 2,0 атм.
28 дн 10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 4,5 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,0 атм.
28 дн 20	Не испытаны											Водопрониц. при 3,5 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 5,0 атм.
28 дн 30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,5 атм.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Водопрониц. при 3,5 атм.

Примечание. М - бетон, подвергавшийся совместному действию воды и мороза

мороза не дает повышенной водонепроницаемости бетона. С увеличением возраста бетона растет и его водонепроницаемость.

В большие сроки твердения сглаживается разница между водонепроницаемостью вибрированного бетона по от-

ношению к бетону ручной укладки. В 90-дневном возрасте уже не наблюдается резкой разницы в отношении водонепроницаемости. Однако все же необходимо отметить некоторое преимущество вибрированного бетона.



Прибор для испытания бетона на водонепроницаемость

# ЗАБИВКА НАКЛОННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ СВАЙ В КОТЛОВАНЕ ПЛОТИНЫ № 39

Инж. Б. А. АМЕНИЦКИЙ

**В** ПЕРИОД февраль—март 1935 г. на постройке Карамышевской плотины № 39 на р. Москве производились работы по забивке наклонных деревянных свай в основаниях упорных частей флютбетов первого и второго пролетов, быка № 1, устоя левого берега и гидроэлектрической станции, а с июля по сентябрь того же года—в основаниях быков №№ 2, 3, 4 и устоя правого берега (фиг. 1\*).

Всего было забито 737 шт. наклонных свай, распределенных согласно проекта следующим образом:

В упорной части гидроэлектрической станции . . . . .	149 шт.
• устоя левого берега . . . . .	56
• флютбета № 1 . . . . .	52
• флютбета № 2 . . . . .	8
• быка № 1 . . . . .	84
В основании быка № 2 . . . . .	90
• № 3 . . . . .	105
• № 4 . . . . .	105
• устоя правого берега . . . . .	88

Помимо того, что работы по забивке наклонных свай применялись на строительстве канала Москва-Волга в указанный период впервые и производились техническим персоналом, не имевшим в своей прежней практике опыта по забивке наклонных свай, особенностью описываемых работ следует считать то обстоятельство, что забивку свай приходилось вести с высоких от 6 до 9 м подмостей и в непосредственной близости от уложенных уже бетонных массивов.

Необходимость такого способа производства работ была обусловлена для упорных частей флютбета № 1, быка № 1, устоя левого берега и гидроэлектрической станции тем, что проект свайного основания, в силу необходимости дополнительной проработки, мог быть передан на производство после того, как уже были уложены основные бетонные массивы работ первой очереди, а для второй очереди, включающей в себя свайные основания быков №№ 2, 3, 4 и устоя правого берега—в виду необходимости вести одновременно в различных точках котлована и земляные и бетонные и свайные работы.

В данном случае очередность распределения работ была произведена таким образом, что между бетонированием отдельных блоков флютбета и забивкой расположенных вблизи от них свай имелся промежуток времени не менее двенадцати суток, обеспечивающий приобретение бетоном достаточной прочности, гарантирующей его от повреждений при сотрясениях, вызываемых ударами баб.

В принятии решения производить забивку свай в основаниях быков №№ 2, 3 и 4 с высоких подмостей в котловане, ограниченном с двух, а в некоторых случаях и с трех сторон бетонными массивами, имело значение и накопление в предыдущий период, февраль—март, соответствующего опыта.

Указанным способом с высоких подмостей были забиты сваи в основаниях быков №№ 2, 3 и 4. Сваи в основании устоя правого берега были забиты с помощью копров, установленных на дне котлована, так как в этом месте и фронт работ, и последовательность бетонирования соседних

\* В виду незначительного размера упорной части флютбета № 2 последняя на чертеже не показана.

блоков позволяли вести свайные работы без применения высоких подмостей.

Помимо наклонных свай одновременно в перечисленные выше основания забивались и вертикальные сваи, ряды которых чередовались в определенной последовательности с рядами наклонных свай.

На фиг. 2 показано расположение свай в основаниях быка № 4 и упорной части гидроэлектрической станции.

В виду аналогичности расположения свай в основаниях быков № 2 и № 3 и упоров за флютбетом № 1, быка № 1 и устоя правого берега—последние на чертеже не показаны.

Всего было забито одновременно с наклонными 1288 вертикальных свай:

в основание упорной части гидроэлектрической станции . . . . .	244 шт.
• устоя левого берега . . . . .	66
• флютбета № 1 . . . . .	39
• флютбета № 2 . . . . .	6
• быка № 1 . . . . .	167
• быка № 2 . . . . .	141
• быка № 3 . . . . .	170
• быка № 4 . . . . .	170
• устоя правого берега . . . . .	385

В это количество не входят вертикальные сваи, забитые в основаниях подпорных стенок левого берега, устоя левого берега и быка № 1. Всего в основаниях бетонных массивов плотины было забито 2043 шт. вертикальных свай, и в рисберме, включая частотный ряд и сваи плота,—1763 шт.

Забивка свай как наклонных, так и вертикальных производилась четырьмя копрами с бабами Арциша и шестью копрами с чугунным бабами, поднимаемыми

помощью электролебедок. Вес каждой из баб Арциша равнялся 1506 кг, веса чугунных баб были—у двух по 1197 кг, по 1000 кг, и 805 кг и по 650 кг. Временами работали одновременно все десять копров.

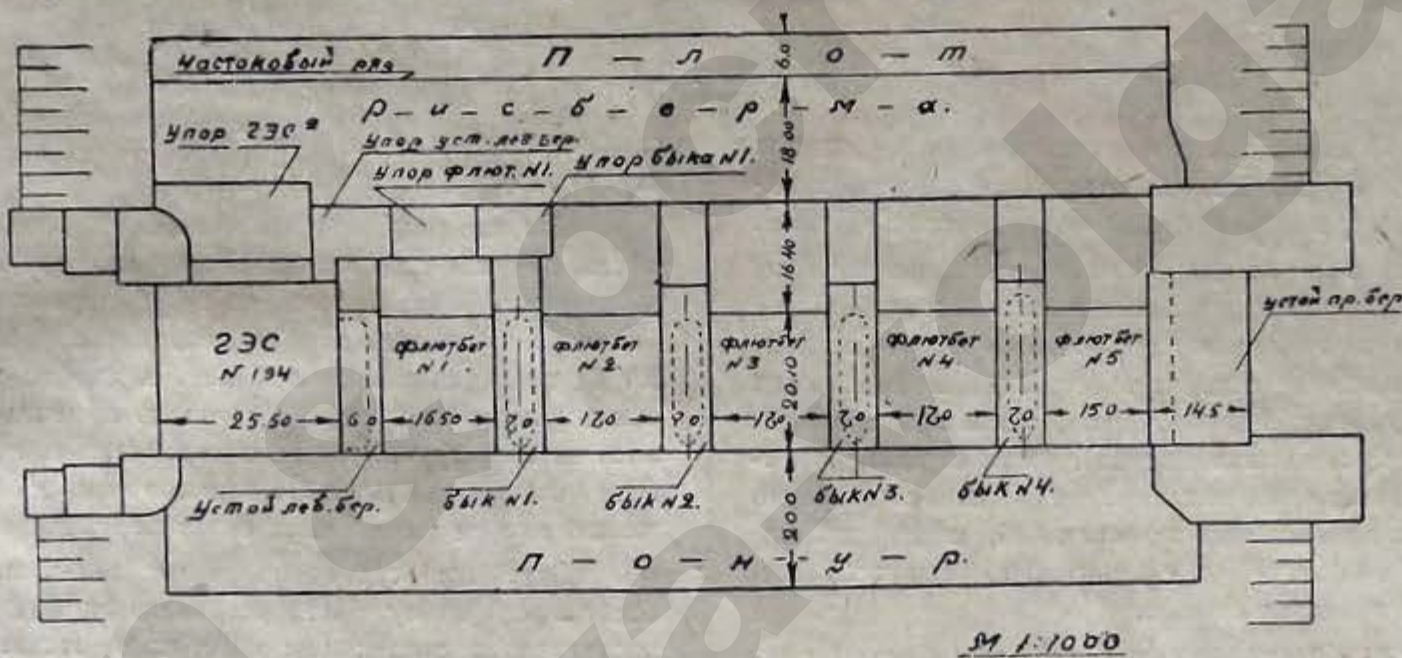
Для возможности забивки свай с высоких подмостей копры были оборудованы специальными съемными удлиненными стрелами, скрепляемыми помощью болтов с основной частью копра и окованными по всей длине стрел или полосовым железом, или уголками, предохраняющими поверхность стрел от истирания их бабами.

При передвижках копров в тех случаях, когда расстояние между концами забитых свай, возвышающихся до 2,5 м над поверхностью дна котлована, не позволяло поставить копер на новое место, удлиненные части стрел, благодаря болтовому соединению, быстро и легко снимались с копра, переносились отдельно и затем так же быстро прикреплялись к передвинутому по подмостям копру.

В среднем время, потребное на снятие удлиненных стрел и обратную их установку, не превышало 6—7 часов при двух рабочих.

На фиг. 3 показана конструкция наклонного копра со съемными удлиненными стрелами.

Следует отметить, что положение болтового соединения съемных стрел по высоте копров осуществлялось двояко. В некоторых случаях болтовое соединение находилось ниже рамы копра, как это показано на фиг. 3. В других случаях болтовое соединение устраивалось выше рамы копра, что видно на приводимом фото, где на первом плане расположен на-



Фиг. 1

клонный копер с прикрепленными удлиненными стрелами и следующий за ним копер со снятыми при передвижке удлиненными стрелами (фиг. 4).

Опыт работы показал, что выгоднее устраивать болтовое соединение стрел выше рамы копра, так как в этом случае получается более жесткое сопряжение стрел, а сами стрелы меньше подвергаются вибрации и дают меньший процент поломок по сравнению со стрелами, имеющими болтовое соединение ниже рамы копра.

Помимо этого выступающие ниже рамы концы иногда создают затруднения при передвижке копров, а получаемые при скольжении бабы по стрелам вибрации во многих случаях влекут за собой в начале забивки свай изменение заданного проектом угла наклона свай.

При достаточно большой длине съемных стрел наклонного копра они неминуемо должны прогибаться вниз, что нарушает их прямолинейность, придавая выпуклую форму поверхности, по которой скользит баба.

Практически при работе с паровыми бабами, имеющими подъем 1—1,2 м. и с бабами весом 650—800 кг, поднимаемыми электролебедками на высоту до 5 м, несколько выпуклая поверхность стрел к особым осложнениям не приводит, но все же следует избегать даже небольших отклонений поверхности от прямолинейного очертания, т. к. при скольжении по стреле баба, проходя место стыка съемной части стрелы, вызывает сотрясения копра, влекущие его преждевременный износ. Особенно нежелательны эти сотрясения при наличии тяжелых баб, поднимать которые приходится на высоту 4—5 м, и при сравнительно резких изменениях прямолинейности стрел в местах стыков.

Помимо этого, даже если болтовое соединение стрел, будучи тщательно выполнено, обеспечивает их прямолинейность, все же при ударе бабы о сваю, в тех случаях, когда сваи уже достаточно глубоко погрузились в грунт, и баба начинает от нее при ударах отскакивать, нижний конец стрелы начинает сильно вибрировать в стороны, что при тяжелых бабах может повлечь поломку стрелы.

Для придания удлиненным стрелам прямолинейности и жесткости в процессе работы применялась специальная подпорка, имеющая в плане форму трапеции. Эта подпорка (фиг. 3), длиной до 2 м, одним концом прикреплялась скобами к стрелам копра, а другим упиралась в лежень, удерживаемый в свою очередь небольшими забитыми сзади него ручной бабой свайками.

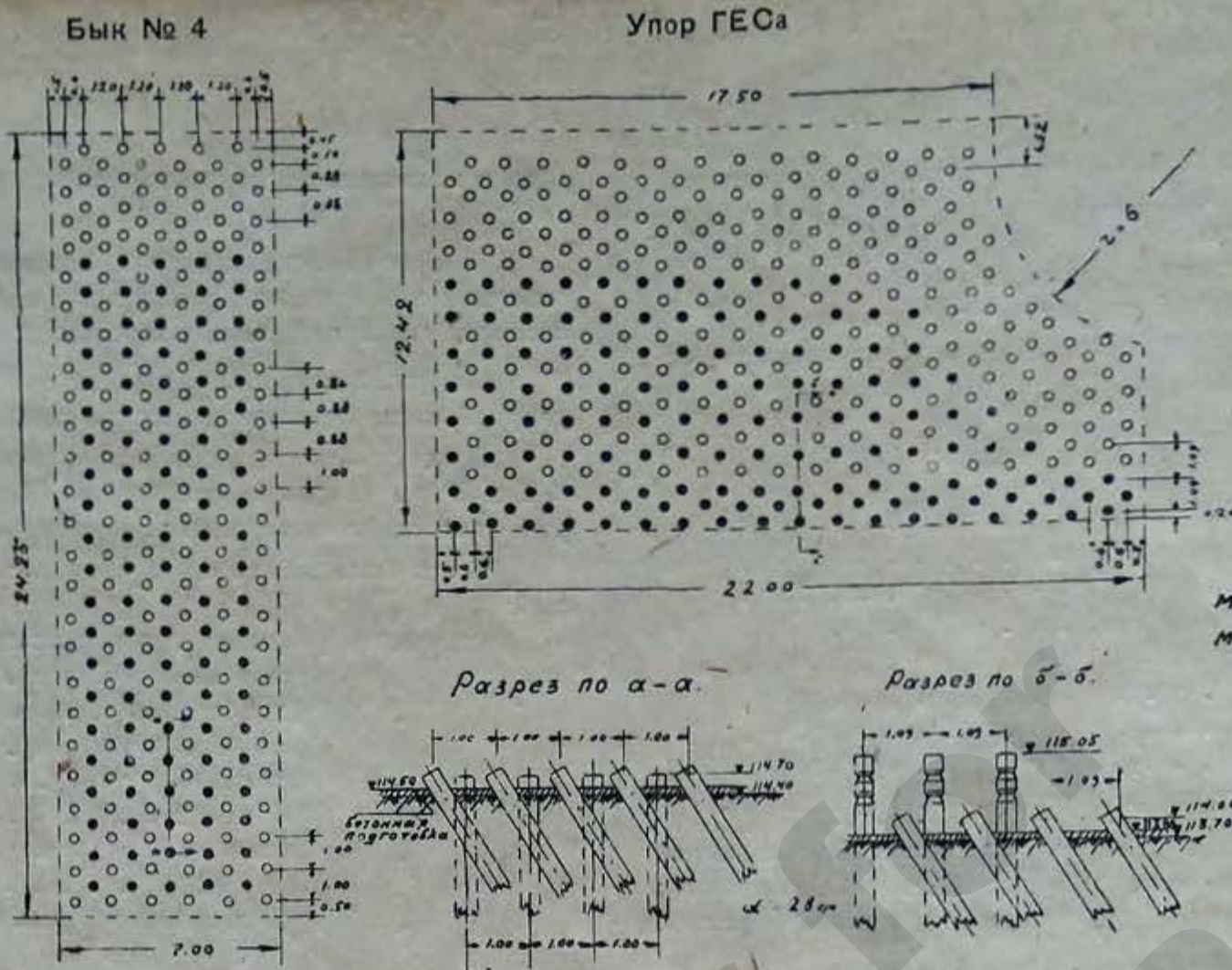
При перестановках копра на новое место каждый раз переставлялась и подпорка, с соответствующей пригонкой ее с помощью деревянных клиньев, применительно к данному месту.

В некоторых случаях представлялось возможным опирать нижний конец подпорки не в лежень, а непосредственно в забитые основные сваи или в какие-либо другие неподвижные предметы, например в стойки подмостей для копров.

При забивке наклонных свай в котловане первой очереди пришлось проделать большую работу по устройству высоких подмостей для копров.

Подмости были осуществлены на стойках, ряды которых располагались в промежутках между будущими рядами свай.

Поскольку забивка наклонных свай с высоких подмостей практически возможна лишь при движении копров, после каждого забитого ряда назад, подмости были построены сразу над всей площадью будущего свайного основания. После забивки первого ряда свай, один ряд стоек подмостей был снят, подмости частично разобраны, а копры передвинуты назад для забивки следующего ряда наклонных свай. Таким



Фиг. 2

образом, к моменту забивки последнего ряда свай, подмости были разобраны над всей площадью, занятой забитыми наклонными сваями.

Необходимо отметить, что в данном случае насадка подмостей (фиг. 3) должна быть направлена перпендикулярно движению копра, забивающего один ряд свай. Это важно потому, что передвижка копров назад происходила на расстоянии 1—1,09 м, в то время как расстояние между стойками подмостей возможно доводить до 2 м. Следовательно, при разборке подмостей насадка должна перерезаться примерно на середине пролета между стойками, что вызывает необходимость подпирающего выступающего на 1—1,5 м конца насадки дополнительными стойками, не разбирая настила, уложенного на насадки.

В противном случае пришлось бы, вместо про-

стой постановки дополнительных стоек, устраивать более сложную систему дополнительных подмостей.

Для забивки вертикальных свай были сооружены отдельные подмости. Так как забивка вертикальных свай началась тотчас же как был забит первый ряд наклонных свай, вертикальные копры по мере забивки каждого ряда свай передвигались вперед, вслед за отступавшими от них наклонными копрами. В данном случае это было практически осуществимо, так как согласно проекта все наклонные сваи забивались на большую глубину, и верхние концы уже забитых, наклонных свай, возвышаясь незначительно над поверхностью земли, не мешали продвижению вперед удлиненных стрел вертикальных копров.

В тех же случаях, когда при движении вперед после каждого забитого ряда на пути вертикального копра встречались выступающие достаточно высоко концы забитых до отказа наклонных свай, эти сваи спиливались, причем каждый раз необходимость спиливания конца сваи активировалась, а спиленный конец сваи нумеровался и сохранялся до окончательной приемки свайного основания. Следует отметить большое неудобство в работе и сложность при постройке подмостей для вертикальных копров,двигающихся вперед. Более рациональным было бы производить работу, продвигая копры после каждого забитого ряда назад, тем более, что согласно проекта верхние концы вертикальных свай должны возвышаться на 1,25 м над дном котлована.

При забивке свай в основаниях быков №№ 2, 3, 4 затруднений с подмостями уже не было, так как опорами для подмостей служили бетонные массивы соседних флютбетов, и перемещать приходилось лишь среднюю опору подмостей. В остальном работа производилась аналогично с работой в котловане первой очереди.

Забивка наклонных и вертикальных свай в основание устоя правого берега производилась, как было указано выше, нормальным порядком без применения высоких подмостей. В этом случае были построены копры обыкновенной конструкции с наклонными стрелами высотой 12 м. Проектом были установлены следующие размеры свай:

НАИМЕНОВАНИЕ ЧАСТИ СООРУЖЕНИЙ	Наклонные		Вертикальные	
	d в с.м.	l в с.м.	d в с.м.	l в с.м.
В упорной части гидроэлектрической станции	28	6,5	28	8,0
В упорной части устоя левого берега	28	6,5	28	8,0
"    "    флютбета № 1	28	6,5	28	8,0
"    "    флютбета № 2	28	6,5	28	8,0
"    "    быка № 1	28	6,5	28	8,0
В основание быка № 2	28	6,5	28	6,5
"    "    № 3	28	6,5	28	6,5
"    "    № 4	28	6,5	28	6,5
"    "    устоя правого берега	28	6,5	28	6,5

Практически по наличию лесных материалов употреблялись бревна длиной от 7,5 до 7 м и диаметром от 25 до 28 см для наклонных свай и длиной от 8,0 до 8,6 м и диаметром от 28 до 37 см для вертикальных.

Во всех случаях бойка свай производился до отказа, определенного для проектного размера свай и для веса бабы каждого копра.

Отказы для свай определялись Техническим отделом Строительства по формуле проф. Герсеванова

$$R = -\frac{nF}{2} + \sqrt{\left(\frac{nF}{2}\right)^2 + \frac{H}{e} \cdot nFQ \frac{Q+0,2q}{Q+q}}$$

(в кг и см), где

- R — сопротивление свай в кг (с двукратным запасом прочности)
- F — площадь свай в см<sup>2</sup>
- e — отказ свай от одного удара
- Q — вес бабы в кг
- q — вес свай в кг
- H — высота подъема бабы в см
- n — коэффициент, зависящий от рода свай, для деревянных свай и принималось равным 10 кг/см<sup>2</sup>.

Для наклонных свай при определении отказа вводилась поправка на угол наклона копра (фиг. 5), в нашем случае равный всюду 30°.



Фиг. 5

$$M = Q \cos i$$

$$N = Q \sin i$$

Сила трения  $T = N i$ ,  
где коэффициент трения железа по железу  $i = 0,15$ .

Вес бабы с поправкой на угол наклона копра  $V = M N i$ .

Поскольку отказы задавались только для проектных размеров свай, естественно, что забивка свай большего диаметра, чем по проекту, требовала большей затраты времени, т. к. число ударов в одну сваю, для получения проектного отказа, значительно увеличилось.

В таких случаях было бы целесообразным задавать отказы для каждого размера свай, или же производить забивку свай на большем расстоянии друг от друга, чем это предполагалось по проекту.

Последнее на постройке плотины № 39 частично осуществлялось после соответствующих пересчетов Технического отдела.

Следует особо подчеркнуть, что при забивке свай в юрские суглинки, и особенно тогда, когда появлялась вибрация удлиненных стрел, а следовательно и забиваемой сваи, трудно было получить необходимый отказ, т. к. свая, погружаясь в грунт почти на всю свою длину, все же давала повышенные против проектного отказы.

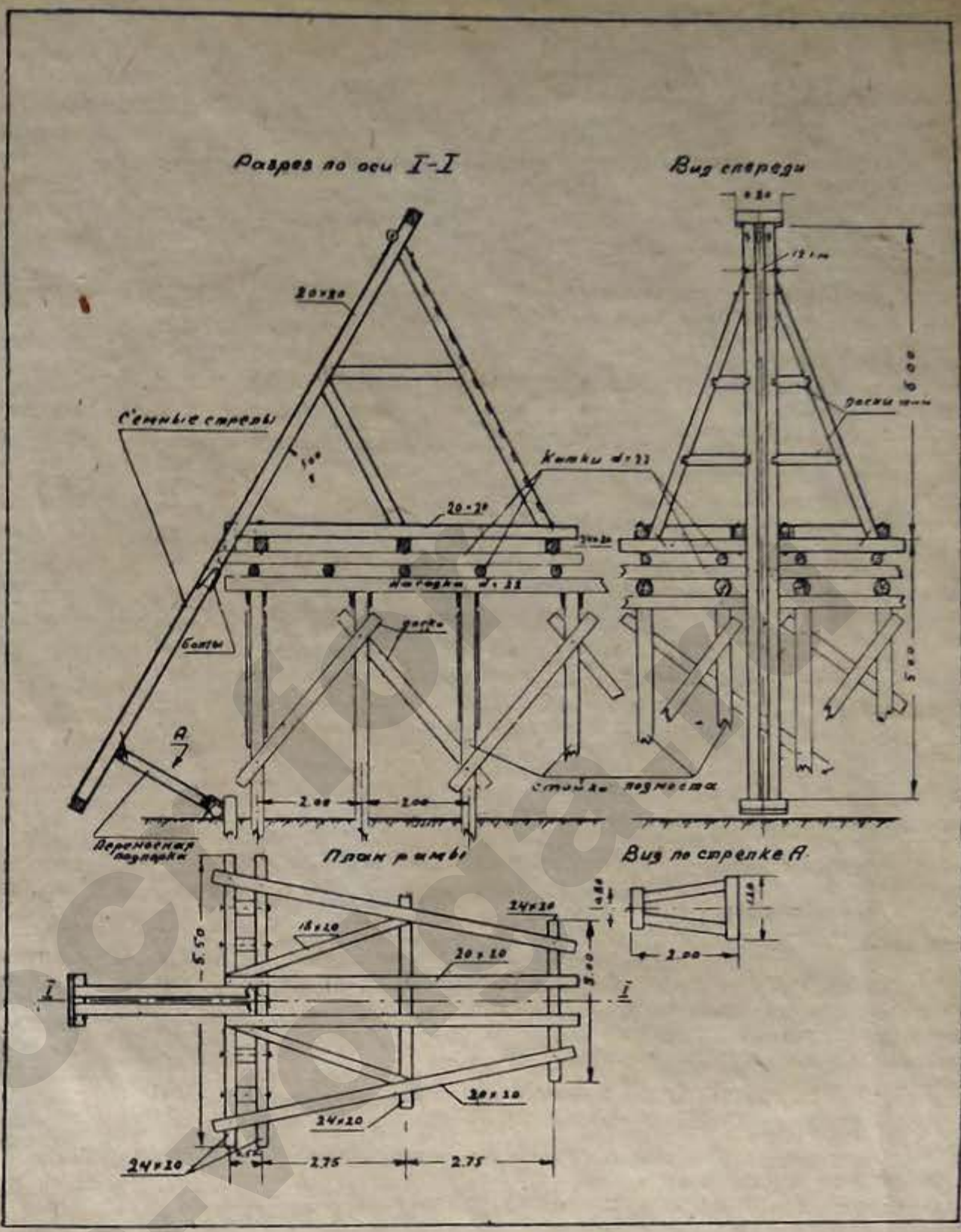
Опыт показал, что в этих случаях необходимо давать свае отдых. После перерыва в течение двух-трех суток, дополнительная контрольная забивка свай показала величину отказов значительно меньшую, чем это требовалось по проекту.

С учетом глубины забивки свай, их длины, конструкции копров и других обстоятельств, влияющих на производительность работы, были определены следующие фактические нормы забивки свай для наклонных и вертикальных копров:

УСЛОВИЯ ЗАБИВКИ СВАЙ	Длина свай в м	Число свай, забиваемых одним копром в десяти-часовую смену
Вертикальные сваи с высокими подмостей в упорных частях ГЭС и быка № 1	8,0	2—2,5
Там же наклонные сваи	7,5	2,7—5
Вертикальные сваи с высокими подмостей в основаниях быков №№ 2, 3, 4	6,5	4—6
Там же наклонные сваи	6,5	4—6
Вертикальные сваи в основании правого устоя	6,5	4—7
Там же наклонные	6,5	4—7

Следует отметить, что при забивке свай в юрские суглинки, из которых сложено основание плотины № 39, происходило вспучивание суглинков, причем высота поднятия грунта между сваями, от первоначального положения, колебалась между 9,75 м и 1,5 м в зависимости от частоты расположения свай в плане.

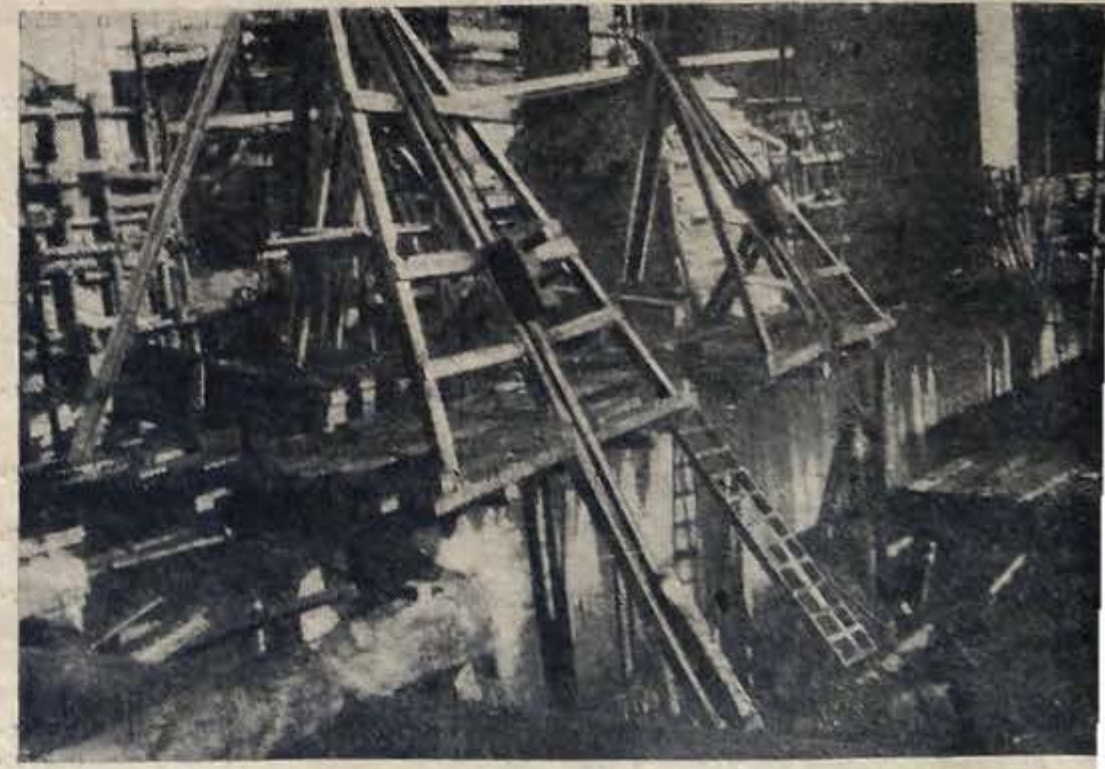
Во избежание неправильных отсчетов при определении фактической глубины погружения свай и заданного отказа, необходимо перед установкой свай выбирать вспученный соседней свайей грунт до проек-



Фиг. 3

ной отметки основания. Необходимо указать, что отношение объема вспученного грунта к объему погруженных в грунт свай выражалось по приблизительным подсчетам величиной 0,55—0,60.

Стоимость забивки наклонных свай мало отличается от стоимости забивки вертикальных свай. По приближенным данным стоимость забивки одной вертикальной сваи с высокими подмостей составила около 57 р. 45 коп., а стоимость забивки одной наклонной сваи также с высокими подмостей—около 60 р. 25 коп.



Фиг. 4



Проф. Я. Т. Ненько — Фильтрация воды через земляные перемычки и плотины на непроницаемом основании.  
 Ноти Украины. Харьков 1936 г., стр. 82, ц. 2 р.

В ведении к своей книге проф. Я. Т. Ненько перечислил три задачи, которые он ставил перед собой для разрешения, т. е.:

1. задачу фильтрации воды через простейшую перемычку с вертикальными бортами при отсутствии подпора со стороны нижнего бьефа;

2. доказательство положения, что установление кривой депрессии в теле плотины производится в зависимости от физической характеристики материала (коэффициента фильтрации и коэффициента порозности), и

3. доказательство принципиальной недопустимости резкого расхождения гидравлики грунтового потока с гидравликой открытого потока.

Так как поставленные задачи настолько интересны и принципиально важны для теории фильтрации через земляные плотины, то мы с большим интересом и вниманием прочитали книгу, стремясь найти в ней хотя бы даже небольшую часть решения поставленных проблем. Иначе к этому мы и не могли бы отнестись, так как, например, доказательство положения о зависимости формы кривой депрессии от коэффициента фильтрации совершенно изменило бы существующую до сего времени теорию движения грунтовых вод через земляные плотины.

Но при всем своем желании найти обещанные проф. Я. Т. Ненько решения, которые действительно правильно отвечали бы на поставленные вопросы, мы обнаружить их не смогли. Наоборот, как будет показано ниже, мы считаем, что приведенные проф. Я. Т. Ненько решения в одних случаях просто ошибочны и неверны, а в других представляют собою только усложненные и загроможденные формулами решения уже давно решенных задач.

Сделав это общее замечание к книге проф. Я. Т. Ненько, перейдем теперь к анализу и критике отдельных положений проф. Я. Т. Ненько для доказательства правильности нашего утверждения.

1. Проф. Я. Т. Ненько при рассмотрении фильтрации через земляные плотины предлагает применять уравнение Бернулли, определяя величину гидравлических потерь по закону Дарси ( $if = \frac{q}{k_y}$ ). К сожалению, проф. Я. Т. Ненько упускает из виду, что закон Дарси имеет определенные границы своего применения. Так, например, академик Н. Н. Павловский еще в своем капитальном труде «Теория движения грунтовых вод под гидротехническими сооружениями» на стр. 69 приводит формулу для критической скорости фильтрации, определяющей пределы применимости закона Дарси:

$$v_{кр} = 0,002 (0,75 m + 0,23) \frac{R}{d} \text{ см/сек} \quad \text{где:}$$

$m$  — порозность

$R$  — постоянная величина, определенная из опыта ( $R = 50 - 60$ )

$d$  — диаметр частиц в см

Если теперь обратиться к примеру, рассмотренному проф. Я. Т. Ненько (стр. 20), где принято:

$m(\beta) = 0,35$ , и где мы полагаем  $d = 0,5 \text{ мм} = 0,05 \text{ см}$ , то

$$v_{кр} = 0,02 (0,75 \times 0,32 + 0,23) \frac{55}{0,05} = 1,08 \text{ см/сек} = 0,01 \text{ м/сек.}$$

Скорость же фильтрации в выходном сечении для рассматриваемого примера по проф. Я. Т. Ненько равна:

$$v = \frac{q}{Y_2} = \frac{0,01323}{0,0526} = 0,25 \text{ м/сек.}$$

что свидетельствует о принципиальной неправильности построения всего решения, основанного на исчислении потерь по закону Дарси на всем сечении фильтрационного потока.

II. Если написать уравнение Бернулли для фильтрационного потока между двумя сечениями 1—1 и 2—2

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + if \quad \text{то на основании сказанного}$$

выше можно убедиться, что члены

$$\frac{v_1^2}{2g} \text{ и } \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{не могут превышать величины}$$

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{\left(\frac{V_{кр}}{\beta}\right)^2}{2g} = \frac{\left(\frac{0,01}{0,35}\right)^2}{19,62} = 0,00005 \text{ м}$$

(в противном случае закон Дарси не применим, и решение здесь должно быть каким-то другим)

Отсюда следует, что члены  $\frac{v_1^2}{2g}$  и  $\frac{v_2^2}{2g}$  по своим числовым значениям не соизмеримы с значениями  $h_1$ ,  $h_2$  и  $if$ , а потому и должны быть отброшены, дабы зря не загромождать получаемые формулы. Но пренебрежение этими членами неизбежно приводит к общезвестному уравнению Дюпюи

$$\frac{2q}{k} l = h_1^2 - h_2^2$$

Следовательно, в пределах применимости закона Дарси (при гидравлическом рассмотрении вопроса) это уравнение является единственным, и никакого другого уравнения получено быть не может.

Это уравнение не имеет максимума (т. к.  $q$  так соответствует  $h_2=0$ ), а потому не могло быть использовано проф. Я. Т. Ненько для применения принципа «максимального расхода». Добавив же к уравнению Дюпюи практически бесконечно малые члены в виде значений

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{q^2}{2g\beta^2 h^2}, \quad \text{проф. Я. Т. Ненько получил формальную возможность}$$

применить «принцип максимального расхода», т. к. уравнение Дюпюи, с добавлением к нему практически бесконечно малых членов, формально стало иметь максимум. Но совершенно очевидно, что этот максимум должен соответствовать очень малым значениям глубины фильтрационного потока, причем при слабопроницаемых грунтах эта глубина практически будет приближаться к нулю. Так, например, если в примере проф. Я. Т. Ненько, приведенном на стр. 10, взять более реальные коэффициенты фильтрации, т. е. хотя бы  $K=0,0005 \text{ м/сек}$  (т. е.  $0,05 \text{ м/сек}$ ), то отбрасывая ненужную арифметику, для чего положим только  $Y_2=0$ , имеем (по Дюпюи) с некоторым преувеличением расхода

$$q = \frac{KH^2}{2B} = \frac{5 \times 4^2}{10000 \times 6} = 0,00133 \text{ м}^2/\text{сек}, \text{ и далее по Ненько}$$

$$Y_2 = \sqrt{\frac{q^2}{\beta^2 g}} = \sqrt{\frac{0,00133^2}{1,202}} = 0,011 \text{ м.}$$

Следовательно, при напоре перед перемычкой в 4,00 м глубина выхода фильтрационного потока в нижний бьеф равна 1 см. Возникают серьезные сомнения о реальности цифры 1 см. Мы полагаем, что такой результат может объясняться только ошибочностью предложенного проф. Я. Т. Ненько метода.

III. В своих выводах на стр. 82 проф. Я. Т. Ненько пишет: «Настоящая краткая сводка, конечно, не исчерпывает полностью всех тех выводов, какие можно сделать на основании полученных решений задач, ибо солидную часть выводов надлежит сделать из опыта и т. д.». Не дожидаясь результатов опытов, которые проф. Я. Т. Ненько еще обещает произвести, пока написав рецензируемую книгу, «с целью подведения идейного содержания под лабораторные опыты, какие Харьковская Научно-исследовательская гидротехническая лаборатория взяла на себя обязательство произвести», мы обратимся уже к исполненным опытам.

В недавно вышедшей книге Ф. Б. Нельсон-Скорнякова «Расчет движения грунтовых вод через земляные плотины» на стр. 109—111 приведены данные исследований движения грунтовой воды через перемычки с вертикальными откосами (материалы лаборатории ЭГДА Государственного Гидрологического института). Взяв данные с чертежа 79

(стр. 109) для  $\frac{H}{B}=2$  и задавшись, например, коэффициентами  $K=0,005 \text{ м/сек}$ ,  $\beta=0,35$  и размерами перемычки  $H=4,00 \text{ м}$  и  $B=2,00 \text{ м}$ , имеем:

$$q = \frac{KH^2}{2B} = \frac{5 \times 4^2}{1000 \times 4} = 0,02 \text{ м}^2/\text{сек}$$

$$Y_2 = \sqrt{\frac{4}{10000 \times 0,35^2 \times 9,81}} = 0,0693 \text{ м.}$$

На основании же лабораторных исследований методом ЭГДА величина  $Y_2=2,30 \text{ м}$ , т. е. результат, полученный по формуле проф. Я. Т. Ненько, не является даже соизмеримым с данными опыта.

Наконец, результаты опытов, произведенных Ф. Б. Нельсон-Скорняковым в лотке с песком, имеющем коэффициент фильтрации  $0,01 \text{ см/сек} - 0,015 \text{ см/сек}$  (см. стр. 100—208 его книги), не указывают даже на самое отдаленное сходство с данными, получаемыми по формулам проф. Я. Т. Ненько.

Так, например, в опыте XIVa, при  $H=0,7 \text{ м}$  и  $B=0,3 \text{ м}$ ,  $Y_2=0,475 \text{ м}$ . По проф. Я. Т. Ненько эта величина равна  $0,012 \text{ м}$ , т. е. менее данных опыта в 40 раз.

Таким образом, все сказанное с исчерпывающей полнотой свидетельствует о неправильности основного тезиса проф. Я. Т. Ненько, положенного в основу всей его книги, т. е., иначе говоря, «постулат максимального расхода» в таком виде, в каком он здесь предложен, не применим.

IV. Из сказанного следует, что попытка решить задачу для перемычки с вертикальными бортами путем гидравлического рассмотрения потерь пела неудачу. Нельзя не отметить, что эта, казалось бы, такая конструктивно-простая схема является чрезвычайно сложной и для гидромеханического решения. Например, гидромеханическое решение проф. Г. Гаммеля является исключительно сложным и практически неприменимым для расчетов. Экспериментально-гидродинамическое решение

Ф. Б. Нельсон-Скорнякова в виде  $Y_0 = \frac{1}{\pi} \frac{H^2}{B}$  (см. упомянутую книгу) вызывает достаточно серьезные сомнения, т. к. эта зависимость при малых  $B$  по сравнению с  $H$  приводит к абсурду (при  $B < \frac{H}{\pi}$  получается

$Y_0 > H$ ). Тут же следует отметить, что решение Ф. Б. Нельсон-Скорнякова для движения воды через прямоугольный наклонный экран (стр. 92—94 его книги), построенное аналогично предыдущему, встречает