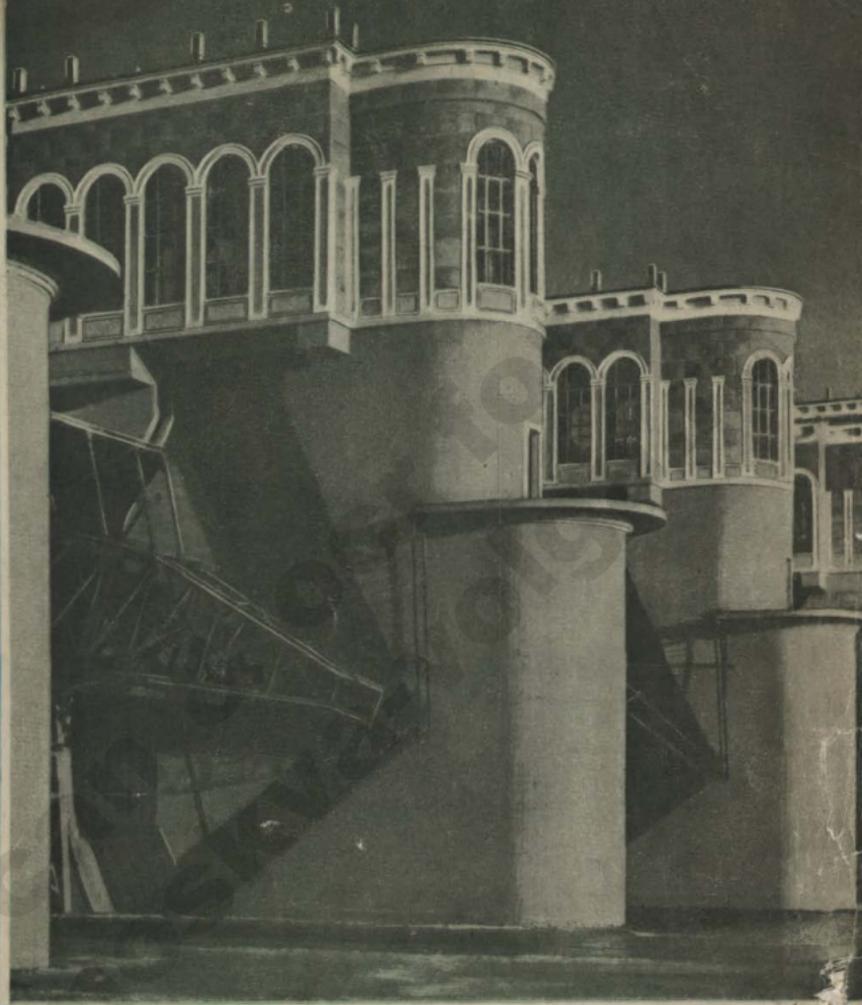


*Земля*



*Москва в строительстве*

*26-27*

**1-2**  
1937

## СОДЕРЖАНИЕ

Последние декады — М. БЕРМАН . . . . .	1
Подготовка к паводку . . . . .	3
Наполнение водой системы канала Москва-Волга весной 1937 года — В. В. МАКУЛОВ . . . . .	4
Зона подтопления канала Москва-Волга Д. В. СОКОЛОВ . . . . .	12
Землеустроительные и санитарные ме- роприятия по водохранилищам ка- нала Москва-Волга — инж. З. Д. ЛУ- СКИН . . . . .	17
Методы гидравлических расчетов для составления схемы маневрирования затворами гидротехнических соору- жений при пропуске паводков — инж. А. А. УТИНЧУС . . . . .	20
Как предупредить появление слякчи торфа в водохранилищах — инж. А. К. ЛЕМЗИКОВ . . . . .	30
Гидротехнический цемент и проблема использования портланд-цемента — инж. Б. А. КУВЫКИН и инж. С. В. ШЕСТОПЕРОВ . . . . .	32
Определение фильтрационного расхо- да в неоднородной среде методом „ЭГДА“ — инж. Т. М. ВАСИЛИШИН 38	
Укрепление откосов канала — инж. П. И. КОРАБЛИНОВ . . . . .	39
Лабораторный опыт по применению торфоцепоц — инж. А. К. ЛЕМЗИКОВ 49	
Южная гавань Московского порта — И. И. ПОЗДЕНКО, П. А. ПОМОР- ЦЕВ . . . . .	54
Составление плана канала Москва-Волга инж. А. ГОШАКОВ . . . . .	60
Приспаны на канале Москва-Волга — П. А. ПОМОРЦЕВ . . . . .	66
Главнейшие положения и пути решения основных задач геотехники — под редакцией инж. В. Н. МАСЛОВА . . . . .	69
Числовая характеристика связных грунтов для инженерно-строитель- ных целей — инж. В. Д. ЦЫПЛА- КОВ . . . . .	80
Центробежное моделирование напря- жений и деформаций в грунтах с си- вянкой и земляных сооружений — В. Г. ЛЯДОВ и С. А. ПЕРШИН . . . . .	82
Архитектура Восточного района — В. ШВЕДЕР . . . . .	83

### На обложке:

Карамышевская плотина — лицевая сто-  
рона.  
Портальный край на Волжской бетон-  
ной плотине — оборотная сторона.  
Техредактор — Л. ВОЛЬФСОН  
Художник — Я. ФРАНЦУЗОВ  
Корректор — А. САМОРОДЕНКО  
Фото — Фотослужбы МВС

Уполном. Мосгосплана № АГ 2443—113  
Статформат 72×110

Количество печатных листов — 5  
Количество знаков в печ. л. — 105 тыс.  
Поступило в набор 12/II 1937 г.  
Подписано к печати 22/III 1937 г.  
Заказ № 694 Тираж 2200 экз.  
НКВД — Типография Москвававтогострой



**ПРАВИТЕЛЬСТВЕННОЕ СООБЩЕНИЕ**

18 февраля, в 17 часов 30 минут в Москве, у себя на квартире в Кремле, от паралича сердца скоропостижно скончался Народный Комиссар Тяжелой Промышленности, Член Политбюро Центрального Комитета ВКП (большевиков) товарищ Григорий Константинович ОРДЖОНИКИДЗЕ

# Москва-Волгоград

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ СТРОИТЕЛЬСТВА  
КАНАЛА МОСКВА-ВОЛГА  
ОТДЕЛЕНИЯ ГИДРОНИТО

1-2 □ Январь—Февраль □ 1937

Год издания четвертый

Ответственный редактор:  
РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

## ПОСЛЕДНИЕ ДЕКАДЫ

**В** 12 часов дня, 2 мая 1937 года к набережным Москва-реки у Центрального парка культуры и отдыха им. Горького пришвартуется первый волжский пароход, который придет в столицу по каналу Москва—Волга. Это будет реальным доказательством того, что решение партии и правительства—«обязать Москва-Волгоград НКВД СССР закончить строительство и сдать в эксплуатацию канал Москва—Волга к навигации 1937 года...»\*)—выполнено в срок.

В мае—июне будут завершены работы по архитектурному оформлению канала, все строительные площадки будут приведены в культурный вид (мошение откосов, озеленение, планировка и т. д.). Строители передадут канал в эксплуатацию, и он будет зачислен в действующие водные пути нашей страны.

Канал начал строиться в июле 1932 года. Широким фронтом работы развернулись весной 1933 года. Таким образом, сооружение канала потребовало четырех лет напряженного труда.

В печати уже неоднократно освещались размеры работы, проделанной на канале. Теперь, когда он становится реальной действительностью, не лишне напомнить объемы Строительства. Вот они: земляных работ выполнено 144 миллиона кубических метров (из 148 миллионов куб. метров), бетонных работ—2 миллиона 930 тысяч кубических метров (из 3 миллионов куб. метров). Эти цифры достаточно ярко показывают состояние Строительства на сегодняшний день.

Но это отнюдь не означает, что на канале наступил период затишья. Напротив, сейчас настала самая горячая пора.

Руководство Строительства два раза в сутки — в 9 и 21 час — получает со всех участков трассы донесения о ходе работ. План пускового периода (15 марта—1 мая) составлен с таким расчетом, что в него вошли только те работы, без выполнения которых невозможно в намеченный срок пропустить первый пароход из Волги в Москва-реку.

\*) Из постановления Совета Народных Комиссаров Союза ССР и Центрального Комитета ВКП(б) от 8 сентября 1935 года.

Все руководящие работники Стрoительства прикреплены к наиболее важным сооружениям. Один следит за Волжской плотиной, которая в ближайшие дни примет на себя огромный паводок. Другой смотрит за качеством монтажа ворот всех шлюзов. Третий прикреплен к монтажу насосов, которые на канале играют важнейшую роль (с их помощью волжская вода будет перекачиваться в Москва-реку). Четвертый наблюдает за тщательной очисткой дна канала, чтобы обеспечить безопасный путь судам; здесь приходится торопиться, потому что через несколько дней начнется наполнение водой канала и шлюзов. Пятый торопится завершить монтаж и сварку труб водопроводов Сталинской насосной станции, которая с 1 мая должна ежесуточно давать столице 12 миллионов ведер питьевой воды, а с 1 июля — 25 миллионов ведер.

В мастерских Стрoительства заготавливаются специальные знаки для нового водного пути. Эти знаки сконструированы таким образом, что с наступлением темноты они будут автоматически загораться, мигать через определенные промежутки времени красным или зеленым светом, а с первыми утренними лучами солнца — гаснуть.

Еще в конце прошлого года начала работать созданная специальным постановлением правительства комиссия по приемке канала Москва—Волга. Комиссия завершает обследование подводных частей всех сооружений, которые после наполнения канала нельзя уже будет увидеть.

Работа на Стрoительстве не замирает ни в какие часы суток. Сейчас с одинаковым напряжением и днем и ночью в штабе Стрoительства, в районах, на участках, на сооружениях кипит жизнь.

У многих имеется представление, что канал строится только заключенными. Это неверно. Хотя на канале занято большое количество заключенных, впервые приобщившихся к труду и проходящих хорошую школу трудового перевоспитания, — главную и самую важную работу ведут выращенные партией и комсомолом молодые инженеры-интузиасты, партийные и непартийные большевики, наркомвнуделовцы и командиры нашей Рабоче-Крестьянской Красной Армии, беззаветно преданные делу социализма.

Особенно необходимо отметить работу главного инженера строительства канала Москва-Волга тов. С. Я. Жука — одного из талантливейших гидротехников нашей страны. Вместе с группой своих ближайших помощников тов. Жук осуществил на канале сложные проектные работы, организовал производство и успешно претворил проекты в жизнь.

Сейчас на канале, естественно, повышенное настроение. Все, начиная от руководителей и кончая рядовыми работниками, не сомневаются, что в майские дни 1937 года волжские пароходы пройдут в Москву. Все преисполнено сознанием того, что при их участии и на их глазах завершается величайшее гидротехническое сооружение, начатое по инициативе товарища Сталина.

О чем говорят сегодня работники канала Москва—Волга? Завершая крупное строительство, они уже думают о том, где смогут приложить свои силы, знания и опыт, накопленные на строительстве канала. Они воодушевляются, когда узнают о возможности новых заданий партии и правительства: строить Рыбинский и Угличский гидротехнические узлы, грандиозный Куйбышевский узел, а может быть и канал Волга—Дон.

Многие из строителей канала Москва—Волга пришли сюда рядовыми работниками, начали с десятников и прорабов. Сейчас мы можем назвать десятки и сотни инженеров, техников, работников Наркомвнудела, которые стали блестящими организаторами производства и воспитателями кадров. Нет никаких сомнений, что такие люди справятся с любым заданием, которое будет поручено им нашей партией, нашим правительством.

М. БЕРМАН

(„Правда“ от 13 марта с. г.).

# ПОДГОТОВКА К ПАВОДКУ

**3 ФЕВРАЛЯ** в Дмитрове под председательством Заместителя Наркома Внутренних Дел, Начальника Строительства тов. БЕРМАН состоялось совещание руководящих работников строительства и лагеря по вопросу о подготовке к паводку.

С докладом о положении на фронте предпаводковых работ выступил начальник Отдела гидрологии т. Макулов.

Тов. Макулов указал, что паводок ожидается в последней декаде марта. Волга и пересекающие канал речки вскрыются от льда и наполнят его водой. К этому времени нужно подготовить к приему весенней воды все сооружения, которые будут затоплены паводком.

Докладчик кратко охарактеризовал положение на всех бьефах канала.

Доклад тов. Макулова в расширенном виде напечатан в текущем номере журнала.

В своем содокладе заместитель начальника Планово-производственного отдела тов. Блюм подробно знакомит совещание с планом работ в предпаводковый период с 1 февраля по 15 марта.

Объем земляных работ, которые надо выполнить, выражается в 2.700.000 кубометров.

По бетону программа на полтора месяца по гидротехническим сооружениям и энергетическому строительству составляет 67 тысяч кубометров.

Большое значение в области бетонных работ приобретают цементация дна сооружений, торкрет и гидроизоляция.

По креплению откосов за полтора месяца нужно выполнить 1.293 тысяч квадратных метров.

По архитектурно-строительным работам весь упор сделан на энергетическое строительство.

В плане монтажных работ предусмотрены все работы, связанные с сооружениями, имеющими отношение к паводку. Особое значение приобретает монтаж аварийных ворот и голов шлюза.

Из других основных работ, безусловно требующих стопроцентного выполнения, можно назвать работы по дезинфекции и санитарной очистке зоны затопления (Волга, Техника и Завидово), по переносу селений (Волга и Завидово), по заготовке нерудных, план которой тесно увязан с планом бетонных работ и планом крепления откосов.

В предпаводковый период особого внимания требуют расстановка, использование и сокращение ресурсов на всех вспомогательных работах для усиления основных.

Из числа запланированных на предпаводковый период сооружений каждое имеет исключительное значение с точки зрения выполнения плана. Эти сооружения нужно в первую очередь обеспечить ресурсами. Поэтому районы и сооружения должны составить календарный план stem, чтобы в первую очередь и прежде всего обеспечить эти сооружения за счет наличных ресурсов.

После прений по докладу и делового учета имеющихся и необходимых ресурсов для своевременной и образцовой подготовки сооружений к паводку — на совещании выступил Заместитель Наркома и Начальник Строительства товарищ БЕРМАН.

Он подчеркнул, что предпаводковые работы решают срок окончания канала, решают его готовность к навигации 1937 года.

— Мы сегодня собрались, — сказал тов. БЕРМАН, — чтобы обсудить и утвердить план не на месяц, а на весь решающий период, план подготовки к паводку. Не выполнять этот план, даже в небольшой его части, мы не можем.

Если в представлении людей, не работающих на канале, окончание канала связывается с маем, то для нас, непосредственных строителей канала, совершенно ясно,

что не может быть речи об окончании канала в мае или июне, если к паводку не будут готовы те сооружения или их части, которые должны принять и пропустить весеннюю воду.

Если работы по земле, насыпи, бетону, мощению и монтажу на решающих сооружениях не будут готовы к 15 марта, уже бесполезно будет говорить о том, что канал может быть закончен в мае или июне.

Вот почему мы сегодня собрались сюда с руководящим составом. Вот почему здесь сегодня присутствуют начальники районов, начальники работ районов, начальники сооружений и начальники монтажных работ.

Все присутствующие на совещании, весь персонал должен уяснить себе всю железную необходимость выполнения плана предпаводковых работ. Конечно, план будет выполнен теми людьми, которым эти работы поручены.

Дальше тов. БЕРМАН говорит о необходимости мобилизовать все силы и ресурсы на выполнение этого полугодового плана, широко развернуть соревнование и стахановское движение.

Тов. БЕРМАН указал мероприятия организационного и массового порядка, которые должны поднять строительство канала на героическую работу и обеспечить пропуск воды.

Руководство Строительства установило список пятидесяти решающих сооружений, которые должны быть готовы к паводку.

На каждом из этих сооружений должен быть дан железный график работ, на каждом из них будут установлены специальные знаки, подтверждающие, что от этого сооружения зависит судьба канала.

Между коллективами сооружений должно быть развернуто соревнование за досрочное окончание предпаводковых работ.

Коллективу строителей сооружений, первому досрочно закончившему предпаводковые работы, предоставляется право подписать рапорт Наркому Внутренних Дел тов. ЕЖОВУ о готовности сооружения принять паводок. Этот рапорт подлинит не только административный персонал, но и все каналоармейцы, с 1-го февраля выполняющие в среднем не менее 150 процентов нормы.

Кроме того, для коллективов сооружений, которые досрочно подготовятся к приему весенних вод, установлено три премии: в 25.000, 15.000 и 10.000 рублей.

Наконец, между отрядами и бригадами, работающими на сооружениях, готовящихся к паводку, организуется соревнование за право первыми поехать на первых пароходах по каналу.

Тов. БЕРМАН рассказывает, что перед поездкой в Дмитров он был у Наркома тов. ЕЖОВА и сказал ему, что решающий план предпаводковых работ будет выполнен, но для этого придется поработать, и не так, как мы работали в январе и декабре, а крепче, лучше, энергичнее.

— Если, — заканчивает тов. БЕРМАН, — все эти мероприятия будут четко проведены, если административно-технический персонал проникнется сознанием железной необходимости выполнения плана предпаводковых работ и организует на ударную работу всех каналоармейцев, а иначе и быть не может, — наш Сталинский канал будет готов в срок: к началу навигации 1937 года.



Все отверстия плотины № 21 подразделены на водосливные, водопропускные и донные.

При отметках уровня воды перед плотиной выше 123,0 м все четыре водосливные отверстия должны быть открыты при ледоходе не больше чем на 1 м. При необходимости увеличить пропуск воды все отверстия должны быть открыты на полную высоту по возможности быстро, так как при одном, двух и трех полностью открытых отверстиях происходит размытие русла за рисбермой.

При отметке уровня воды перед плотиной в пределах 122—123 м можно допускать комбинацию полного открытия двух или трех отверстий, при прочих открытых на 0,5—1,0 м. Полное открытие лишь одного отверстия не рекомендуется по условию пропуска льда.

Сброс льда возможно начинать при уровне воды нижнего бьефа 113,5 м и при уровне верхнего бьефа 122,0 м. Расход воды в этих условиях до постройки плотины на р. Волге у г. Углича будет 215), а после постройки—900 м<sup>3</sup>/сек.

В условиях же пропуска воды весной 1937 года, когда через плотину будет сбрасываться лед, образовавшийся только в русле реки, а не на всей площади водохранилища, возможно допустить пропуск воды через водосливные отверстия при ледоходе, имея их заранее полностью открытыми, что облегчит работу кранов, поднимающих шты.

Условия гашения кинетической энергии в водопропускной части плотины благоприятнее, нежели в водосливной. Поэтому при отсутствии ледохода, когда открытие отверстий происходит постепенным поднятием всех штыков ступенями по 0,5 м лучше в первую очередь открывать водопропускные отверстия.

При ледоходе переход от частичного открытия отверстий

к полному считается допустимым при горизонте нижнего бьефа 115,25 м и при горизонте верхнего бьефа не выше 123,0 м. Расход воды при этом будет до постройки плотины на р. Волге у г. Углича 330 м<sup>3</sup>/сек, а после постройки—2130 м<sup>3</sup>/сек.

Открытие водосливных и водопропускных отверстий в случае ледохода ограничивается 1/4 напора воды во избежание подсыпания льда под шты. При увеличении расхода воды, который надо пропустить через плотину, отверстия эти должны быть открыты полностью.

Во избежание форсировки верхнего бьефа, начало открытия отверстий плотины следует приурочивать к возможно низкому уровню верхнего бьефа.

К открытию донных отверстий следует приступать в последнюю очередь и после того, как все водосливные и водопропускные отверстия открыты полностью. Это потребует делать в тех случаях, когда расход воды, который надо пропустить через плотину, превышает пропускную способность водосливных и водопропускных отверстий, равную 42,0 м<sup>3</sup>/сек, при отметке верхнего бьефа 124,0 м.

Открытие донных отверстий должно идти постепенно ступенями, согласно имеющихся на подъемных штагах задвижек: 0,25; 1,0; 1,75; 2,50; 3,25; 4,0 и 5,0 м. Без крайней необходимости последнее открытие с высоты 4 м до 5 м производить не рекомендуется, во избежание размывов дна за рисбермой.

Порядок открытия отверстий устанавливается следующим: водосливные—№№ 4, 3, 2 и 1, водопропускные—5, 6, 7 и 8 и донные—5, 6, 7 и 8. Номерация отверстий идет от левого берега к правому.

Удовлетворяя все перечисленные выше ограничительные условия, произведен расчет пропуска ряда характерных паводков.

При расчете пропуска паводка через плотину учитывалось, кроме того, наличие динамической призмы, в целях установления действительной регулирующей способности водохранилища.

Динамическая призма—это та масса воды, которая во время хода паводка располагается в пойме и русле реки между горизонтальным уровнем на отметке уровня воды у плотины и кривой подпора.

Определение величины динамической призмы проводилось по уровням воды на водомерных постах р. Волги у гор. Корчева, в устье р. Шоши и у г. Калининна.

Для расчета пропуска паводка предельно восстанавливался построенный по данным наблюдений гидрограф весеннего паводка, т. е. определялся гидрограф притока воды в водохранилище. Приточный расход принимался равным расходу воды в створе плотины, с поправкой на среднее секундное изменение объема воды в динамической призме, происшедшее за одни сутки на участке р. Волги от г. Калининна до плотины.

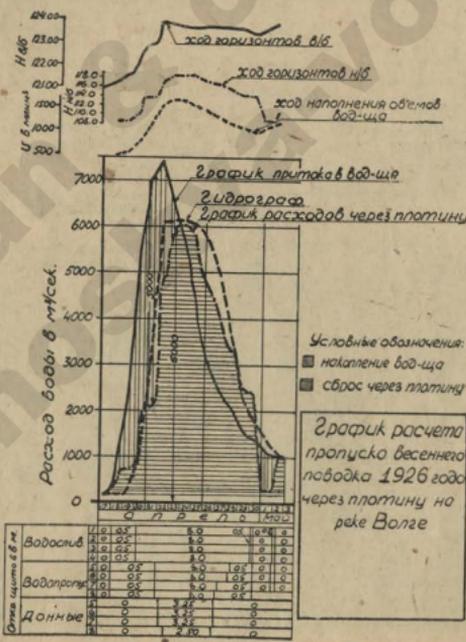
Этот участок охватывает в основном всю зону распространения подпора от плотины.

Для примера приводятся графики расчета пропуска и приема двух характерных паводков: многоводного 1926 года и среднего 1906 года (см. фиг. 1 и 2).

На этих чертежах изображены календарный ход уровней нижнего и верхнего бьефа плотины и объемов динамических призм, гидрограф и график притока в водохранилище, а также гидрограф пропускаемых через плотину расходов воды. Вертикально заштрихованная площадь выражает количество воды, задержанное в водохранилище; заштрихованная горизонтально— количество воды, пропущенное через плотину. Там же указаны величины максимальных расходов воды—задержанного в водохранилище и пропущенного через плотину.

Таков порядок наполнения Волжского водохранилища, а также и пропуска воды через плотину в нормальных условиях эксплуатации.

В условия приема и пропуска весеннего паводка 1937 года должны быть внесены некоторые коррективы, принципиально не изменяющие хода расчета. Весной 1937 года необходимо будет пропускать максимальный расход



Фиг. 1





откачки этой воды из канала. Все это указывает на длительную остановку работ по устройству ложа канала второго бьефа.

Поэтому в настоящее время принят следующий вариант.

Участок канала от шлюза № 2 до заградительных ворот № 103 последними отключается от южной части канала. Это тем более удобно сделать, что р. Хамилровка, ручей Татищевский и воды, поступающие через лотки 82, 84 и 85,—все принимаются в канал именно в этой южной части его.

Таким образом, участок канала от второго шлюза до заградительных ворот № 103 остается сухим. Канал же на участке от заградительных ворот № 103 до шлюза № 3 будет готов к приему паводка в части земляного ложа. Этот участок длиной около 17 км будет исполнен весной 1937 года местным стоком как максимум на 4,0 м, т. е. откосы канала, которые должны быть замощены, не затопляются.

Участок канала третьего бьефа от шлюза № 3 до шлюза № 4, а также четвертого бьефа от шлюза № 4 до шлюза № 5 решено наполнить водой также на 4—4,5 м, т. е. до отмостки.

В канал третьего бьефа принимаются р. Яхрома через водосброс № 52 и воды, поступающие через лотки №№ 90 и 93. В канал четвертого бьефа принимаются реки Скородайка и Пьяница, а также воды, поступающие через лотки №№ 95 и 101.

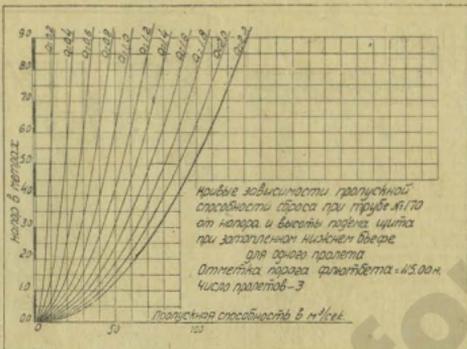
В третий бьеф весной 1937 года может поступить не более 30,5 млн м<sup>3</sup>, а в четвертый бьеф не больше 4,3 млн м<sup>3</sup>. Полная емкость третьего бьефа равна 1,6 млн м<sup>3</sup> и четвертого 2,7 млн м<sup>3</sup>, а при наполнении на 4,5 м соответственно 1,0 и 1,8 м<sup>3</sup>.

Как тот, так и другой бьеф получат больше воды, чем требуется для их наполнения. Выпуск же имеется только

в третьем бьефе, а именно — водосброс № 51, выпускающий воду из канала в нижнее течение р. Яхромы.

Это обстоятельство требует организовать пропуск воды из четвертого бьефа в третий через шлюз № 4 и далее из третьего бьефа в р. Яхрому через водосброс № 51.

При совпадении по времени максимальных расходов паводка на реках Яхроме, Пьянице и Скородайке, водосброс № 51 должен пропускать около 80 м<sup>3</sup> в секунду, а сегмент верхней головы шлюза № 4 — около 10 м<sup>3</sup>/сек.



Фиг. 3

Открытие сегмента шлюза № 4 и затворов водосброса № 51 должно устанавливаться по изменению уровня за некоторый промежуток времени, дающему возможность определить соответствующее ему изменение накопленного объема при тех расходах воды, которые пропускались в это время через шлюз № 4 и водосброс № 51.

Промежуток времени, через который изменяется открытие затворов, должен быть установлен во время работы в зависимости от интенсивности паводка. При этом очевидно, что наполнение каналов во время пропуска паводка не должно быть больше чем на 4—4,5 м.

Величина открытия сегмента шлюза № 4 и шитов водосброса № 51 для пропуска необходимого расхода, а также объемы воды в бьефах определяются по чертежам фиг. 4, 5 и 6. Количество воды, поступающее из р. Яхромы в третий бьеф через водосброс № 52, определяется по фиг. 7.

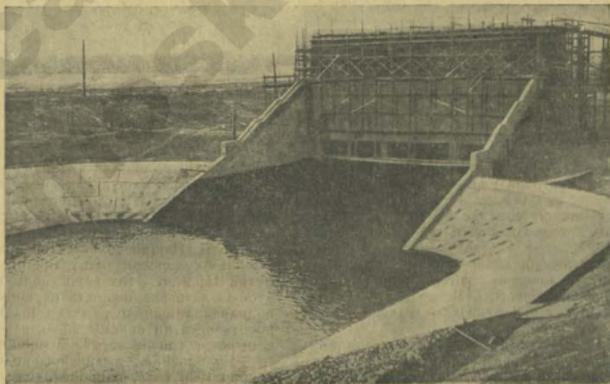
В канал пятого бьефа от шлюза № 5 до шлюза № 6 принимается согласно проекта сток реки Базарки и воды, поступающие через лоток № 91. За весну 1937 года количество паводковой воды, поступающей в этот бьеф, может быть не более 3,5 млн м<sup>3</sup>. Полная же емкость этого бьефа равна около 1 млн м<sup>3</sup>. Канал этого участка мог бы быть наполнен собственным стоком, однако его решено не наполнять водой, чтобы не прерывать ж.-д. сообщение через канал.

Канал этот не имеет выпускной воды. Поэтому, чтобы не пропускать воду через шлюз № 5 в четвертый бьеф и оттуда через шлюз № 4 в третий бьеф, намечено воду р. Базарки направить не в канал, а в новое русло р. Икши. Это возможно осуществить в том месте, где р. Икша пропускается через трубу № 102 под руслом р. Базарки, устроив перемычку в русле последней.

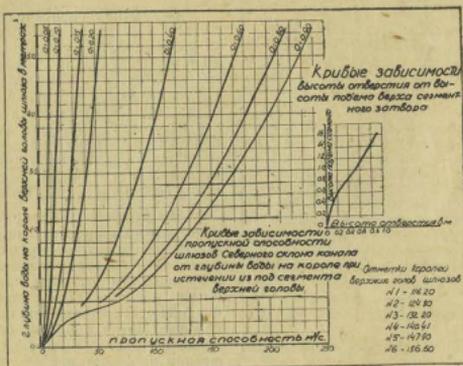
В условиях весны 1937 года новое русло реки Икши сможет дополнительно пропустить и паводковые расходы реки Базарки без повышения расчетных уровней.

Новое русло реки Икши рассчитано на пропуск 29 м<sup>3</sup>/сек, то есть — наибольшего ливневого расхода с части бассейна р. Икши ниже плотин. Наибольший же расход воды весеннего паводка 1937 года с бассейнов р. Икши и р. Базарки как максимум равен 30 м<sup>3</sup>/сек, то есть практически равен расчетному.

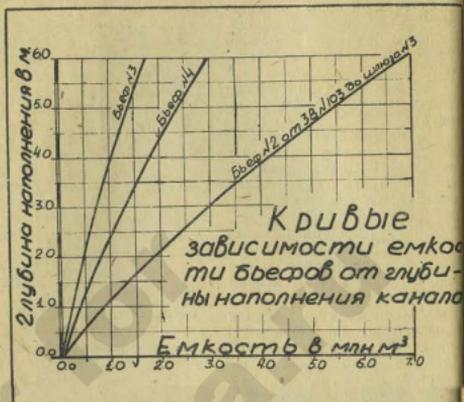
Следующий участок канала, во-



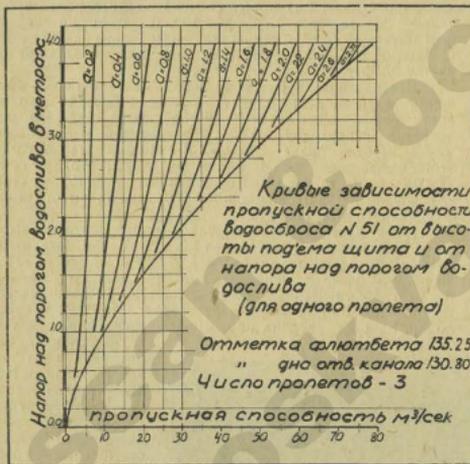
На седьмом километре канал проходит над рекой Свстрой, заключенной в железобетонную трехколенную трубу



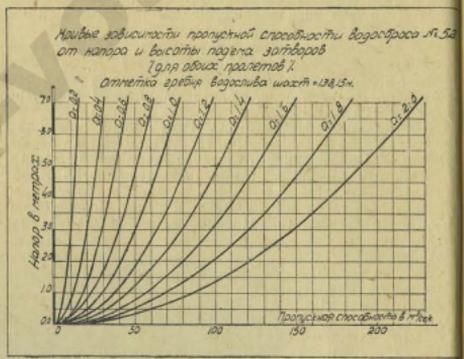
Фиг. 4



Фиг. 6



Фиг. 5



Фиг. 7

дораздельный бьеф, состоит из Икшинского водохранилища на р. Икше, Пестовского на р. Вязи, Пяловского на р. Уче, Клязьминского на р. Клязьме и Химкинского на р. Химке. Эти водохранилища соединены между собой судоходными каналами. Кроме того, в состав водораздельного бьефа входит Акуловское водохранилище, из которого будет осуществляться питание водой Водопроводного канала. Само же Акуловское водохранилище получает волжскую воду из Пяловского и Пестовского водохранилищ через водоспуски в плотинах, отделяющих эти водохранилища от Акуловского.

Таким образом, Акуловское водохранилище изолировано от судоходных частей водораздельного бьефа.

Химкинское водохранилище будет питать водой южный склон канала со шлюзами №№ 7 и 8, и по деривационному каналу № 305—гидростанцию на р. Сходне.

Все эти водохранилища, за исключением Химкинского

го, начали наполняться водой в весенний паводок 1936 года. Уровень воды в них до последнего времени стоял на отметке 157,3 м. В настоящее время часть накопленной воды выпускается из Клязьминского водохранилища в р. Клязьму, из Икшинского в Икшу и из Акуловского в Уч. Уровень воды в Икшинском, Пестовском, Пяловском, Клязьминском и Акуловском водохранилищах будет доведен до отметки 156,9 м. Этот сброс воды производится для того чтобы дать возможность раскорчевать судовой ход в водохранилищах до отметки 157,0 м, а также ликвидировать остатки перемычек в каналах №№ 289 б и 291-намынов в канале № 292 и прочие недоборы и наплывы.

Наполнение Химкинского водохранилища начато 11-ноября 1936 года, и происходит в настоящее время сброс воды рр. Химки и Клязьмы. Уровень воды его уведен до отметки 152,5 м.

В результате указанных выше сбросов воды для и

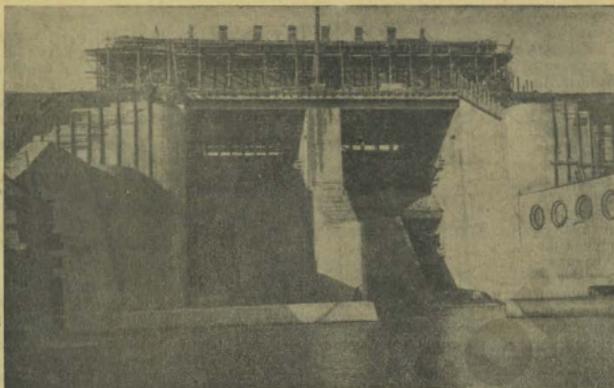
пополнения водораздельного бьефа, включая и Химкинское водохранилище, до проектной отметки 162,0 м — требуется около 235 млн м<sup>3</sup>. Весенний паводок 1937 года на реках водораздела такого количества воды дать не может. В настоящее время можно ожидать сток весеннего паводка как максимум в 140 млн м<sup>3</sup>. Уровень воды при этом мог бы достигнуть только до отметки 160,0 м. Это позволяет создать в настоящее время следующую схему наполнения водораздела. На время паводка Акуловское и Химкинское водохранилища отключаются и наполняются только собственным стоком. В условиях весеннего паводка 1937 года уровни воды к концу паводка могут быть как максимум в Акуловском водохранилище 158,0, в Химкинском 156,0 и в остальной части водораздела 161,5 м, при чем из Клязьминского водохранилища все время будет производиться пропуск в р. Клязьму нормального меженистого расхода около 2,0 м<sup>3</sup>/сек.

При такой схеме наполнения водораздельного бьефа надо будет на время паводка до начала накачки волжской воды закрыть лестовские водоспуск № 63 и водоспуск № 43, яловский водоспуск № 64, заградительные ворота № 73, акуловские водоспуск № 65 и водоспуск № 45, икшинский водоспуск № 62 и химкинский водоспуск № 68. На пироговском же водоспуске-водосбросе должен быть поднят один щит на 10—15 см.

Следующий участок канала — это южный склон. Сооружения этого участка канала от шлюза № 7 до р. Москва в большей своей части не связаны с началом паводка. Лишь шлюз № 8 с воротами нижней головы и отводящий канал № 295 связаны с проходом паводка на р. Москва.

Остальная же часть южного склона — бьеф № 7 — имеющая емкость 850.000 м<sup>3</sup>, будет наполняться водой из Химкинское водохранилища. Это наполнение может быть осуществлено через шлюз № 7.

Такова общая схема наполнения канала и водохранилищ местным стоком воды весеннего половодья без участия насосных



На Пироговской земляной плотине бетонный водосброс соединен с донным водоспуском

меньшего стока паводка, количество воды, которое необходимо накачать из р. Волги, возрастет, и как максимум может быть равно 200.000.000 м<sup>3</sup>.

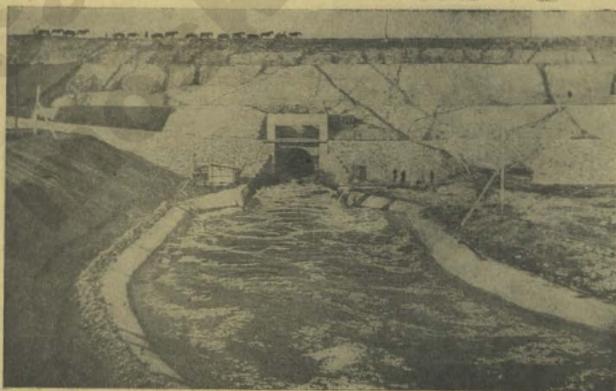
В первом случае, при работе 4 агрегатов по каждой насосной станции в течение 16 часов в сутки, потребуются на накачку 18 дней, и во втором — 35 дней.

По состоянию монтажных работ на настоящее время к 15 апреля будут готовы по два агрегата на каждой насосной и к 1 мая — по четыре. В этих условиях можно ожидать в случае раннего или среднего паводка наполнение канала и водохранилищ до проектных отметок к 10—15 мая. В случае же самого позднего паводка накопление канала и водораздела может произойти только к 10 июня.

Наполнение канала и водораздела волжской водой должно начаться с головного участка.

Наполнение головного участка канала осуществляется самотеком из Волжского водохранилища через аварийные ворота № 104, в течение 20 суток. Начало наполнения намечается не позже 25 марта из того расчета, чтобы этот участок канала был наполнен к моменту готовности насосной станции № 182.

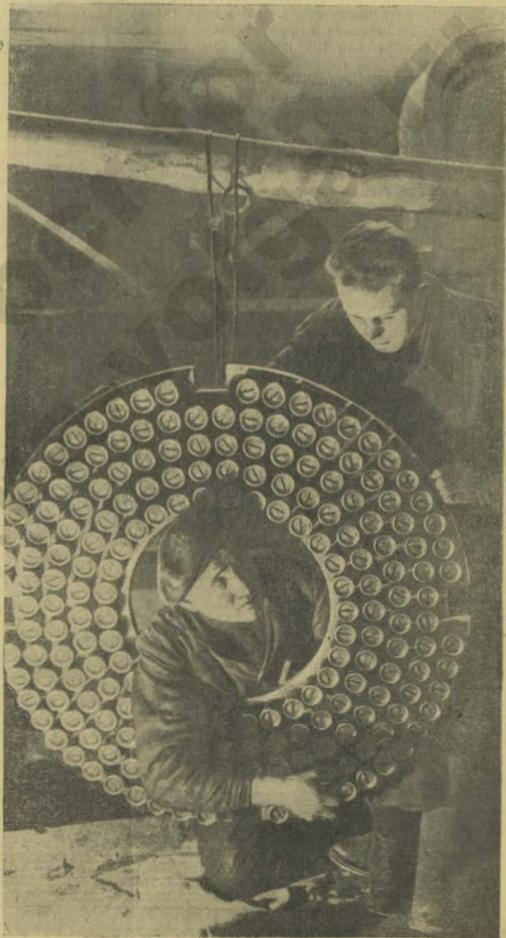
С 15 апреля насосная станция № 182 начинает наполнять второй бьеф до заградительных ворот № 103. При чем, предварительная замочка этого участка канала производится через заградительные ворота № 103 с 5—10 апреля, для чего необходимо вынуть уплотнительные тапачки, закрывающие щели между фермами. В момент сравнения уровней воды в канале до заградительных ворот № 103 и за этими



Акуловская плотина. Пропуск воды через донный водоспуск



Монтаж подпятника электромотора—3500 ква насосы ст. № 183



Пропеллерные насосы насосной станции № 183

Монтаж насосной станции № 183



# ЗОНА ПОДТОПЛЕНИЯ КАНАЛА МОСКВА-ВОЛГА

Д. В. СОКОЛОВ

Канал Москва-Волга с его пятью водохранилищами — Волжским, Икшинским, Учинским, Клязьминским и Химкинским — представляет собою сложную систему искусственных и измененных естественных водотоков. Эта система, если считать от верхнего конца Волжского водохранилища близ города Калинин до выхода канала в р. Москву, имеет более 250 км длины. Почти на всем этом протяжении она характеризуется значительно более высокими проектными горизонтами воды, чем те, которые свойственны входящим в нее современным водотокам в их естественном или так называемом „бытовом“ состоянии.

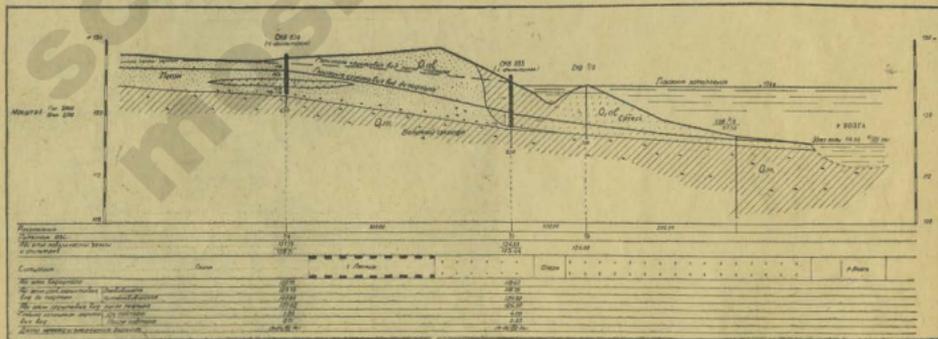
Понятно, поэтому, что влияние системы канала на режим сопрягающихся с нею подземных вод должно быть весьма ощутительно, и что ближайшим следствием его будет подпор потока грунтовых вод. Исключением являются лишь те ограниченные участки канала, как, например, „глубокие выемки“ районов Соревнование и Хлебниковского и т. д., где уровень его воды окажется ниже горизонта грунтовых вод и где, следовательно, он будет играть роль дренажного устройства. Однако, решительно преобладающая форма гидравлической зависимости потока грунтовых вод от канала есть подпор, тогда как дренаж потока, почти повсеместно проявляющийся в период вытыва канала и котлованов сооружений, сохранится, после их затопления водой, лишь в упомянутых, довольно редких случаях.

Обусловленный подпором подъем грунтовых вод может, при некоторых сочетаниях естественно-исторических и экономических условий, вызвать подтопление, т. е. достижение таких пределов, при которых современное использование земель в интересах промышленности, транспорта, сельского хозяйства и быта становится невозможным без применения мер защитного или мелиоративного порядка. Подтопление есть понятие до крайности изменчивое: так, например, при прочих равных условиях, подъем грунтовых вод, сопровождающийся подтоплением какого-нибудь крупного промышленного предприятия, с его глубоко заложенными основаниями, может не иметь никаких вредных последствий в обычном сельском быту. Поэтому определение зоны подтопления представляет собою довольно сложную проблему, связанную с изучением

комплекса естественно-исторических факторов и экономической обстановки. Однако, решающим фактором этого комплекса является, конечно, величина подъема грунтовых вод, вызываемого подпором от водохранилищ и канала и постепенно затухающего по мере удаления от них, до полного выклинивания. Граница выклинивания определяет, следовательно, ширину той окаймляющей водохранялища и канал зоны, в пределах которой проявляется влияние подпора на поток грунтовых вод, возможны явления подтопления и требуются капиталовложения для борьбы с последним.

Чтобы составить некоторое суждение о величине зоны влияния подпора в системе нашего канала, необходимо учесть, что водохранилища, особенно Волжское и Учинское, обладают сильно извилистыми береговыми линиями, что длина самого крупного Волжского водохранилища между Ивановской плотинной и Калининским водохранилищами составляет 140 км, не считая его больших ветвей по р. Шоше и другим притокам Волги, и что из 128 километров протяжения канала на большей части приходится подпор грунтовых вод. Таким образом, можно заранее сказать, что подъем последних, а стало быть и возможность подтопления будут проявляться на весьма обширной территории. Но если, пользуясь хорошими картами крупного масштаба, о длине ее можно без большого труда составить довольно точное представление, то определение ее ширины, т. е. границы выклинивания подъема грунтовых вод, представляет собою гораздо более сложную задачу.

Решение этой задачи заключается в построении депрессионных поверхностей потока грунтовых вод, как в его современном, „бытовом“ виде, так и в тех ожидаемых условиях, в которых он окажется после образования подпора. Негрудно представить себе, что обе эти поверхности на некотором расстоянии от уреза воды в водохранилище или канале должны совпасть, и что линия их совпадения есть не что иное, как граница распространения подпора и зоны возможного подтопления. Однако, линия совпадения депрессионных поверхностей не стационарна, но может передвигаться в обе стороны, в зависимости от величины и продолжительности колебания уровня воды в подпирющем грунтовый поток водоеме



Гидрогеологический профиль

Наиболее удобный способ для изображения депрессионной поверхности потока есть способ гидроизогипс, наносимых на основании наблюдений над уровнем потока в буровых скважинах или других выработках. Наблюдательные скважины располагаются поперечникам, закладываемым по линиям наибольшего падения потока, которые обычно соответствуют наибольшему уклону поверхности земли. Точность гидроизогипс зависит от количества



Волжский узел сооружений—головной участок канала

наблюдательных скважин и от густоты буровых поперечников. Необходимым условием является составление гидрогеологических профилей по буровым поперечникам, без чего невозможно установить никаких закономерностей в условиях залегания, соотношения и свойств вскрываемых бурениями вод и грунтов. Для современной депрессионной поверхности вопрос решается, таким образом, по методу гидрогеологической съемки, сопровождаемой бурением. Но для депрессионной поверхности, ожидаемой после создания подпора, этого недостаточно, и здесь необходимо применить математический расчет, основанный на теоретических предположениях.

К сожалению, до сих пор нет вполне разработанной и общепринятой методики расчета, которая, к тому же, была бы всесторонне проверена действительностью. Имеется ряд формул, предложенных русскими и иностранными авторами и обладающих определенными пределами применения. Конечно, разнообразие и сложность природных гидрогеологических условий исключают возможность какой-либо одной всеобъемлющей формулы, но, независимо от того, все формулы не отражают некоторых важных факторов, определяющих изменения режима грунтовых вод от подпора. Будучи основаны на изучении депрессионных кривых потока в его бытовых условиях, по гидрогеологическим профилям, они дают возможность судить об ожидаемых кривых после подпора лишь в статическом состоянии будущего потока, при любой заданной величине подпора. Динамика подъема потока во времени или колебания его уровня при наводках и сбросах воды, равно как и в зависимости от атмосферных осадков, не удаляются этими формулами, и, если некоторые из них уточнены учетом водопроницаемости водоносных слоев, то в общем проблема режима потока в условиях неустановившегося движения грунтовых вод еще не имеет математического выражения. При всем том, современное состояние теории дает, все же, возможность составить представление о некотором среднем виде депрессионной поверхности потока при наибольшем подпоре, то есть при наименее благоприятных условиях, а это, в сущности, и достаточно для проектных соображений о защитных и мелодриативных устройствах с целью борьбы с подтоплением.

Обширные размеры территории, подверженной подпору грунтовых вод от водохранилищ и канала и, следовательно, угрожаемой подтоплением, заставили Строительство еще в 1934 году приступить к изучению зоны распространения подпора вдоль водохранилищ и канала.

Организация и выполнение исследовательских работ были поручены Отделу Геологии, который, пользуясь изложенной выше методикой и опираясь на свои районные геологические партии, в том же году приступил к этим работам и выполнил их в объеме 5168 погонных метров бурения, распределившись по 532 скважинам с 17 буровыми поперечниками. Особенно значительные размеры достигли работы на берегах Волжского водохранилища (3900 пог. метр бурения при 470 скважинах на 17 поперечниках), тогда как на Учискском и Клязьминском выполнялась лишь гидрогеологическая съемка, сопровождавшаяся бурением (62 скважины—1268 пог. метр).

Волжскому водохранилищу пришлось уделить особое внимание по его величине и крайне слабой гидрогеологической изученности берегов, которые подверглись в указанный год исследованиям от Ивановской плотины до сел. Юрьевского-Повольского (в 25 км ниже Калинин) по Волге, а кроме того, по Шоше, от устья до сел. Тургинова и по Ламе от устья же до сел. Бушмино. Однако, те же причины — обширность и неузученность территории, а также отсутствие топографических основ в достаточно крупном масштабе — обусловили то, что работы 1934 г. имели характер реконгносцировочных и требовали дальнейшего развития и уточнения.

В 1935 г. исследования были продолжены и охватили недостаточно изученные в предыдущем году районы, особенно в верхних течениях рек Шоши и Ламы, при чем было пробурено 1200 пог. метр (126 скважин на 27 поперечниках). В этом же году развернулись работы на Икшинском, Учискском и Клязьминском водохранилищах, но не могли достигнуть желательного развития, ибо ряд первоочередных задач, связанных с проектированием и постройкой канала и его сооружений, заставляла систематически жертвовать в свою пользу изучением берегов водохранилищ. Только во второй половине лета 1936 г., по мере окончания других изысканий, удалось пустить эти работы полным ходом, и к XIX годовщине Великой пролетарской революции они были закончены в части полевых исследований повсюду, за исключением Химкинского водохранилища, где те же причины значительно задержали их завершение. Общий объем работ в 1935 и 1936 годах выразился в 11218 пог. метр бурения, с 807 скважинами на 147 поперечниках, относящихся к Волжскому, Икшинскому, Учискскому и Клязьминскому водохранилищам. С учетом работ 1934 г. это составляет, в конечном итоге, весьма внушительную величину в 16386 пог. метр (1339 скважин на 164 поперечниках), которые распределяются по водохранилищам следующим образом, при чем около четверти скважин оборудовано фильтрами для стационарных наблюдений:

Волжское водохр.—метраж 6500, скважин 813, поперечн. 111				
Икшинское	"	1150	"	50
Учискское	"	5356	"	271
Клязьминское	"	3380	"	205
				16



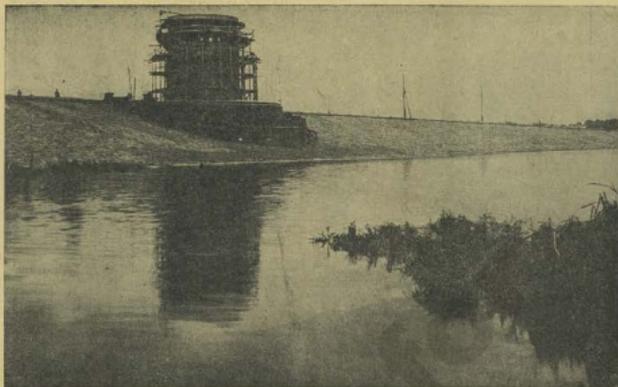
Эти высокие цифры свидетельствуют о громадном размахе исследовательских работ, не имеющих себе равного ни в нашей стране, ни, насколько известно, за границей.

Обработка собранных материалов была связана жестким сроком выдачи отчета в начале 1937 г. Это заставило, во первых, ограничить ее одними водохранилищами, не касаясь пока зоны подпора вдоль канала, а во вторых, вследствие неизбежной задержки с изучением механического состава грунтов, — произвести ее почти без учета фильтрационных свойств последних; не удалось, конечно, учесть и колебания уровня грунтовых вод, улавливаемые длительными наблюдениями в стационарных скважинах, а также обработать обильные гидрохимические материалы. При всем том, выпущенный Отделом Геологии отчет, содержащий 240 страниц машинописного текста и сопровождаемый 147 гидрогеологическими профилями и 76 планшетами карт гидрозогипс до и после подпора, представляет собою безусловно крупное достижение в новом деле изучения подпора грунтовых вод гидротехническими сооружениями, заслуживающее широкого опубликования.

Расчет подпора производился по методике консультанта Москва-Волгостроя проф. Г. Н. Каменского, изложенной в его труде «Основы динамики подземных вод» (ч. II, 1936 г.), а также в особой главе в указанном выше отчете. При этом различалось три случая: первый, наиболее распространенный, когда область питания и расход грунтового потока после подпора не меняются; второй — когда водораздел грунтовых вод перемещается в сторону подпора, а область питания и расход потока несколько уменьшаются; и третий — при котором область питания, расход и баланс потока меняются после подпора весьма существенно, до степени образования обратного, одностороннего потока из водохранилища. Для каждого случая выведены свои формулы, которые мы здесь не приводим, отсылая интересующихся к работам названного автора.

Главные результаты исполненных изысканий, как они представлены в упомянутом отчете, заключаются в следующем.

Среди четырех описанных в нем водохранилищ Волжское решительно выделяется своей величиной, о чем наглядно свидетельствует таблица, составленная по данным Отдела Гидрологии Москва-Волгостроя:



Земляная плотина у села Пестово, огранждающая водостойное Ануловское водохранилище от судового пути

ла и все имеют одинаковую отметку зеркала воды в 162 м. От начала Волжского до конца Клязьминского депь водохранилищ тянется, примерно, на 250 км, и на столь значительном протяжении местность весьма различна в геоморфологическом и гидрогеологическом отношении.

В области расположения Волжского водохранилища и канала ясно обозначаются три главных геоморфологических элемента. Это, во первых, обширная низина, тянущаяся по берегам Волги между городами Калинин и Клязьмин и отличающаяся однообразным ландшафтом, с выровненной, очень слабо всхолмленной поверхностью, с низкими, неоформленными водоразделами, с невысокими берегами рек и с плохо развитой речной сетью. Отметки этой лесистой и изобилующей торфяниками и болотами местности не превышают 135—140 м, при отметках бытового уровня Волги 107—108 м у Ивановской плотины, и 119 м — в верхнем конце водохранилища. Низина распространяется не только по Волге, но и по притоку ее — Шоше с Ламой и Лобью, уходя по ним далеко вверх. Многочисленные обнажения по берегам Волги и других рек вскрывают лишь аллювиальные отложения яли, реже, моренные суглинки и межледниковые пески и супеси.

Второй геоморфологический элемент — резко ограничивающая низину с юга так называемая Клиско-Дмитровская гряда. Она представляет собою систему крупных, хорошо расчлененных возвышенностей, достигающих в своих наибольших высотах отметок почти в 300 м. Уровни прорезающих ее рек лежат на много десятков метров ниже: так, например, отметка р. Яхромы у г. Дмитрова составляет 127—128 м, а коренные берега ее поднимаются здесь до 220—230 м. В противоположность Приволжской низине, в пределах гряды долины рек сужены, резко ограничены и окаймлены высокими, рельефными и живописными коренными склонами. Берега рек и оврагов изобилуют обнажениями коренных пород, при чем в них вскрываются напластования нижнего и верхнего мела, от апта до эмпера, лежащего на отметках 200—210 и более метров, тогда как ледниковые отложения образуют на склонах плащеобразные покровы, утончающиеся на вершинах.

Несколько севернее Дмитрова Клиско-Дмитровская гряда резко выраженным уступом граничит с Приволжской низиной. Ширина ее к югу от этого города имеет около 30 км, и далее она постепенным переходом называется с депрессией, которую, по ее главным рекам, можно назвать Учинско-Клязьминской. Последняя представляет собой третью геоморфологическую элемент. Она доходит на западе до линии Октябрьской ж. д., на юге включает и долину р. Москвы, имея границей полосу значительных высот, тянущихся по правобережью этой реки и нередко превышающих 200 м, а на восток уходит далеко по Клязьме, сливаясь с так называемой Мещерской низменностью. Учинско-Клязьминская депрессия обладает хорошо развитой речной сетью, при чем все сколько-нибудь крупные реки (кроме Москвы) стекают с севера, с Клиско-Дмитровской гряды. Долины их в боль-

	Волжское водохранилище	Учинское водохранилище	Клязьминское водохранилище	Клязьминское водохранилище
Абсолютные отметки уровней воды в м . . . . .	124,0	162,0	162,0	162,0
Площадь водного зеркала в км <sup>2</sup> . . . . .	327,33	4,86	37,24	15,16
Объем в миллионах м <sup>3</sup> . . . . .	1120,0	14,53	318,44	86,53

Волжское водохранилище служит в системе канала головным резервуаром, с проектной отметкой уровня воды в 124,0 м; остальные лежат в водораздельной части кана-



Ижманское водохранилище



Клязьминское водохранилище

В большинстве случаев несимметричны, но берега, вообще, невысоки и отлоги. Водораздельные пространства широки и выровнены и представляют собой слабо всхолмленные плато с отметками главных высот не более 165—180 м, при бытовых горизонтах Учи близ Акуловской плотины около 143 м и Клязьмы у Пироговской — 147 м. Коренные породы лежат довольно глубоко от поверхности, и едва ли не единственное обнажение их находится близ с. Акулова, где открыты аптские слои.

Изученные ныне водохранилища распределяются между всеми тремя геоморфологическими элементами: в пределах Волжской низины располагается Волжское водохранилище; в пределах гряды—Ижманское, а в Учинско-Клязьминской депрессии—Учинское и Клязьминское. В очертаниях каждого из них сказываются детали рельефа, свойственные данному геоморфологическому элементу. Волжское водохранилище \*) имеет сильно ветвистую, многолопастную форму и образует большие разливы по нескольким километрам ширины. Оно затопляет не только пойму, но, нередко и надпойменную террасу, создавая многочисленные острова различных размеров. Только между устьями рек Шоси и Сози обособляется участок Волги, где, благодаря приближенному к реке сравнительно высоким берегам, границы затопления тянутся почти параллельно, и ширина его редко превышает 1 км.

Иные черты отличают Ижманское водохранилище. Растянувшись в довольно узкой, симметричной долине, с высокими берегами, сложенными в основании коренными породами, оно по своей конфигурации представляет собой как бы отрезок широкой, в среднем—менее 1 км, многоводной реки. Это—геоморфологический тип водохранилища, противоположный волжскому.

Совершенно такой же характер имеет Клязьминское водохранилище, но только, в связи с асимметрией и более крупными размерами долины, образующее им подобие реки обладает более извилистыми берегами, особенно левым, и более значительной шириной.

Учинское водохранилище является типом, переходным между волжским и ижманским—клязьминским типами. По своей фигуре оно напоминает ветвящееся дерево, при чем главным стволом служит Уча. В деталях мы встречаем на нем и подобные реке отрезки, очертанные более или менее параллельными берегами, достигающими по р. Черной более 1 км ширины, и широкие разливы при слиянии Учи с Визью, где водное зеркало имеет до 5 км в ширину.



Учинское водохранилище

По всем водохранилищам речные берега обладают террасами в числе не менее трех (пойма, и I и II надпойменные террасы), сложенными, главным образом, современными и древними аллювиальными отложениями и, в меньшей степени,—ледниковыми флювиогляциальными. Пойма, конечно, целиком скрывается под урезом водохранилища; что же касается первой надпойменной террасы, то она затопляется лишь частично, так как при ее одинаковых относительных высотах над реками, она неизбежно выходит местами за пределы затопления.

С водохранилищами непосредственно связан и подвергается прямому влиянию подпора лишь горизонт грунтовых вод; все же более глубокие межпластовые и артезианские водоносные горизонты или не испытывают никакого воздействия со стороны подпертых водоемов, или же, что случается гораздо реже, находятся в косвенной связи с ними при посредстве грунтовых вод там, где последние имеют гидравлическое сопряжение с этими горизонтами. Подобные условия осуществляются кое-где в берегах Учинского и Клязьминского водохранилищ.

Что же касается грунтовых вод, то они обладают однообразным и сходным характером в берегах всех водохранилищ, отличаюсь лишь геологическим возрастом содержащих их пород и условиями залегания водоупоров. Так, в верхней части Волжского водохранилища водоупором служит, преимущественно, нижняя морена, но нередко также им бывает своеобразная тонкослоистая глина типа ленточной, видимо, древне-озерного происхождения. В нижней части водохранилища водоупором становится верхняя морена. Водоносными являются, главным образом, современные (в пойме) или древние (в надпойменных террасах) аллювиальные отложения; в склонах прибрежных плато грунтовые воды нередко подпочины верхней выветренной части морены (так называемый элювий).

В берегах Ижманского водохранилища в сложной наслоенной и пестрой серии флювиогляциальных и древне-аллювиальных образований встречаются многочисленные местные суглинки и супесчаные водоупоры, но основным водоупором служат аптские суглинки, залегающие значительно глубже дна современных водотоков; моренный водоупор имеет здесь второстепенное значение.

В районе Учинского водохранилища водоупоры местами оказываются уничтожены размывом, и разные водоносные горизонты соединяются друг с другом, так что влияние подпора распространяется глубже, чем только на горизонт

\*) Карту Волжского водохранилища см. на стр. 3.

грунтовых вод. Последний же в большинстве случаев связан с верхнеэлювиальными флювиогляциальными песками, лежащими на верхней морене.

У Клязьминского водохранилища главный водоносный горизонт подчинен подморенным и юрским (нижеволжским) пескам, подстилаемым водоупорными нижневолжскими супесями и покрываемыми мореной. По существу, он относится к типу межпластовых и кое-где даже имеет свойства напорного. Однако, в долине Клязьмы моренное перекрытие замещено аллювием, и этот горизонт дренируется рекой, подвергается вместе с тем и подпору. Горизонт собственно грунтовых вод связан с древне-аллювиальными террасовыми песками, а частью, с делювиальными образованиями над мореной, и в полной мере испытывает влияние подпора.

Определяющаяся подпором величина подъема грунтовых вод в значительной степени зависит от геоморфологических особенностей. Мы установили выше два основных геоморфологических типа водохранилищ — икшинский и волжский. Первый обладает глубокими и относительно узкими речными долинами, с резко обозначенными, высокими коренными берегами, в которых грунтовый поток залегают, вообще говоря, довольно глубоко и испускает рельефо к бытовому урезу реки. При заполнении водохранилища, урез испытывает сравнительно небольшое горизонтальное перемещение, и депрессионная кривая подпора тем скорее совпадает с бытовой, чем круче последняя склоняется к урезу водотока. Таким образом, зона влияния подпора, как общее правило, неширока, и это особенно заметно в случае наклонного водоупора, выраженного, например, плащеобразно покрывающей склон мореной. Только на участках пологих склонов и террас грунтовые воды поднимаются близко к поверхности, угрожая даже подтоплением некоторых населенных пунктов, огородов и пашен.

Противоположный тип водохранилища — волжский, с его преобладающе широкими долинами, слабо очерченными и расплывчатыми коренными склонами и невысокими террасовыми берегами и междуручьями, характеризуется близко к поверхности лежащим и полого склоняющимся к реке грунтовым потоком, в его бытовых условиях, при сильной заболоченности прибрежных и междуручьев пространств. Заполнение водохранилища сопровождается значительным горизонтальным смещением уреза воды, с образованием обширных мелких площадей затопления и далеким распространением зон влияния подпора вглубь берегов. Вертикальное перемещение депрессионных кривых может быть очень невелико, но на ровной, заболоченной местности, с высокими грунтовыми водами оно, сопутствуясь капиллярным поднятием воды, усугубляет заболоченность и часто вызывает подтопление построек и земельных угодий.

Подобные условия осуществляются на широких пространствах надпойменных террас рек Шоши и Ламы, вплоть до

коренных берегов, сложенных мореной, при чем там, где эти берега подходят близко к водохранилищу, подпор распространяется главным образом по противоположному берегу.

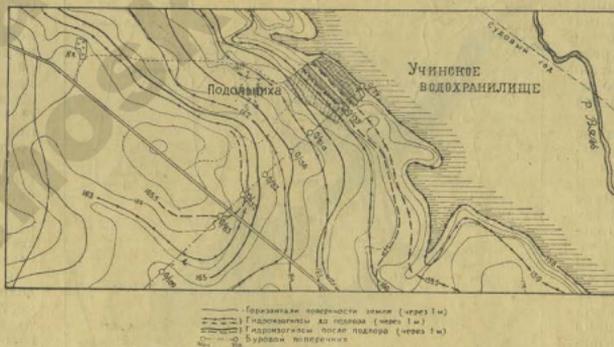
Те же условия наблюдаются в правом берегу Волги, в пределах ее междуречья с Шошей, где, между прочим, находится крупное производственно-исследовательское учреждение — торфяная опытная станция, а также в низких берегах водохранилища от Кокакова до Иваньковской плотины. Исключением является участок Волги между устьем Шоши и Кокаковым и р. Созью, в пределах которого берега суженной долины сложены верхней мореной, и подпор грунтового потока не встречает возможности распространения.

Равным образом, многие низкие междуречья в берегах Учнинского водохранилища и ряд участков, особенно по левому берегу Клязьминского, — характеризуются столь значительным распространением зоны влияния подпора, что ее даже не удавалось ловить буровыми поперечниками, тем более при наличии горизонтальных водоупоров. В таких случаях глубина залегания грунтовых вод в 2 м от поверхности уже может угрожать подтоплением, чему способствуют сезонные колебания их в связи с атмосферными осадками и капиллярное поднятие воды, которое в мелких песках и рыхлых супесях достигает величины 1 м и более. Наоборот, в правом берегу Клязьминского водохранилища преобладает высокое залегание морены, и угроза подтопления здесь незначительна.

Размер журнальной статьи не позволяет подробнее изложить результаты исполненных работ, но необходимо отметить, что они не являются исчерпывающими. Ближайшая задача состоит в том, чтобы развить и уточнить расчет депрессионных кривых бытового и подпорного потоков, с учетом фильтрационных свойств грунтов, химизма вод и одновременных гидротермических наблюдений в стационарных скважинах, а также распространить его на зону подпора вдоль всего канала.

В настоящее время Отдел Геологии, вместе с Гидротехнической Лабораторией, предпринял интересную экспериментальную работу по проверке методики расчета депрессионных кривых подпора. Работа производится в большом лотке, где моделируются природные условия берегов водохранилищ от простейших к более сложным. Богатство технических возможностей названной Лаборатории позволяет создать весьма широкий круг явлений

подпора и сработки, с учетом однородности и неоднородности грунтов, влияния инфильтрации, пр. Отмеченная выше слабость методики расчета делает предпринятые опыты чрезвычайно ценными в интересах ее теоретической разработки и решения практических вопросов подтопления, тем более, что они открывают возможность простейшего получения предварительных прогнозов для начальных проектных соображений.



Гидрогеологическая карта

# Землеустроительные и санитарные мероприятия по водохранилищам канала Москва-Волга

Инженер Э. Д. ЛУСКИН.

**ВОДОХРАНИЛИЩА** канала находятся на территории двух областей — Московской и Калининской, и захватывают 9 административных районов; границы водохранилищ (зона затопления) обозначены в натуре столбами, отстоящими друг от друга, в среднем, метров на 30.

Прямые линии, соединяющие эти столбы, находятся на расстоянии до 5 метров вправо или влево от истинного положения горизонтали затопления. В отдельных местах (селения, горный лес и проч.) столбы затопления обозначены в натуре более частыми столбами, затесками на ближайших деревьях и проч.

Площадь водохранилищ — общая и по угодьям — видна из следующей таблицы:

Таблица 1

Водохранилища	Область	Административные районы	В ТОМ ЧИСЛЕ:						
			Всего водноземельно-лесных и га водноземельно-лесных угодьями, садами	Пашни	Луга	Леса и кустарники	Прочие		
Иваньковское	Калининская	Конаковский Завидовский Туринский Кимрский	35464	1211	9993	8644	9356	6280	
Яхромское	Московская	Дмитровский	127	17	2	56	19	33	
Икшинское	Московская	Дмитровский	461	28	79	234	21	99	
Учинское (Акуловское, Пазовское, Пестовское)	Московская	Дмитровский Пушкинский	3946	223	1222	725	1560	216	
Клязьминское	Московская	Дмитровский Мытищинский Пушкинский	1438	139	498	460	145	196	
Химкинское	Московская	Красногорский	347	20	112	36	48	131	
ВСЕГО			41733	1638	11906	10155	11149	6935	

ПРИМЕЧАНИЕ: Приведены в таблицах цифры будут уточнены в составленном Отделом Отчуждения подробном технико-финансовом отчете.

Следует отметить, что наибольший ущерб для населения приносит затопление удобных земель и высокоденежных земельных лугов, особенно в пойме реки Шоши (Иваньковское водохранилище).

Водохранилища захватывают территорию, воденную довольно густо: например, по Ивановскому водохранилищу густота населения равна 557 человек на 1 км<sup>2</sup>.

Затоплением затрагиваются 195 населенных пунктов с общим количеством хозяйств 7716, из них затопляются 5602 хозяйства. Кроме того, согласно постановления СНК РСФСР от 27/1/1936 г. о санитарной охране канала, необходимо было вынести за границы установленной этим постановлением строгой санитарной зоны из нескольких селений 196 хозяйств.

Из населенных пунктов городского типа, попавших в зону затопления, следует отметить гор. Корчеву (Иваньковское водохранилище) — 360 домов, и поселок Хлебников (Клязьминское водохранилище) — 236 домов.

Распределение по водохранилищам хозяйств затопляемых, а также хозяйств, подлежащих переносу из строгой санитарной зоны, следующее:

Таблица 2

ВОДОХРАНИЛИЩА	Число затопляемых хозяйств		Население
	Колхозных и индивидуальных	Не связанных с х-вом	
Иваньковское	3094	1547	19500
Яхромское	—	1	4
Икшинское	78	3	330
Учинское	473	185	1780
Клязьминское	342	41	1640
Химкинское	28	6	140
ВСЕГО			23394

Из более или менее крупных промышленных предприятий в зону водохранилищ попали: фабрика бывш. Кзмовольного треста „Пролетарская отряда“, Хлебниковская фабрика „Мосшерстьсукно“, Никольская шерстепрядильная фабрика. Частично задевается затоплением Конаковская фарфоро-фаянсовая фабрика имени Калинин, и стекольный завод им. 1 Мая на реке Соши (Иваньковское водохранилище). Попали также в зону затопления и строгую санитарную зону 46 школ, 3 больницы и 377 строений различных предприятий и учреждений.

Ввиду предстоящего затопления, уже с 1933 года начались работы по переносу селений и связанных с ними социально-культурных учреждений, эвакуации промышленных предприятий и проч.

На основе собранных и полученных путем новых съемок (аэросъемок и наземных) плановых материалов были развернуты крупные землеустроительные работы по размещению населения на новых местах и по подготовке для него нового фонда сельскохозяйственных и усадебных земель.

В результате детального и всестороннего изучения земельного баланса селений в радиусе до 25 км от водохранилищ (а в отдельных случаях и больше) были составлены по каждому административному району эскизные землеустроительные проекты. По этим проектам, составленным в нескольких вариантах, Строительством и райисполкомами определялись селения, в которые доприселялись переносимые хозяйства, намечались новые точки хозяйственных центров, устанавливались необходимые работы по подготовке земельного фонда и связанные с этим капиталовложения Строительства.

Большая часть переселенцев размещается в порядке доприселения к существующим селениям или путем переноса строений из зоны затопления и строгой санитарной зоны на оставшиеся земли своих же селений. Для части населения выбраны новые хозяйственные центры. Остальное население, главным образом из лиц, не связанных с сельским хозяйством (кустарь, служащие, рабочие ирпромпредприятий и т. п.), или переехало в ближайшие крупные населенные пункты — гор. Корчева, гор. Кимры, фабрика „Изоплит“, пос. Редькино, пос. Завидово (Иваньковское водохранилище), пос. Шереметьевский (Клязьминское водохранилище), или, продав свои дома Строительству, выехало в другие районы. Население гор. Корчева почти полностью переселено в гор. Конаково (13 км); поселок Хлебниково, в основном, переселен в пос. Шереметьевский (4 км).

Вложившие населением на старых местах и неиспользованные труд и средства (сады, ягодники, парники, изгородь и проч.) Строительством оплачиваются.

Новое размещение населения показано в следующей таблице:

Таблица 3

ВОДОХРАНИЛИЩА	ВСЕГО переселится хозяйств	В Т О М Ч И С Л Е				
		Переселено в новые или существующие хозяйства	Переселено в существующие хозяйства	Переселено на вновь образованные хозяйства	Переселено в города и поселки городского типа	Подлежащее дальнейшему комплектованию и выводу из программы района
Иваньковское . . .	4041	1873	290	505	1250	753
Язрское . . . . .	1	1	—	—	—	—
Икшинское . . . .	81	35	46	—	—	—
Учнинское . . . . .	668	399	117	—	142	—
Клязьминское . . .	383	207	1	—	175	—
Химкинское . . . .	84	22	12	—	—	—
ВСЕГО	5798	2537	436	505	1567	753

Выбор новых усадебных мест (хозяйственные центры, а также территории доприселения) произведен весьма тщательно, специальными комиссиями в составе гидро техника, планировщика, санврача и представителя Строительства. На всей территории хозцентров произведена крупномасштабная горизонтальная и вертикальная съемка и на основе ее детальная планировка жилых, производственных и культурно-бытовых секторов. На основании планировки в натуре нарезаны усадебные участки с учетом дальнейшего развития колхозов. В зоне производственного сектора отведены места под скотный двор, постройки для с/х инвентаря, овощехранилища и т. п. На территории культурно-бытового сектора указаны места под школы, клубы, физкультурно-спортивные учреждения, торговую сеть, административные учреждения и проч.

При планировке предусмотрено создание зеленой зоны, устройство достаточной дорожной сети и проч.

Водоснабжение обеспечивается путем устройства соответствующего количества шахтных колодезь для питья и прудов-копаней для пожарных целей и бытовых нужд обитателей.

В связи с переселением из зоны водохранилищ произведена планировка нового районного центра—гор. Кокавова, а также гор. Кимры (дополнительная) и поселка Шереметьевского.

Расстояние переноса затопляемых домов на новые места различно. Среднеарифметическое расстояние переноса из водохранилищ Московской области—около 6 км, а из Иваньковского водохранилища—значительно большее (около 12 км), что объясняется большими размерами зоны затопления, необходимостью переноса строений за зону ожидаемого в районе водохранилища заболачивания и проч.

В настоящее время все водохранилища, кроме Иваньковского, за незначительным исключением уже очищены от строений. К 20 февраля с. г. по Иваньковскому водохранилищу оставалось вывезти еще около 200 жилых строений и около 800 всякого рода нежилых.

Перенос жилых строений колхозников и прочих граждан производится, в основном, непосредственно силами и средствами Строительства. Нежилые постройки переносятся самими владельцами за счет МВС, который отпускает и стройматериалы, необходимые для восстановления на новом месте изношенных частей построек.

Строения госорганов, которые по материалу стен, конструкции и проценту амортизации допускают перенос,—переносятся силами самих госорганов за счет Строительства.

Из таблицы 4 видно, сколько жилых домов отдельных лиц переселено Строительством, сколько домов куплено им (оставлено в его распоряжении) и сколько перенесено силами владельцев за счет МВС.



Подъем целины в с/п Борцино, Завидовский район, колхоз „Дружба“.



Корчевка и осушение—сел. Борцино, Завидовский район, колхоз „Дружба“.



Ловчий канал—сел. Борцино, Завидовский район, колхоз „Дружба“.

Таблица 4

ВОДОХРАНИЛИЩА	Административные районы	Всего затопляется хозяйств	Из числа затопляемых хозяйств		
			Получают дождевую воду (продажа вода МВС)	Переселены в связи с учетом МВС	Переселены силами МВС
Иваньковское	Конаковский Завидовский Кимрский Тургиновск.	4611	753	378	3510
Яхромское	Дмитровский	1	—	—	1
Икшинское	Дмитровский	81	—	10	71
Учинское (Акуловское, Пестовское, Павловское)	Дмитровский Пушкинский	658	—	61	597
Клязьминское	Дмитровский Жуковский Пушкинский	383	—	1	382
Химкинское	Красногорский	34	—	—	34
	ВСЕГО:	5798	753	450	4595

Для обеспечения переселенцев необходимыми земельными угодиями, Строительством согласно утвержденных землеустроительных проектов отпускаются соответствующие средства на подготовку новых и улучшение существующих пахотных, луговых, выгонных и прочих земель путем раскорчевки лесов и кустарников, осушки заболоченных участков, посева трав, отрезки кочек, внесения удобрений и проч. При наличии соответствующих экономических условий, Строительством для восстановления утерянной доходности переселенных хозяйств отпускаются необходимые средства на интенсификацию хозяйства путем закладки ягодников, устройства парников и огородов, травосеяния и т. п.

Все средства на мелиоративные и гидротехнические мероприятия, переустройство дорожной сети, обводнение и др. надобности, связанные с устройством переселяемых на новых местах, вносятся Строительством на специальный счет соответствующих райисполкомов. На обязанности последних лежит организация всех указанных работ.

Часть этих работ уже выполнена: раскорчевано 2.100 га (из общего количества 8.338); осушено 4.6-0 га (из общего количества 11.080); вырыто колодезь 505 (из общего количества 569); вырыто 36 прудов (из общего количества 145) и проч.

Хозяйственное устройство почти всей затрагиваемой переселением территории (парезка полей, севооборот, отвод в них бригадных участков) закончен.

Несомненно, что при правильной организации оставшихся работ по устройству новых хозяйственных центров и подготовке земельного фонда, — все эти работы, поскольку они полностью обеспечиваются отпускаемыми Строительством средствами, могут быть, в основном, закончены уже в текущем году.

Перенос строений производится, кроме строгой санитарной зоны, лишь по зоне затопления, т. е. по Ивановскому водохранилищу до отметки +124 метра, а по остальным водохранилищам до отметки +162 метра.

Из прилегающей к водохранилищам зоны возможного, в связи с поднятием уровня грунтовых вод, подтопления (заболочивания), перенос строений не производится вследствие незакономерности Строительством работ по определению характера и границ возможного подтопления, а также вследствие отсутствия в утвержденной смете Строительства соответствующих средств. Строения же зоны затопления перенесены за границы зоны подтопления, установленные в 1934 году Отделом Геологии Строительства в результате предварительных гидрогеологических изысканий.

На всей территории Учинского, Клязьминского, Икшинского и Яхромского водохранилищ Строительством проводятся большие работы по санитарной очистке: вырубается лес и кустарник, выжигаются пни, вывозятся за пределы зоны затопления все остатки древесины, хвороста и огородных растений.

Затопляемая территория после переноса с нее строений тщательно очищается от нечистот, навоза, мусора и прочих отбросов, которые также вывозятся за пределы зоны затопления.

Площадь, освобожденная от всех загрязнений, дезинфицируется, выгребные ямы после очистки хлорируются и засыпаются чистым грунтом; чистым грунтом засыпаются также и шахтные колодези.

По названным водохранилищам все санитарные мероприятия, кроме укрепления кладбищ, почти полностью закончены. К укреплению кладбищ Куровского и Витеневского (Учинское водохранилище), Остаховского и Сорokino-Старогорского к 20 февраля с. г. еще не приступлено; крепление кладбища «Покровская Гора» (Клязьминское водохранилище) надо значительно усилить. Все работы по креплению надо, разумеется, закончить до предстоящего весеннего паводка, если навод воды будет доведен до предельной отметки (+162 м).

По водохранилищам Ивановскому и Химкинскому, в основном, проводятся те же работы по санитарике территории селений и фабрично-заводских предприятий, заделке скотомогильников и кладбищ.

Так как эти водохранилища в отношении водоохраны не имеют для Москвы такого большого значения, как остальные, Госсанинспекция разрешает проводить по ним санитарные мероприятия по облегченным условиям. Однако, ввиду огромных размеров Ивановского водохранилища оставшийся объем работ требует еще очень большого напряжения, чтобы закончить их и сдать Госсанинспекции до начала паводка.

Специальные мероприятия проводятся и по строгой санитарной зоне. Зона эта по водохранилищам установлена шириной в 150 метров по горизонтали затопления вдоль берегов водохранилищ Яхромского и Икшинского и судовой части Учинского водохранилища. Кроме того, в строгую санитарную зону входит также вся водосборная площадь непосредственного стока водопроводной части Учинского водохранилища с включением в эту зону правобережного участка бассейна реки Серебрянки. Границы строгой санитарной зоны по водохранилищам обозначены в натуре столбами.

Помимо упомянутого переноса Строительством из строгой санитарной зоны, на отпущенные МВС средства в находящихся в строгой санитарной зоне водохранилища селения строятся 195 неприоритетных водохранилищ-жижепреников, 234 уборных и помойных ям с неприоритетными выгребями.

Берега водопроводной части Учинского водохранилища на расстоянии 140 метров от десятиметровой полосы, оставшейся вдоль водохранилища, а по всей остальной части Учинского водохранилища, так же как и по водохранилищам Яхромскому, Икшинскому и Клязьминскому, на расстоянии 40 метров от указанной полосы, — подлежат облесению.

Проект облесения составлен под руководством проф. Н. Н. Степанова и утвержден. С весны развернутся облесительные работы. Так как в строгой санитарной зоне совершенно воспрещается обработка земли с навозным удобрением, то вся остающаяся свободной от засеяния пахотная земля в пределах строгой санитарной зоны залужается семенами луговых трав, на что Строительством отпущены соответствующие средства.

В результате работ, проводимых Строительством Строительством или под его ближайшим руководством и контролем, водохранилища будут приведены в полный санитарный порядок, а население получит все необходимые условия для зажиточной жизни на новых местах.

# Методы гидравлических расчетов для составления схемы маневрирования затворами гидротехнических сооружений при пропуске паводков

Инж. А. А. УГИНЧУС

**П**РАКТИКА проектирования и эксплуатации гидротехнических сооружений давно привела к необходимости составления гидравлически обоснованных эксплуатационных схем маневрирования затворами, чтобы создавать оптимальные условия протекания воды в нижнем бьефе.

Только рационально составленная схема эксплуатации может дать гарантию в том, что запроектированные устройства для гашения энергии будут обеспечивать нижний бьеф от размыва.

Автором настоящей работы еще в 1926—27 гг. по поручению Бюро по составлению проекта орошения Голодной Степи был исполнен гидравлический расчет нижнего бьефа Беговатской плотины на р. Сыр-Дарье, причем основной целью такого расчета являлся выбор рациональной глубины водобойного колодца, соответствующей определенным эксплуатационным правилам, устанавливаемым также в результате данного гидравлического расчета\*).

Расчет этот был выполнен по нижеприведенной схеме: пользуясь методом определения глубины водобойного колодца, изложенным в нашей работе „К вопросу о расчете водобойных колодцев\*\*“), для каждого из двенадцати отверстий плотины были подсчитаны необходимые глубины водобойных колодцев для различных значений единичных расходов.

При этом расчеты велись по нижеприведенной табличной форме:

ТАБЛИЦА № —

Число одновременно работающих отверстий  $l$

$q$	$h_{кр}$	$Q = nlq$	$t_2$	$z = H - t_2$	$\frac{z}{h_{кр}}$	$\frac{H^*}{h_{кр}}$	$H^*$	$d = H^* - H$

Здесь обозначено:

$l$  — число одновременно работающих отверстий с одинаковым открытием;

$q$  — расход на единицу ширины отверстия;

$h_{кр}$  — критическая глубина;

$l$  — эффективная ширина одного отверстия;

$Q$  — суммарный расход, проходящий через все отверстия;

$t_2$  — глубина воды в нижнем бьефе, соответствующая

\*) Пояснительная записка с вышеуказанным гидравлическим расчетом находится среди технических документов Б. Бюро по орошению Голодной Степи (Ташкент).

\*\*) См. XVIII выпуск „Известий Научно-Мелиорационного Института“ за 1929 г.

расходу  $Q = nlq$  (определяется по кривой связи между расходами и горизонтами);

$z$  — перепад (разность уровней бьефов);

$H$  — полный напор (полная удельная энергия);

$H^*$  — „критический напор“, при котором происходит затопление прыжка при помощи колодца, глубиной

$$d = H^* - H;$$

$d$  — глубина водобойного колодца.

На основании анализа полученных данных была выбрана во-первых, глубина водобойного колодца во-вторых, было установлено необходимое количество одновременно работающих отверстий, при которых выбранная глубина водобойного колодца обеспечивала бы затопление прыжка, и, наконец, были установлены те расходы и то количество отверстий, при которых не требовалось бы устройство водобойных колодцев.

Последние данные весьма просто получаются для разных комбинаций при случаях, соответствующих нулевой глубине водобойного колодца.

Иначе говоря, при помощи таблиц подобного рода можно чрезвычайно наглядно разрешать все вопросы, связанные с составлением схемы маневрирования затворами, что и было исполнено в 1926 году для Беговатской плотины на р. Сыр-Дарье.

В частности, при помощи указанных таблиц можно достаточно наглядно и просто устанавливать также и величину „ступеней“ подема \*) затворов, связанные с характером и интенсивностью заполнения нижнего бьефа. Таким образом, наше предложение применить теорию гидравлического прыжка к проектированию эксплуатационных схем оказалось чрезвычайно целесообразным. В этом легко можно убедиться также и потому, что затронутому вопросу в последнее время посвящен ряд работ других авторов (инж. А. Н. Шварц, акад. Н. Н. Павловский\*\*), инж. А. Ф. Бурко в\*\*\*), где как-раз применена теория гидравлического прыжка к проектированию эксплуатационных схем. Размеры настоящей статьи не позволяют дать критический обзор работ указанных авторов\*\*\*\*). Здесь мы лишь только отметим, что полученные нами новые решения, представляя дальнейшее развитие нашего первоначального предложения (табличное решение), являются более совершенными по сравнению с предложениями выше указанных авторов. Заканчивая на этом наши общие замечания по затронутому вопросу, перейдем к изложению предмета нашей работы.

\*) Ввиду того, что расчетный уровень воды в нижнем бьефе при пропуске сбросных расходов устанавливается только через некоторый промежуток времени, а также учитывая опасность быстрого открытия затвора для устойчивости сооружения, в нижнем бьефе затворы, обычно, поднимают по возможности медленно, давая известные интервалы в подеме, которые иногда называют „ступенью“ подема затвора.

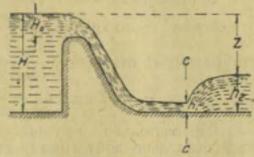
\*\*\*) Акад. Н. Н. Павловский. О принципах маневрирования затворами плотины для сведения размывов до минимума (доклад, посланный на XVI Международной судоходной конгресс в Брюсселе). Известия НИИГ, вып. XVI за 1935 г.

\*\*\*\*) Инж. А. М. Бурко в. К расчету сопряжения бьефов плотин, имеющих большой сливной фронт, Известия НИИГ, вып. XVI за 1935 г.

\*\*\*\*\*) Это мы предполагаем сделать в специальной работе, подлежащей к печати.

Основные зависимости, служащие для определения условий сопряжения уровней бьефов.

Как показано в вышеуказанной нашей работе «К вопросу о расчете водобойных колодез», для определения условий сопряжения уровней бьефов служат три основные зависимости:



Фиг. 1

1) Выражение для расхода воды в сжатом сечении (фиг. 1)

$$q = \varphi h_1 V \sqrt{2g(H-h_1)} \dots \dots \dots (1)$$

где  $\varphi$  — коэффициент скорости, а  $h_1$  — глубина воды в сжатом сечении C-C.

2) Уравнение прыжка

$$2 h_{кр}^3 = h_1^2 h_2 + h_1 h_2^2 \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{или } h_2 = \frac{h_1}{2} \left[ \sqrt{1 + \frac{8 h_{кр}^3}{h_1^3}} - 1 \right] \dots \dots \dots (2')$$

3) Выражение для перепада  $z$ , соответствующего случаю, когда прыжок начинается непосредственно в сжатом сечении (когда  $h_2 = t_1$ ), т. е. критическому положению, при котором при малейшем возрастании бытовой глубины  $t_2$  прыжок будет затопливаться

$$z = H - h_2 (t_2) \dots \dots \dots (3)$$

Разделив уравнения (1) и (2) на  $h_{кр}^3$  и уравнение (3) на  $h_{кр}$ , мы тем самым относим все величины, входящие в приведенные зависимости, к критической глубине.

Произведя же необходимые преобразования, получаем

$$\frac{H}{h_{кр}} = \frac{\left(\frac{h_{кр}}{h_1}\right)^3 + 2\varphi^2}{2\varphi^2 \frac{h_{кр}}{h_1}} \text{ т. е. } \frac{H}{h_{кр}} = f\left(\frac{h_{кр}}{h_1}\right) \dots \dots \dots (4)$$

$$\frac{h_2}{h_{кр}} = -\frac{1}{1 \frac{h_{кр}}{h_1}} + \sqrt{\frac{1}{4 \left(\frac{h_{кр}}{h_1}\right)^2} + 2 \frac{h_{кр}}{h_1}} \text{ т. е. } \frac{h_2}{h_{кр}} = f\left(\frac{h_{кр}}{h_1}\right) \dots \dots \dots (5)$$

$$\frac{z}{h_{кр}} = \frac{H}{h_{кр}} - \frac{h_2}{h_{кр}} = \frac{\left(\frac{h_{кр}}{h_1}\right)^3 + 2\varphi^2}{2\varphi^2 \frac{h_{кр}}{h_1}} - \frac{1}{2 \frac{h_{кр}}{h_1}} + \sqrt{\frac{1}{4 \left(\frac{h_{кр}}{h_1}\right)^2} + 2 \frac{h_{кр}}{h_1}} \text{ т. е. } \frac{z}{h_{кр}} = f\left(\frac{h_{кр}}{h_1}\right) \dots \dots \dots (6)$$

Эти три зависимости и являются основными для гидравлического расчета нижнего бьефа. Пользуясь этими зависимостями, нами составлены для различных значений коэффициента скорости  $\varphi$  таблицы функций

$$\frac{H}{h_{кр}} = f\left(\frac{h_{кр}}{h_1}\right), \frac{h_2}{h_{кр}} = f\left(\frac{h_{кр}}{h_1}\right), \frac{z}{h_{кр}} = f\left(\frac{h_{кр}}{h_1}\right)$$

и получена функция

$$\frac{H}{h_{кр}} = f\left(\frac{z}{h_{кр}}\right)$$

Результаты этих вычислений приведены в виде таблиц в вышеуказанной нашей работе «К вопросу о расчете водобойных колодез». При помощи этих таблиц и решаются, чрезвычайно просто, самые разнообразные задачи по сопряжению уровней бьефов.

Но для решения поставленной дополнительной задачи по определению «сбросного модуля» или, как по нашему

мнению, логичнее его называть — предельно допустимого единичного расхода», необходимо получение дополнительной функции вида

$$\frac{z}{H} = f\left(\frac{H}{h_{кр}}\right)$$

Эту функцию определим на основании следующих рассуждений.

Разделим критическое равенство (3) на  $H$ :

$$z = H - h_2 \quad \frac{z}{H} = 1 - \frac{h_2}{H}$$

Разделим также на  $H$  уравнение (2')

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \left[ \sqrt{1 + \frac{8 h_{кр}^3}{h_1^3}} - 1 \right]$$

$$\frac{h_2}{H} = \frac{h_1}{2H} \left[ \sqrt{1 + \frac{8 h_{кр}^3}{h_1^3}} - 1 \right]$$

Наконец помножим уравнение (4) на отношение  $\frac{h_{кр}}{h_1}$ :

$$\frac{H}{h_{кр}} = \frac{\left(\frac{h_{кр}}{h_1}\right)^3 + 2\varphi^2}{2\varphi^2 \frac{h_{кр}}{h_1}}$$

в результате чего получим:

$$\frac{H}{h_1} = \frac{\left(\frac{h_{кр}}{h_1}\right)^3 + 2\varphi^2}{2\varphi^2} \text{ или } \frac{h_1}{H} = \frac{2\varphi^2}{\left(\frac{h_{кр}}{h_1}\right)^3 + 2\varphi^2}$$

Таким образом можно написать:

$$\frac{z}{H} = 1 - \frac{\varphi^2}{\left(\frac{h_{кр}}{h_1}\right)^3 + 2\varphi^2} \left[ \sqrt{1 + \frac{8 h_{кр}^3}{h_1^3}} - 1 \right] \dots \dots \dots (7)$$

Следовательно, интересующее нас отношение  $\frac{z}{H}$  представляет из себя также функцию отношения  $\frac{h_{кр}}{h_1}$ , т. е.

$\frac{z}{H} = f\left(\frac{h_{кр}}{h_1}\right)$  и выражается чрезвычайно простой зависимостью, в силу чего может быть легко вычислена. Но при наличии уже вычисленных значений функций

$$\frac{z}{h_{кр}} = f\left(\frac{h_{кр}}{h_1}\right) \text{ и } \frac{H}{h_{кр}} = f\left(\frac{h_{кр}}{h_1}\right)$$

необходимое отношение получится путем простого деления одной величины на другую, т. е.

$$\frac{z}{H} = \frac{z}{h_{кр}} \cdot \frac{H}{h_{кр}} = \frac{z}{H}$$

Такая работа нами проделана (для различных коэффициентов скорости  $\varphi$ ), в результате чего получены данные для построения кривых  $\frac{z}{H} = f\left(\frac{h_2}{h_{кр}}\right)$  и  $\frac{z}{H} = f\left(\frac{z}{h_{кр}}\right)$  и данные, дополняющие расчетные таблицы\*).

Как нетрудно убедиться, отношение  $\frac{z}{H}$  представляет из себя отношение «критического» перепада к полному напору (т. е. полной удельной энергии). Это отношение можно назвать «критическим относительным перепадом», используя данный проф. Б. А. Бахметьевым термин. Действительно, выражение  $\left(\frac{z}{H}\right)_0$  является почти

\* Термин, данный акад. Н. Н. Павловским для единичного расхода, при котором глубина нижнего бьефа  $t_2$  равна глубине  $t_1$ , взаимной с глубиной сжатого сечения в работающих отверстиях плотин.

\*) Таблицу и кривые  $\left(\frac{z}{H}\right)_0 = f\left(\frac{z}{h_{кр}}\right)$  мы здесь не приводим из-за недостатка места. Интересующихся отсылаем к нашей литографированной книге «Гидравлика сооружений», издана Отделом кадров МВС НКВД, Дмитров 1936.



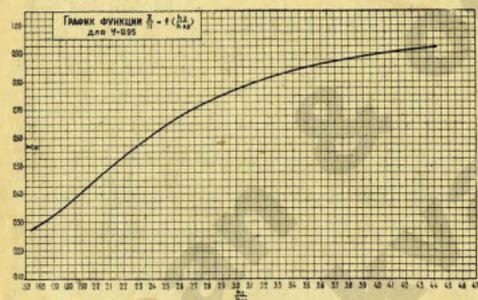
аналогичным выражению „критического относительного перепада“  $\left(\frac{z}{P}\right)_0$ , предложенного проф. Б. А. Бахметьевым. Здесь только мы величину перепада  $z$  относим не к высоте стенки водослива  $P$ , как это делает проф. Б. А. Бахметьев, а к полному напору  $H$ . Предлагаемое выражение для „критического относительного перепада“ представляет форму общего критерия для сужения об условиях сопряжения уровней бьефов для всех возможных гидравлических схем. Таким образом, предлагаемый новый критерий будет иметь следующую форму:

$$\frac{z}{H} \leq \left(\frac{z}{H}\right)_0$$

В заключение мы укажем, что с нашей точки зрения наиболее удобной кривой, как для решения поставленной задачи (т. е. для расчета схемы маневрирования затворами), так и для решения ряда других вопросов по сопряжению уровней бьефов, является вновь предлагаемая нами кривая

$$\frac{z}{H} = f\left(\frac{h_2}{h_{кр}}\right)$$

При пользовании этой кривой получают незначительные величины разностей между крайними значениями величин  $\frac{z}{H}$  и  $\frac{h_2}{h_{кр}}$ , что позволяет строить графики, обеспечивающие большую точность отсчета даже при сравнительно небольших размерах чертежа.



Фиг. А

Это объясняется тем обстоятельством, что значения  $\frac{z}{H}$ , а также значения  $\frac{h_2}{h_{кр}}$  колеблются в чрезвычайно незначительных пределах. Так, например, для коэффициента скорости  $\varphi = 0,95$  (см. фиг. А) и отношений  $\frac{H}{h_{кр}}$ , заключающихся в пределах между 1,5 и 55,6, значение  $\frac{z}{H}$  колеблется всего в пределах между 0,292 и 0,920, а значение  $\frac{h_2}{h_{кр}}$  в пределах 1,61—4,23.

**Определение предельно допустимого единичного расхода (сброенного модуля)**

Предельно допустимый расход, который мы будем в дальнейшем обозначать через  $q_n$ , легко определяется по кривой  $\frac{z}{H} = f\left(\frac{h_2}{h_{кр}}\right) = f\left(\frac{t_2}{h_{кр}}\right)$ . Действительно, зная величину расхода, подлежащего сбросу в нижний бьеф,  $Q_{сбр}$ , можно установить соответствующую ему глубину

нижнего бьефа по кривой связи расходов и горизонтов

$$Q_{сбр} = f(t_2)$$

Определив величину перепада  $z = H - t_2$  и вычислив

отношение  $\frac{z}{H}$  по кривой  $\frac{z}{H} = f\left(\frac{h_2}{h_{кр}}\right)$ , находим соответствующее ему отношение  $\frac{h_2}{h_{кр}} = a$ .

$$\text{Тогда } h_{кр} = \frac{h_2}{a} = \frac{t_2}{a}$$

Следовательно, критическая глубина, соответствующая предельно допустимому единичному расходу, может быть определена. С другой стороны

$$h_{кр} = \sqrt[3]{\frac{q_n^2}{g}}, \text{ откуда}$$

$$q_n = \sqrt[3]{g h_{кр}^3} = 3,13 h_{кр}^{3/2}$$

В дальнейшем рассмотрении будем пользоваться понятием „предельно допустимого открытия затвора“, т. е. того открытия, при котором осуществляется равенство  $h_2 = t_2$ , т. е. явление образования прыжка находится на пределе. Следовательно, при предельно допустимом открытии затвора через плотину должен проходить „предельно допустимый единичный расход“.

Предельно допустимое открытие затвора в дальнейшем будем обозначать  $h_n$ .

Кривая предельно допустимых открытий затворов

Расход, приходящийся на единицу ширины отверстия, для случая незаполненного истечения воды из под шита равен

$$q = \mu h \sqrt{2g \left(H_{ш} - \frac{h}{2}\right)}$$

Возводя выражение для единичного расхода в квадрат, получаем

$$q^2 = 2 \mu^2 g h^2 \left(H_{ш} - \frac{h}{2}\right) \text{ или}$$

$$h_{кр}^3 = \mu^2 (2h^2 H_{ш} - h^3)$$

Разделим полученный результат на  $H_{ш}^3$ . Тогда

$$\frac{h_{кр}^3}{H_{ш}^3} = \mu^2 \left(\frac{2h^2}{H_{ш}^2} - \frac{h^3}{H_{ш}^3}\right)$$

Извлечем из обеих частей данного уравнения кубический корень

$$\sqrt[3]{\frac{1}{\mu^2} \frac{h_{кр}}{H_{ш}}} = \sqrt[3]{2 \frac{h^2}{H_{ш}^2} - \frac{h^3}{H_{ш}^3}}$$

и окончательно получим

$$\frac{h_{кр}}{H_{ш}} \sqrt[3]{\frac{1}{\mu^2}} = \sqrt[3]{2 \frac{h^2}{H_{ш}^2} - \frac{h^3}{H_{ш}^3}} \dots \dots (8)$$

Рассматривая выражение (8), мы заключаем, что отношение  $\frac{h_{кр}}{H_{ш}}$  является функцией отношения  $\frac{h}{H_{ш}}$ , т. е.

$\frac{h_{кр}}{H_{ш}} = f\left(\frac{h}{H_{ш}}\right)$ , причем эта функция легко может быть вычислена. Действительно, задаваясь различными величинами отношений  $\frac{h}{H_{ш}}$ , мы будем получать соответствующие им значения величины

$$\frac{h_{кр}}{H_{ш}} \sqrt[3]{\frac{1}{\mu^2}}$$

или  $\beta \frac{H_{ш}}{h_{кр}}$ , если обозначать

$$\beta = \sqrt[3]{\frac{1}{\mu^2}}$$

Такие вычисления были проделаны, в результате чего была получена таблица величин

$$\beta \frac{H_m}{h_{кр}} = f\left(\frac{h}{H_m}\right)$$

Пользуясь кривой (фиг. Б)

$$\frac{H_m}{a \sqrt{\frac{1}{\varphi^2}}} = f\left(\frac{h}{H_m}\right)$$

$$h_{кр} \sqrt{\frac{1}{\varphi^2}}$$

необходимое открытие затвора определяется следующим образом:

для заданного коэффициента расхода  $\varphi$  и  $i$ , следовательно коэффициента  $\beta = \frac{1}{a \sqrt{\frac{1}{\varphi^2}}}$  по

$$\sqrt{\frac{1}{\varphi^2}}$$

известному отношению  $\frac{H_m}{h_{кр}}$  находится соответствующее ему значение отношения  $\frac{h}{H_m} = b$ , и, следовательно, величина открытия затвора

$$h = b H_m$$

В дальнейшем остановимся на предлагаемом нами понятии „кривой предельно допустимых открытий затворов“.

Под „кривой предельно допустимых открытий затворов“ мы будем принимать кривую вида

$$h_n = (Q_{ср}), \text{ где}$$

$Q_{ср}$  — расход, сбрасываемый через плотину;

$h_n$  — предельно допустимое открытие затвора, которую чрезвычайно удобно (как будет показано ниже) пользоваться при составлении схемы маневрирования затворами.

Вычисления для построения кривой  $h_n = f(Q_{ср})$  должны вестись в такой последовательности: задаваясь различными значениями величин сбросных расходов  $Q_{ср}$ , по кривой связи расходов и горизонтов устанавливаются соответствующие сбросным расходам глубины воды в нижнем бьефе  $t_2$ .

Затем вычисляются величины перепадов  $z = H - t_2$  (здесь  $H$  — полный напор с учетом скорости подхода, исчисляемый от горизонта верхнего бьефа до дна водобойного колодца, если таковой имеется) и отношения  $\frac{z}{H}$ .

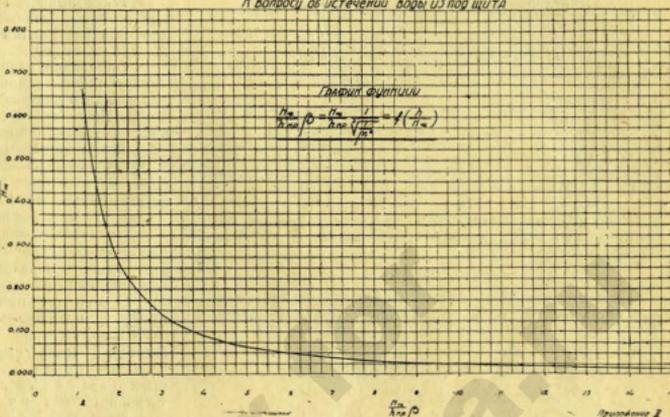
По известным отношениям  $\frac{z}{H}$  и заданному значению коэффициента скорости  $\varphi$  по кривой  $\frac{z}{H} = f\left(\frac{h_2}{h_{кр}}\right)$  находят значения критической глубины, соответствующие различным сбросным расходам  $Q_{ср}$ .

Наконец вычисляются значения отношений  $\frac{H_m}{h_{кр}} \beta$ , и по кривой  $\frac{H_m}{h_{кр}} \beta = f\left(\frac{h}{H_m}\right)$  для заданного коэффициента расхода  $\mu$  устанавливаются значения отношений  $\frac{h}{H_m}$  и вычисляются величины „предельно допустимых открытий затворов“.

На основании полученных данных строится кривая  $h_n = f(Q_{ср})$ .

Вышеуказанные вычисления удобнее всего представлять в нижеприведенной табличной форме:

П. ВОПРОСЫ ОБ ИСТЕЧЕНИИ ВОДЫ ИЗ ПОД ШИТА



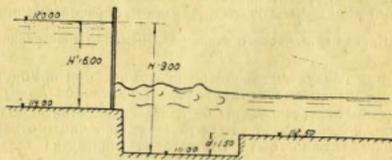
Фиг. Б

$Q_{ср}$	$t_2$	$z$	$\frac{z}{H}$	$\frac{h_2}{h_{кр}}$	$h_{кр}$	$\frac{H_m}{h_{кр}} \beta$	$\frac{h_n}{H_m}$	$h_n$

Для иллюстрации всего сказанного в качестве примера рассмотрим сооруженную на р. Москве Перервинскую в дождевую плотину и построим для нее кривую  $h_n = f(Q_{ср})$ .

Пример 1. Вычисления для построения кривой предельно допустимых открытий затворов в условиях Перервинской плотины. Перервинская плотина характеризуется следующими необходимыми для расчета данными (см. фиг. 2): полный напор  $H = 120,00 - 111,00 = 9,00$  м; высота напора на водослив перед затвором  $H_m = 120,00 - 114,00 = 6,00$  м; глубина водобойного колодца  $d = 112,50 - 111,00 = 1,50$  м;

число отверстий  $n = 7$ ;  
ширина отверстий: 5 средних — 24,00 м; 2 крайних по 20,00 м.



Фиг. 2

Приняв для условий Перервинской плотины коэффициент скорости  $\varphi = 0,95$  и коэффициент расхода при истечении воды из-под шита  $\mu = 0,65$ , произведем вычисления „предельно допустимых открытий затворов“, пользуясь вышеизложенным методом.

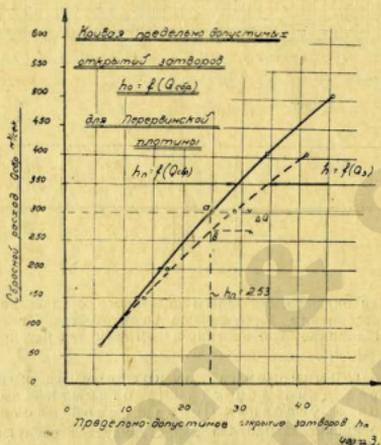
Все вычисления сводим в прилагаемую таблицу.

$Q_{сбр}$	$t_2$	$z$	$\frac{z}{H}$	$h_2 = t_2 + d$	$\frac{h_2}{h_{кр}}$	$h_{кр}$	$\frac{H_m}{h_{кр}}$	$\beta$	$\frac{h_n}{H_m}$	$h_n$	Примечание
65	1.60	5.90	0.656	3.10	2.34	1.220	3.69	0.102	0.61	0.37	
100	2.15	5.35	0.594	3.65	2.36	1.546	2.91	0.148	0.29		
150	2.75	4.75	0.528	4.25	2.18	1.950	2.26	0.215	1.29		
200	3.20	4.30	0.478	4.70	2.00	2.380	1.97	0.275	1.65		
300	4.00	3.50	0.389	5.50	1.87	2.940	1.53	0.421	2.53		
400	4.55	2.95	0.328	6.05	1.72	3.519	1.28	0.580	3.48		
500	5.00	2.50	0.278	6.50	1.57	4.140	1.08	0.775	4.65		

На основании данных этой таблицы построена кривая предельно допустимых открытий затворов для Перервинской плотины

$$h_n = f(Q_{сбр})$$

Полученная кривая (фиг. 3) дает наглядное сопоставление сбросных расходов и предельно допустимых открытий затворов.



Фиг. 3

тий затворов, что позволяет составить рациональную схему маневрирования затворами.

Так, например, если требуется пропустить через плотину расход  $Q = 300 \text{ м}^3/\text{сек}$ , то это значит, что затворы должны быть открыты не выше чем на 2,53 м, так как при всех других открытых, больших чем 2,53, при расходе  $Q = 300 \text{ м}^3/\text{сек}$  будет иметь место образование прыжка.

Кривая критического числа одновременно работающих отверстий

Как следует из изложенного выше, при помощи кривой предельно допустимых открытий затворов  $h_n = f(Q_{сбр})$  могут быть установлены безопасные величины поднятия шитов, но еще не может быть исчислено число отверстий, которое должно быть открыто для пропуска заданного расхода  $Q_{сбр}$ .

Для установления же числа отверстий, которые должны работать одновременно, необходимо произвести дополнительные подсчеты, заключающиеся в определении предельно допустимых единичных расходов<sup>1</sup>, соответствующих различным сбросным расходам, и установление отечающих им эффективных длин сливного фронта плотины.

Такие вычисления легко могут быть выполнены, так как основные данные для таких расчетов получаются ранее при построении кривой предельно допустимых открытий затворов<sup>2</sup>.

Определив длины сливного фронта  $L_{эф}$  и зная эффективную ширину одного отверстия  $l_{эф}$ , можно установить для каждого значения сбросного расхода  $Q_{сбр}$  минимально необходимое число одновременно работающих отверстий с максимальным открытием, равным предельно допустимому.

Это минимально необходимое число отверстий будем в дальнейшем называть критическим числом отверстий  $n_{кр}$ , так как всякое другое число отверстий более критического будет обеспечивать лучшие условия для сопряжения уровней бьефов.

Полученные данные могут быть чрезвычайно наглядно представлены кривой вида  $n_{кр} = f(Q_{сбр})$ , которую мы будем называть в дальнейшем кривой критического числа одновременно работающих отверстий<sup>3</sup>.

В качестве примера построения подобной кривой произведем необходимые подсчеты для условий Перервинской плотины.

Пример 2. Вычисления для построения кривой критического числа одновременно работающих отверстий в условиях Перервинской плотины (без учета подтопления отверстий).

Пользуясь полученными ранее данными  $h_{кр} = f(Q_{сбр})$ , определим предельно допустимые единичные расходы по зависимости

$$h_n = 3.13 h_{кр}^{\frac{3}{2}}$$

соответствующие им длины сливного фронта

$$L_{эф} = \frac{Q_{сбр}}{n}$$

и число отверстий, работающих одновременно,

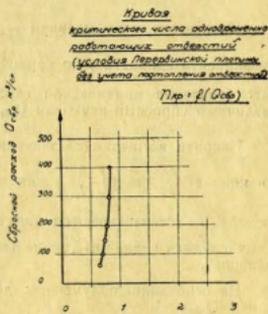
$$n_{кр} = \frac{L_{эф}}{l_{эф}}$$

Приняв для условий Перервинской плотины эффективную ширину одного отверстия равной  $l_{эф} = l - 0.1 \text{ м}$ ;  $l_{эф} = 24 - 2.0 \cdot 1.0 \cdot 7.6 = 24.0 - 0.84 = 23.16 \text{ м}$ , представим произведенные вычисления в следующей табличной форме:

$Q_{сбр}$	$h_{кр}$	$l_{эф}$	$L_{эф}$	$n_{кр}$
65	1.220	4.23	15.35	0.66
100	1.546	6.02	16.60	0.72
150	1.950	8.52	17.60	0.76
200	2.280	10.78	18.55	0.80
300	2.940	15.80	19.00	0.82
400	3.519	20.70	19.35	0.84

Полученные данные свидетельствуют о том, что для условий Перервинской плотины для пропуска всех сбросных расходов в пределах от 65 до 400  $\text{м}^3/\text{сек}$  практически являлось бы достаточным открытие одного отверстия, если бы при пуске расходов больших чем 100  $\text{м}^3/\text{сек}$  не происходило бы затопление отверстия (о методах учета этого обстоятельства будет сказано ниже).

Отмеченное положение и должно быть принято за



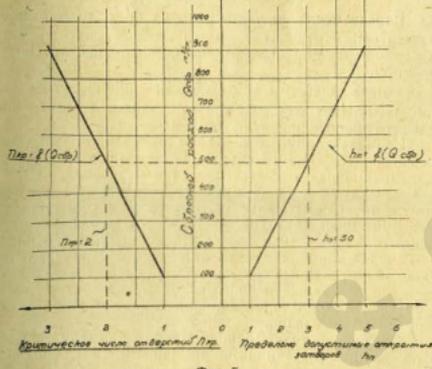
Фиг. 4

основу при составлении схемы маневрирования затворами. Рассматривая теперь кривую критического числа одновременно работающих отверстий  $n_{кр} = f(Q_{ср})$ , представленную на фиг. 4, заключаем, что для условий Перервинской плотины кривая эта практически представляется прямой линией, почти параллельной оси расходов, если даже в основу построения положить дробные величины пролетов (как это и было сделано при составлении графика).

В общем же нужно отметить, что кривые вида  $n_{кр} = f(Q_{ср})$  всегда имеют аналогичную конфигурацию (увеличение необходимого числа одновременно работающих отверстий с увеличением сбросного расхода).

В заключение укажем, что результаты расчетов по определению предельно допускаемых открытых затворов и критического числа одновременно работающих отверстий могут получить очень наглядную графическую интерпретацию на совмещенном графике, изображенном на фиг. 5.

Типовой совмещенный график критических кривых



Фиг. 5

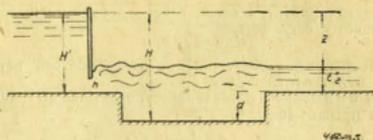
где представлен более типовой случай, чем пример Перервинской плотины. Пользуясь таким совмещенным графиком, можно быстро и наглядно определять необходимые данные. Так, например, из графика следует, что для пропуска расхода  $Q_{ср} = 500 \text{ м}^3/\text{сек}$  необходимо открывать минимум два отверстия, приподняв затворы на высоту  $h_{кр} = 3,00 \text{ м}$ , и что сооружение будет работать значительно лучше, если для пропуска того же расхода открыть три и более отверстия, приподняв затворы на высоту  $h$ , меньшую  $h_{кр} = 3,00 \text{ м}$ .

Наконец, из приведенного графика видно, что один затвор может быть поднят не выше чем на 1 м.

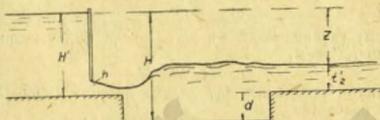
В силу изложенного, графики подобного рода и рекомендуются составлять при разработке схемы эксплуатации гидротехнических сооружений рассматриваемого нами типа.

Внесение корректив в критические кривые в случае затопления отверстий со стороны нижнего бьефа

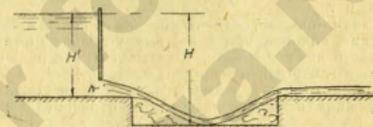
Все выполненные выше расчеты исходят из предположения, что отверстия, через которые происходит истечение, являются незатопленными. Поэтому все гидравлические элементы ( $q$ ,  $h_c$ ,  $h_2$  и т. д.), а также необходимая глубина водобойного колодца определяются именно из этого условия, являющегося наиболее невыгодным для расчета. Но вместе с этим нельзя не отметить, что после создания в нижнем бьефе режима с затопленным прыжком (посредством водобойного колодца, стенки и т. д.) отвер-



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

стия часто получаются затопленными, как это, например, показано на фиг. 6.

Это же обстоятельство ведет к уменьшению расхода, проходящего через отверстие, так как в этом случае меняется форма истечения, и расход, ранее бывший равным

$$q_1 = \mu h \sqrt{2g \left( H - \frac{h}{2} \right)}, \text{ уменьшается до}$$

$$q_2 = \mu h \sqrt{2g z} = \mu h \sqrt{2g (H - t_2)}$$

С точки зрения гашения энергии это обстоятельство является положительным фактором, так как при заданном открытии в этом случае проходит меньший удельный расход, чем тот, на который рассчитано гашение энергии. Но это положение является справедливым только тогда, когда горизонт воды в нижнем бьефе не уменьшается в связи с уменьшением расхода проходящего через отверстие. В противном случае затопление отверстий может обратиться в отрицательный фактор.

Деятельно, если с уменьшением расхода, проходящего через отверстие, будет падать горизонт воды в нижнем бьефе, то возможно, в связи с этим, изменение удельной

$$h_2 \leq d + t_2$$

что в свою очередь может вызвать отгон прыжка и образование в нижнем бьефе неустановившегося режима. Отмеченное явление неустановившегося режима аналитически может быть представлено следующим образом:

I положение — отверстие незатоплено (фиг. 7)

$$q_1 = \mu h \sqrt{2g \left( H - \frac{h}{2} \right)}$$

$$Q_{ср1} = q_1 l_{сп}$$

Глубина нижнего бьефа  $t_2 = t_2$ ;  $h_2 = t_2 + d$ , т. е. прыжок затоплен.

II положение — отверстие затоплено (фиг. 6)

$$q_2 = \mu h \sqrt{2g z}; \quad z = H - t_2'$$

$$Q_{ср2} = q_2 l_{сп}; \quad t_2' = t_2''$$

Расход падает, в связи с чем глубина нижнего бьефа уменьшается с  $t_2'$  до  $t_2''$ ,  $h_2' > h_2'' + d$

Некоторый момент прыжок будет поэтому затоплен, потом будет отогнан.

III положение — отверстие не затоплено вследствие отгона прыжка (фиг. 8)

$$q = q_0 = \mu h \sqrt{2g \left( H - \frac{h}{2} \right)}$$

$$Q_{\text{зат}} = Q_{\text{сбр}} = q_1 l_{\text{зат}}$$

$$Q_{\text{сбр}} > Q_{\text{зат}}$$

а потому глубина воды в нижнем бьефе будет возрастать с  $t_2'$  до  $t_2'' = t_2'$

$$t_2 = t_2''' = t_2'$$

следствием чего будет затопление прыжка в силу достижения равенства

$$h_2' \leq t_2''' + d \leq t_2' + d.$$

Но затопление прыжка снова вызовет затопление отверстия, и наступит положение IV, аналогичное положению II и т. д.

Таким образом, отмечаем нами неустановившееся движение, которое при известных условиях может образоваться в нижнем бьефе, заключается в периодическом переходе от отогнанного прыжка к затопленному и обратно.

Для устранения указанного явления неустановившегося режима в нижнем бьефе можно рекомендовать два приема:

а) назначение глубины водобойного колодца с известным запасом;

б) поддержание расчетного значения глубины нижнего бьефа посредством маневрирования дополнительными затворами.

Обращаясь к вопросу о назначении запаса в глубине водобойного колодца, отметим, что в рассматриваемом случае этот необходимый запас можно точно подсчитать.

Для этого поставим условием, чтобы прыжок был затоплен при глубине нижнего бьефа, соответствующей расходу, проходящему при затопленном отверстии. Событие этого условия дает полную гарантию в том, что прыжок при любых условиях будет затоплен.

Перейдем теперь ко второму способу предотвращения образования неустойчивого режима в нижнем бьефе и рассмотрим его в применении к условиям эксплуатации Перервинской плотины.

Предварительно вычислим высоты, на которые должны быть подняты затворы при затоплении отверстий для пропуска удельных расходов, соответствующих случаям затопленного истечения. Такие расчеты нами были проделаны, и результаты их помещены в приводимой ниже таблице, а также нанесены пунктиром на фиг. 3 совместно с кривой критических открытий затворов.

$Q_{\text{сбр}}$	$t_2$	$z$	$\mu \sqrt{2gz}$	$q$	$h = \frac{q}{\mu \sqrt{2gz}}$	$h$
150	2,75	4,75	6,27	8,52	1,36	1,29
200	3,20	4,30	5,97	10,78	1,81	1,65
300	4,00	3,50	5,39	15,90	2,93	2,53
400	4,55	2,95	4,95	20,70	4,18	3,48

В результате рассмотрения полученных данных, а также учитывая все сказанное выше, можно установить следующее правило для маневрирования затворами с целью предотвращения возможности образования в нижнем бьефе неустойчивого режима: при пропуске через сооружение заданного сбросного расхода  $Q_{\text{сбр}}$  этот расход должен состоять из двух частей

$$Q_{\text{сбр}} = Q'_{\text{сбр}} + Q_{\text{сбр}}$$

а) Первая часть  $Q'_{\text{сбр}}$  соответствует расходу, проходящему через затопленное отверстие при открытии,

равному предельно допустимому  $h_n$  и отвечающему кривой  $h_n = f(Q_{\text{сбр}})$  заданному сбросному расходу  $Q_{\text{сбр}}$

$$Q'_{\text{сбр}} = Q_2$$

где  $Q_2$  — расход затопленных отверстий при предельно допустимом открытии затворов.

С другой стороны

$$Q'_{\text{сбр}} = Q_{\text{сбр}} - \Delta Q$$

где  $\Delta Q$  — разность между расходами незатопленного затопленного отверстий при открытии их, равную предельно допустимому

$$\Delta Q = Q_c - Q_2$$

( $Q_c$  — расход при свободном истечении). На чертеже величина  $\Delta Q$  выражается отрезком (разность ординат функций  $h_n = f(Q_{\text{сбр}})$  и  $h = f(Q_2)$ ).

б) Вторая часть  $Q_{\text{сбр}}$  равна разности между расходами затопленного и незатопленного отверстия при предельно допустимом открытии затворов

$$Q_{\text{сбр}} = \Delta Q = Q_c - Q_2.$$

Первая основная часть расхода  $Q'_{\text{сбр}}$  должна проходить через отверстия, число которых должно учитываться по кривой числа одновременно работающих отверстий<sup>\*)</sup>.

Вторая часть  $Q_{\text{сбр}} = \Delta Q$  должна пропускаться через дополнительное отверстие с открытием затвора, значительно меньшим предельно допустимого.

Начинать пуски необходимо со второй части сбросного расхода. При указанной схеме маневрирования затворами полностью будут обеспечены условия, необходимые для затопления прыжка. Действительно, предельно допустимое открытие отверстий, через которые проходит основной сбросной расход, обеспечивает затопление прыжка при устойчивом уровне воды в нижнем бьефе, а попуски воды через дополнительное отверстие обеспечивают необходимый устойчивый уровень. Уменьшение же удельного расхода, проходящего через основные отверстия (за счет пропуска расхода через дополнительное отверстие), дает дополнительный запас в расчетах.

Обращаясь теперь к конкретному примеру Перервинской плотины и принимая во внимание все сказанное ранее, можно видеть, что для пропуска напр. 300 м<sup>3</sup>/сек необходимо:

1) основные отверстия открыть на  $h_n = 2,53$  м\*);

2) через основные отверстия пропустить расход

$$Q_{\text{сбр}} = 255 \text{ м}^3/\text{сек};$$

3) через дополнительное отверстие пропустить расход  $Q_{\text{сбр}} = \Delta Q = 45 \text{ м}^3/\text{сек}$ , подняя его на высоту, определяемую по формуле

$$Q'_{\text{сбр}} = \mu h \sqrt{2gz}$$

$$z = H - t_2$$

где  $t_2$  — глубина нижнего бьефа, соответствующая расходу

$$Q = 300 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

Определение размеров „ступеней“ подъема затворов

Задачей настоящего раздела нашей работы будет являться изложение метода расчета высоты „ступеней“ подъема затвора.

При этом в качестве расчетного условия положим требование, чтобы при подъеме затвора на определенную „ступень“ установившийся уровень воды в нижнем бьефе обеспечивал бы затопление прыжка. Следовательно, если до начала подъема затвора уровень воды в нижнем бьефе равен  $t_2$  при перепеле  $z = H - t_2$ , то высота „ступени“ подъема может быть найдена нижеследующим путем:

1) вычисляется отношение  $\frac{z}{H}$  и по кривой  $\frac{z}{H} = f\left(\frac{h_2}{h_{кр}}\right)$

\*) Для расхода  $Q=300 \text{ м}^3/\text{сек}$  под понятием „основные отверстия“ в Перерви приходится считать 82% одного пролета (см. табл. на стр. 28)

аходится величина отношения  $\frac{h_2}{h_{кр}} = a$ , соответствующая данным условиям;

2) определяется предельное значение глубины,  $h_2$ , которое соответствует условию затопления прыжка; это предельное значение должно быть равно

$$h_2 = d + t_2;$$

3) определяется значение критической глубины, соответствующее предельному значению глубины  $h_2 = d + t_2$  о равновесию  $h_{кр} = \frac{h_2}{a}$ ;

4) по определенному значению критической глубины устанавливается величина расхода и необходимые для пуска этого расхода открытия отверстия  $h$ .

Полученная высота подъема затвора и будет являться ской или высотой „ступени“.

Таким образом, затвор может быть безопасно поднят а высоту  $h$ .

После достижения этой высоты подъема, затвор должен быть остановлен до тех пор, пока в нижнем бьефе не установится устойчивый горизонт, соответствующий умарному расходу, проходящему через плотину (со включением в него расхода, проходящего через данное отверстие).

Высота следующей „ступени“ подъема устанавливается путем аналогичного расчета, но с учетом новой установленной глубины нижнего бьефа (увеличенной за счет расхода, проходящего через данное отверстие).

Для пояснения всего сказанного приведем пример расчета для определения высот „ступеней“ подъема затворов в условиях Перервинской плотины.

Пример 3. Определить размеры „ступеней“ подъема для пропуска сбросного расхода  $Q_{ср} = 300 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

По кривой предельно допустимых открытий затворов устанавливаем, что для пропуска расхода  $Q = 300 \text{ м}^3/\text{сек}$  необходимо основные отверстия (т. е. те, через которые идет пропускаться основной расход) открыть на высоту  $n = 2,53$ , а через дополнительное отверстие пропустить расход  $\Delta Q = 45 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

Так как пуски необходимо начинать с дополнительного отверстия, то определим в первую очередь „ступени“ подъема затвора для дополнительного отверстия. Предположим, что в нижнем бьефе горизонт воды стоит только на уровне верха водобойного колодца (самый невыгодный случай).

Тогда высота подъема червой „ступени“ определяется следующим образом:

Так как  $t_2 = 0$ , то  $h_2 = d$  и  $z = H - d = 9,00 - 7,5 \text{ м}$ ;

$$\frac{h_2}{H} = \frac{7,5}{9,0} = 0,834 \quad \text{и} \quad \frac{h_2}{h_{кр}} = 3,39$$

$$\left[ \text{по кривой } \frac{z}{H} = f\left(\frac{h_2}{h_{кр}}\right) \right]$$

Тогда:

$$h_{кр} = \frac{1,50}{3,89} = 0,442 \text{ м};$$

$$q = 3,13 h_{кр}^2 = 0,917 \text{ м}^3/\text{сек};$$

$$Q = q l_{эф} = 0,917 \times 23,16 = 21,20 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

Следовательно, расход в  $21,20 \text{ м}^3/\text{сек}$  может быть безопасно пропущен даже при отсутствии воды в нижнем бьефе и без учета подъема горизонта от данного расхода это обстоятельство здесь и в дальнейших расчетах будет учтено (в запас).

Определим необходимую высоту подъема затвора для пропуска указанного расхода  $Q = 21,20 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

По предыдущему находим:

$$\frac{h_2}{h_{кр}} = \frac{9,00 \cdot 0,75}{0,442} = 15,26; \quad \text{для } \mu = 0,65, \beta = 0,750 \text{ и по гра-}$$

$$\text{фику Б определяем для } \frac{H_{кр}}{h_{кр}} = 15,26 \quad \frac{h}{H_{кр}} = 0,0145.$$

Следовательно, первая „ступень“ подъема должна составлять  $h = 0,0145 \times 9,00 = 0,13 \text{ м}$ .

После того, как уровень в нижнем бьефе установится и будет равен глубине  $t_2$ , соответствующей расходу  $Q = 21,20 \text{ м}^3/\text{сек}$ , затвор можно поднимать далее.

Определим теперь высоту второй „ступени“ подъема, учитывая, что горизонт воды в нижнем бьефе теперь будет равен

$$t_2 = 1,05 \text{ м}.$$

Тогда:

$$h_2 = 1,50 + 1,05 = 2,55$$

$$z = 9,00 - 2,55 = 6,45;$$

$$\frac{z}{H} = \frac{6,45}{9,00} = 0,717;$$

$$\frac{h_2}{h_{кр}} = 2,76 \quad \text{и} \quad h_{кр} = \frac{2,55}{2,76} = 0,924;$$

$$q = 3,13 h_{кр}^2 = 3,13 \cdot 0,924^2 = 2,78 \text{ м}^3/\text{сек};$$

$$Q = 2,78 \times 23,16 = 64,60 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

Следовательно, следующий подъем затвора может безопасно быть совершен до расхода в  $64,5 \text{ м}^3/\text{сек}$ , что соответствует открытию затвора в  $h = 0,40 \text{ м}$ .

Действительно

$$\frac{H_{кр}}{h_{кр}} = \frac{9,00}{0,924} \times 0,750 = 7,31;$$

$$\frac{h}{H_{кр}} = 0,0445 \quad \text{и} \quad h = 9,00 \times 0,0445 = 0,40 \text{ м}.$$

Выше указывалось, что через дополнительное отверстие необходимо пропустить расход  $\Delta Q = 45 \text{ м}^3/\text{сек}$  при глубине воды в нижнем бьефе равной  $t_2 = 4,00 \text{ м}$  (что соответствует расходу  $Q = 0$ )  $\text{м}^3/\text{сек}$ ). В этих условиях дополнительное отверстие должно иметь открытие, определенное по зависимости

$$h = \frac{q}{\mu \sqrt{2g} z} = \frac{q}{\mu \sqrt{2g} (H_{кр} - t_2)}$$

$$\text{где } q = \frac{45}{23,16} = 1,945;$$

$$t_2 = 4,0 \text{ м};$$

$$z = H - d - t_2 = 9,00 - 1,5 - 4,0 = 3,5 \text{ м}.$$

$$\text{т. е. } h = \frac{1,945}{0,65 \sqrt{19,62 \times 3,5}} = 0,36 \text{ м}.$$

Таким образом мы заключаем, что дополнительное отверстие при своем подъеме должно иметь две „ступени“:

$$I. \quad 0,13 - 0 = 0,13 \text{ м}$$

$$II. \quad 0,36 - 0,13 = 0,23 \text{ м}$$

Произведем теперь аналогичный расчет для основного отверстия, предполагая, что будет работать одно отверстие с шириной в  $22,00 \text{ м}$ , и подъем затвора начнется после установления глубины в нижнем бьефе, соответствующей расчетному расходу дополнительного отверстия:  $Q = 45,00 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

Все расчеты сведен в следующую таблицу:

$Q'_{ср}$	$Q''_{ср}$	$Q_{ср}$	$t_2$	$x$	$h_2 = d + t_2$	$\frac{x}{H}$	$\frac{h_2}{H_{кр}}$	$H_{кр}$	$q$	$\frac{H_{шт}}{H_{кр}} \beta$	$\frac{h}{H_{шт}}$	$h$	$Q_c$	$Q_2$	Высота ступень $\Delta h$
—	45	45,00	1,50	6,00	3,00	0,666	2,57	1,167	8,95	8,66	0,078	0,57	83,60	—	0,00
88,60	45	128,60	2,60	5,00	4,00	0,556	2,26	1,77	7,67	2,54	0,121	1,09	156,00	140,00	0,80
140,00	45	185,00	3,10	4,40	4,60	0,483	2,09	12,20	10,21	2,05	0,172	1,55	215,0	190,00	0,16
190,00	45	235,00	3,55	3,05	5,06	0,489	1,97	2,56	12,82	1,76	0,212	2,00	271,00	230,00	0,41
240,00	45	275,00	3,80	3,70	5,30	0,411	1,91	2,78	14,20	1,62	0,255	2,30 *)	300,00	270,00	0,30

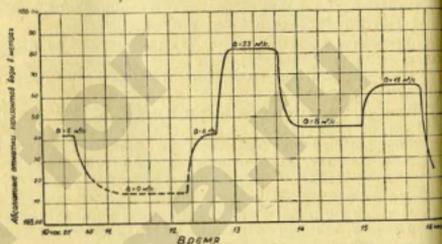
\*) Некоторое расхождение в высоте подъема (2,30 м вместо 2,58, полученных из графика) объясняется тем, что здесь принята другая ширина отверстия, где фактический удельный расход несколько меньше.

Из рассмотрения данных приведенной таблицы можно установить, что основное отверстие должно быть открываемо до заданной высоты в пять приемов, т. е. пятью «ступенями», соответственно равными 0,57; 0,52; 0,46; 0,45 и 0,30 м.

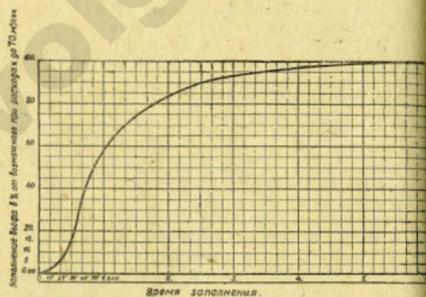
На этом и закончим рассмотрение вопроса о составлении схемы маневрирования затворами, считая, что приводимые выше материалы достаточно полно освещают поставленные задачи.

Действительно, «кривая предельно допустимых открытий затворов» и «кривая критического числа одновременно работающих отверстий» в сопоставлении с таблицей «ступеней» подъема затворов дает полное разрешение вопроса в той постановке, которая нами была изложена вначале.

Последней задачей, которую необходимо разрешить для составления схемы маневрирования затворами, является установление интервалов между отдельными операциями по подъему затворов (т. е. установление того времени, по истечении которого можно поднимать затвор на следующую ступень). Ввиду значительных трудностей, связанных с теоретическим решением вопроса о скорости и характере заполнения нижнего бьефа при пропуске различных расходов воды, настоятельную задачу целесообразнее всего разрешать экспериментально для каждого частного случая в отдельности. Для этого достаточно в период опробования гидротехнического сооружения поставить надлежащие наблюдения за характером заполнения нижнего бьефа, в результате чего могут быть получены исчерпывающие материалы для составления окончательной схемы маневрирования затворами. В качестве примера мы приведем несколько типовых характерных гидротехнических сооружений Истринского узла (плотина имени тов. Кувшинова). На чертеже фиг. 9 и 10 показан характер заполнения нижнего бьефа водоспуска и головного сооружения водосброса. Из сопоставления этих чертежей очень наглядно видна большая разница в характере заполнения бьефов, что объясняется различными поперечными и продольными размерами, уклонами и другими гидравлическими характе-

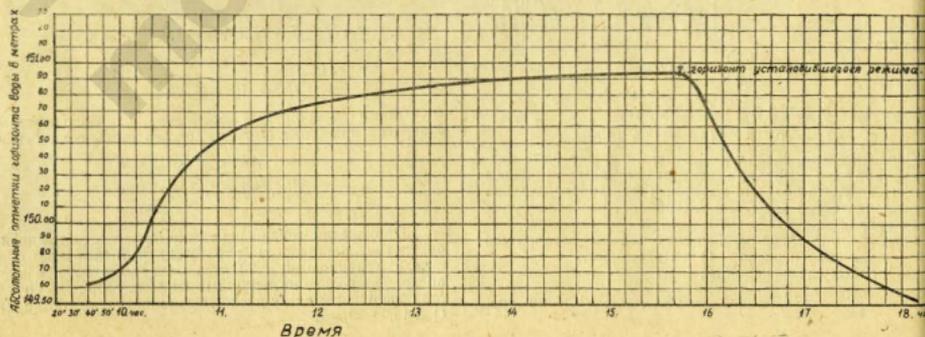


Фиг. 10

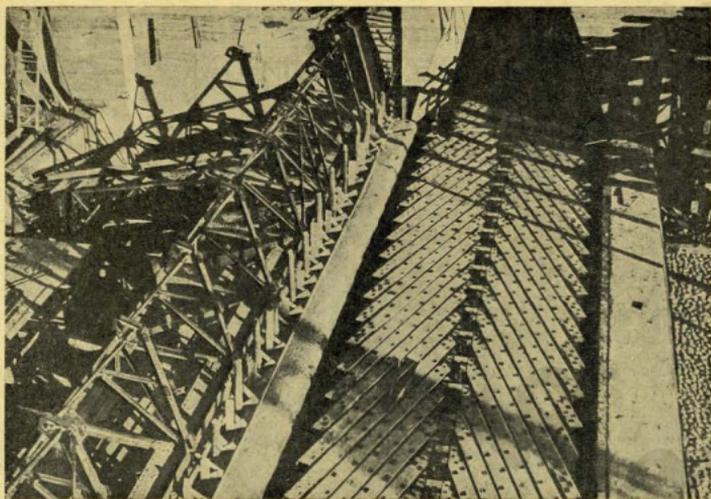


Фиг. 11

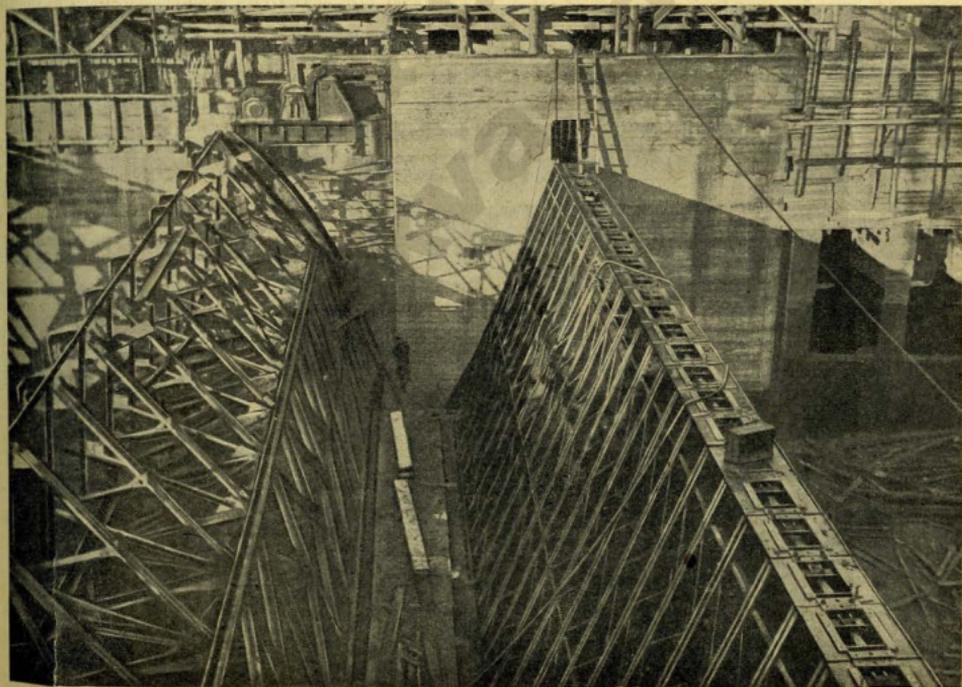
ристиками рассматриваемых русел. На фиг. 11 приведена типовая «кривая интенсивности заполнения» нижнего бьефа водоспуска, чрезвычайно удобная для практических целей маневрирования затворами.



Фиг. 9



Монтаж сегментного затвора (слева) и ремонтного ограждения (справа) на верхней голове шлюза № 8





# КАК ПРЕДУПРЕДИТЬ ПОЯВЛЕНИЕ СПЛАВИН ТОРФА В ВОДОХРАНИЛИЩАХ

Инж. А. К. ЛЕМЗИКОВ

**П**ЕРЕД наполнением водохранилищ канала водою возникает вопрос о степени возможного всплывания торфов. В связи с этим, автором этой статьи в Геотеходте дие МВС были разработаны соответствующие приемы для установления причин всплывания торфа и мер борьбы с этим явлением.

## Причины, вызывающие образование сплавин

Сплавны могут появляться в тех случаях, когда дно водохранилища состоит из торфяного слоя малой степени разложения (не более 20 процентов) с объемным весом меньше единицы (0,80—0,95).

Толщина слоя этого торфа, образованного из растений — тростника и хвоща, может достигать двух метров, но всплыть такой толщины слой не может, потому что средний объемный вес его будет все же больше единицы. Следовательно, разрыв произойдет меньше, чем на глубине 2 метров.

В случае, если торф образовался преимущественно из осоки, то толщина слоя, который может всплыть, будет не более 0,5 метра. Нижняя граница оторвавшегося слоя будет расположена там, где происходит интенсивный микробиологический процесс.

По данным исследовательского материала проф. Дюнгуровского самые благоприятные условия развития микроорганизмов могут быть на глубине 0,2—0,4 м от поверхности. Нижняя граница этого слоя представляет не что иное как границу перехода торфа с объемным весом меньше единицы к торфу с объемным весом больше единицы.

При затоплении водой торфяного болота, расположенного в зоне водохранилища, микробиологический процесс не прекращается, благодаря чему в этом месте скопится большое количество газа. При повышении температуры газ, расширяясь, способствует отрыву вышележащего слоя торфа от нижележащего.

Начиная на заливаемом болоте пней также может способствовать разрыву торфа, если средний объемный вес их меньше единицы.

Сплавны могут появиться также и в том случае, когда в момент заполнения водоема поверхность болота в этой зоне имеет промерзший слой.

В этом случае всплытие объясняется тем, что увеличивается объем замороженной части торфяного слоя, и, как следствие, уменьшается объемный вес. Объемный вес замороженного торфа меньше объемного веса незамороженного, примерно, на 9 процентов. Поэтому желательно наполнение водоема производить до появления больших морозов, или весной по оттаивании промерзшей поверхности торфа до наполнения водохранилища, производя ее исследования на отрывающие усилия в сплавинах.

## Метод определения отрывающих усилий в сплавинах торфа

До заполнения водохранилища зона должна быть исследована для выявления площади занятой торфяными болотами и возможности всплывания поверхностного малоразложившегося слоя торфа. Для этого на торфяном болоте (в зоне затопления) выбирается площадка размером 40 X 40 см (см. схему), и около нее роется траншея глуби-

ной в зависимости от толщины малоразложившегося слоя торфа, но не ниже (на 5—6 см) переходного горизонта между малоразложившимся и более разложившимся торфом. В каждую грань (а их четыре) втыкаются по две деревянных спицы. Наружние концы спиц посредством веревок соединяются с динамометром: динамометр поднимается до тех пор, пока произойдет отрыв монолита от нижележащего слоя торфа. На делениях динамометра отмеряется сила, которая потребовалась, чтобы вырвать определенной толщины слой торфа. Предположим, что сила на отрыв потребовалась 30 кг. После отрыва монолита тщательно измеряется толщина его и определяется объем. Предположим, что объем получился равным 0,024 м<sup>3</sup> или 24 л. Оторвавшийся монолит кладут на квадратную фанерную доску размером 75 X 45 см. В углах фанеры имеются отверстия для веревок, которые соединяются с динамометром. При поднятии динамометра определяют вес в кг оторвавшегося монолита. Предположим, что этот вес равен 22 кг. Таким образом сила сцепления будет равна 30 : 22 = 8 кг. Объемный вес оторвавшегося торфа равен 22 : 24 = 0,916.

Определим, какая сила будет отрывать слой торфа после заполнения водой болота, расположенного в зоне затопления. Если на 1 кубометр торфа подлинная сила воды будет равна 1000—916=84 кг, а на объем торфа, нами полученного, будет действовать сила 84 X 0,024=2,016 кг, то очевидно в данном случае разрыва не будет, и всплытия торфа не произойдет. Если результат получится обратный, то принимаются меры по борьбе со сплавинами.

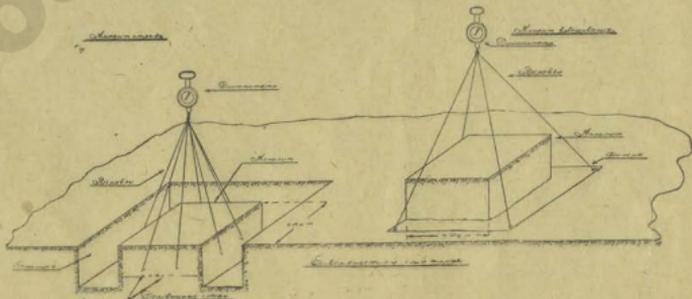
## Меры борьбы со сплавинами

В качестве мер, предупреждающих появление сплавин, могут быть рекомендованы следующие: закрепление поверхности торфяного болота сваями; пригрузка песком в виде отдельных куч; пригрузка слоем песка; минерализация поверхностного слоя.

Закрепление поверхности торфяного болота сваями заключается в следующем:

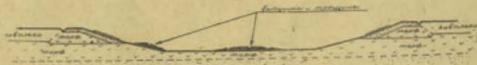
Через 20 метров одна от другой в шахматном порядке забиваются сваи диаметром, примерно, 20 см. В верхний конец сваи вделяются две крестовины, длиною каждая 2,5 метра. Назначение крестовин заключается в восприятии усилия от всплывания торфа и передачи его на сваю. Длина сваи определяется в зависимости от сопротивления трения на выдергивание.

Пример. Толщина сплавин определена в 0,3 метра. Средний объемный вес торфа, ее составляющего,— 0,982 т/м<sup>3</sup> (объемный вес сваи в расчет не вводится). Так как сваи забиваются одна от другой, как выше было сказано'



Фиг. 1

через 20 метров, то радиус действия на выдергивание каждой сваи можно принять равным 10 метрам. Площадь действия каждой сваи следовательно будет равна 314 квадратным метрам. Объем сплавины в этом радиусе будет 314, 03—94,2 куб.метра. При объеме весе сплавины в 0,982 грузоподъемность ее будет равна (1000—932) · 94,2 = —1696 килограмм. С такой силой сплавины будет стремиться выдернуть сваю. Этому усилию противостоят сопротивление трения сваи о грунт.



Фиг. 2

Это сопротивление определяется формулой  $R = \pi d h^2$ , где  $R$ —сопротивление сваи на выдергивание,  $\pi d$ —длина окружности сваи (в данном случае  $d = 20$  сантиметр),  $h$ —глубина забивки сваи (в примере равна 2 метрам);  $\gamma$ —коэффициент трения, осредненный для смеси торфа с минеральным грунтом; в примере он принят 0,2.

Подставляя принятые данные в формулу, получим  $R = 3,14 \cdot 20 \cdot 2^2 \cdot 0,2 = 2512$  кг; в данном случае сваю не может быть выдернута.

Необходимо иметь в виду, что  $\gamma$  изменяется в соответствии с грунтом, в который забивается свая. Для торфа  $\gamma$  согласно указаний инж. Даниловича принимается равным 0,1.

При забивке сваи в торф, для определения глубины забивки, соответствующей сопротивлению трения на выдергивание, принимая предыдущие данные, произведем расчет следующим порядком:

$$1696 = 3,14 \cdot 20 \cdot h \cdot 0,1$$

отсюда  $h = \frac{1696}{3,15 \cdot 20 \cdot 0,1} = 270$  сантиметров; если коэф. запаса принять 1,25, то длина погруженной части сваи должна быть около  $27 \times 1,25 = 3,4$  м.

Сваи могут быть заменены отдельными кучками песка. Расположение их такое же, как и сваи. Вес каждой кучи должен соответствовать выдергивающей силе сплавины. Для примерного расчета принимаем песок с объемом весом равным 1,7. Тогда кубатура одной кучи определится по формуле  $1,696 = V \cdot (1,7 - 1)$ ; отсюда

$$V = \frac{1,696}{0,7} = 2,42 \text{ м}^3, \text{ где } V - \text{объем песка в куче.}$$

Следующим приемом предотвращения всплывания может служить пригрузка сплошным слоем песка по всей площади всплывания. Толщина слоя песка (принятая для примера объемом весом 1,6 определяется следующим образом:

Если объем одного квадратного метра сплавины составляет  $1,1 \cdot 0,6 = 0,6 \text{ м}^3$  (где 0,6—толщина сплавины), грузоподъемность такого объема торфяной сплавины, при объеме весе ее 0,85, будет равна (1000—850) · 0,6 = 90 килограмм. Общего песка, потребного для уравновешивания всплывающего усилия, равен  $V = \frac{90}{1600 - 1000} = 0,15$  кубометрам, т. е. толщина слоя песка в данном случае будет равна 15 сантиметрам.

Указанный слой песка может быть намат.

Четвертый способ — минерализация—заключается в

сожжении поверхностного слоя торфа. Сожжение может быть осуществлено только в летнюю сухую погоду; кроме того, способ этот опасен в смысле распространения пожара на расположенные вблизи леса и селения, на что

должно быть обращено особое внимание в направлении принятия соответствующих мер.

#### Появление сплавины торфа при заполнении канала водой

Факторов образования торфяных сплавин при заполнении канала водой может быть много, но все же три из них являются основными.

Первое, когда оголения поверхность торфа, после окончания зачистки русла канала, в зимнее время, успела промерзнуть на некоторую глубину торфяной залежи. Благодаря этому, как указано выше, объемный вес торфа тернется на 9% от первоначального; если при этом объемный вес промерзшей части будет меньше единицы, то произойдет неизбежное всплывание, еще и потому, что сила сцепления торфа в месте границы, отделяющей промерзший грунт от талого, по сравнению с прежним талым состоянием торфа в этой части, ослабевает на значительную величину.

Второе — влияние подпорных грунтовых вод на дно и откосы канала, когда подстилающий торфяную залежь грунт в основной своей части состоит из песка. Давление грунтовых вод на дно и откосы канала увеличивается с появлением промерзшего с поверхности слоя торфяной залежи.

Третье: В образовавшиеся в результате промораживания трещины и выпучины на поверхности торфа при заполнении канала проникает вода и попадает в талый грунт, благодаря чему торф в этом месте набухает — разжижается, сцепление его уменьшается, что способствует отрывающей силе, которая стремится поднять промерзший слой торфа на поверхность воды.

Опасные места в смысле всплывания торфа могут быть там, где русло канала пересекает торфяные болота. На канале Москва-Волга такими местами могут быть километры: 11—13, 31—37, 41—32, 45—54, 65—66, 72—73, 76—77 и 82—92.

Для выявления мест выпучин и трещин в русле канала до момента наполнения канала водой следует производить инструментальные замеры (нивелирование точек поперечников и т. д.). Поперечники для целей наблюдения намечаются через 100—500 метров по оси канала. Точки на поперечнике разбиваются через 5—10 метров в ту и другую сторону от оси канала, до бровок сухих откосов дамб

Полученные нивелировочные данные должны наноситься на профиль, который составлен для этого поперечника в момент окончания на этом месте торфяных работ.

В случае обнаружения выпучин или трещин при замерах в дне или откосах канала, если объемный вес торфа в этом месте меньше единицы, деформированный слой грунта до наполнения канала удаляется или пригружается (если позволяет габарит) минеральным грунтом (желательно песком или гравием). (Фиг. 2).

# ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕМЕНТ И ПРОБЛЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОРТЛАНД-ЦЕМЕНТА

инж. Б. А. КУВЫКИН,  
инж. С. В. ШЕСТОПЕРОВ

**Ш**ИРОКО развернувшееся капитальное строительство в СССР идет темпами, дальнейшее развитие которых тормозится промышленностью строительных материалов.

Вместе с тем и сами методы производства строительных работ, в наиболее сложном, значительном по объему комплексе работ железобетонных, являются по сравнению с методами работ на наших передовых фабрично-заводских предприятиях весьма отсталыми и примитивными; например, бетонные заводы и комбинаты в большинстве своем все еще очень несовершенны как по конструкции, так и по использованию.

Вопросы транспорта бетонной смеси, заготовки и установки опалубки и арматуры, так же как вопросы укладки бетона, продолжают оставаться на весьма невысоком уровне.

Если на ряде бетонных заводов мы все же имеем определенные достижения по части приготовления бетонной смеси, используя прекрасные отечественного производства 2000-литровые бетономешалки ССМ, то вопросы автоматической дозировки поставляющих бетонную смесь материалов еще не решены. Впервые в СССР освоенный опыт транспортирования бетона на ленте дал возможность с одного бетонного комбината пятого шлюза МВС подавать за сутки в одну точку до 3180 м<sup>3</sup>, в то же время вопросы механизации транспорта, заготовки арматуры, лесоматериалов и их установки оказываются на сегодня еще нерешенными.

Из опыта бетонирования пятого шлюза (выполненого в 5 месяцев) с объемом бетона 104 тыс. м<sup>3</sup>, можно сделать вывод о том, что в вопросах строительства крупнейших гидротехнических сооружений мы имеем еще непочатый источник внутренних ресурсов и возможностей в части ускорения производства работ, а стало быть и удешевления их стоимости.

Важнейшим обстоятельством, решающим задачи снижения стоимости и сроков строительства, является заранее глубоко продуманная и организованная система производства работ.

Невольно напрашивается мысль о цикличности в производстве работ. Бетонный комплекс работ следует начинать, когда целиком закончены предваряющие его работы по водотопливу и земле. Тогда перед бетонщиком открывается сразу весь фронт работ, меняющийся и самую систему организации производства работ.

Цикличность дает возможность воспитать кадры бетонного комплекса в правильной системе организации работ, а затем использовать их с большой эффективностью на следующей по порядку точке производства работ.

Практика строительства канала Москва—Волга по-казывает противо-

речия, заключающиеся между правильной организацией работ и разрывами в своевременном выполнении проектов и в бесперебойности снабжения работ строительными материалами и инструментами. Противоречия эти особо дают себя чувствовать на крупных строительных и требуют коренной их перестройки. Поэтому выдвигаемый нами в этой статье вопрос не является случайным, а вытекает из опыта и потребности строительства.

## Теория микробетона и его получение

Практика проектирования составов бетона с расходом вяжущего в больших пределах, от 200 до 500 кг на 1 м<sup>3</sup> бетонной кладки, и наша работа по внедрению в течение ряда лет в массы строителей понятий о водоцементном факторе, абсолютных объемах, абстинентности цемента и ряде других «теоретических» основ проектирования и подбора состава бетона привели нас к ряду интересных и значительных выводов.

Рассмотрим вопрос о проектировании состава бетона для таких сооружений, в которых к бетону иных требований, кроме получения заданной механической прочности, не предъявляется. В этом случае проектирование бетона на цементях различной активности приведет к различному расходу вяжущего при прочих равных условиях. Если взять крайние случаи, например получение марок 350 кг/см<sup>2</sup> и 90 кг/см<sup>2</sup> при одинак и тех же остальных материалах, но при различных цементях, то при пластичности бетона, определяемой здесь некоторым количеством воды, например 190 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона (армированная конструкция), мы получим бетон, по своей структуре очевидно резко различный. Характер раствора в бетоне в этих двух случаях получится совершенно иным, структура цементного камня различна, распределение крупного отощателя в объеме кладки также будет иное. Толщина «шов», т. е. прослойки цементного камня, связывающего зерна песка, а также раствора, связывающего куски крупного отощателя в монолит,—различна.

Для гидротехнических и подземных сооружений, подвергющихся выщелачиванию водой или агрессивным воздействиям необходимо применять бетон, наряду с достаточной механической прочностью непременно обладающий плотностью, повышенной сопротивляемостью по отношению к коррозии и характеризующийся также

минимальными усадочными явлениями, а при массивных сооружениях—сравнительно малой термичностью. Для гидротехнических сооружений вопрос о вяжущем оказывается гораздо более сложным.

Теоретически правильно составленным бетоном для только-что названных сооружений следует считать бетон с минимальным количеством наименее стойких, другими словами наиболее уязвимых мест, занятых цементным камнем.



Бетонный комбинат на пятом шлюзе

Отсюда следует, что количество цемента затрачиваемого на 1 м<sup>3</sup> кладки, независимо от марки бетона (R6 и S1), должно быть достаточным и постоянным, при условии, однако, что характер вяжущего должен меняться в зависимости от предъявленных к нему и к бетону требований.

Мы считаем, что при проектировании состава бетона количество составляющих бетон материалов должно быть представлено не в виде цемент+вода+песок и т. д., а в следующем, более полном виде:

- 1) порошкообразные вещества;
- 2) вода;
- 3) мелкий отощатель - заполнитель;
- 4) крупный отощатель - заполнитель.

В зависимости от требуемых проектировщиками характеристик будущего бетона в сооружении порошкообразная составляющая должна подбираться и меняться.

К требованиям проектировщиков необходимо отнести, кроме характеристик бетона в отношении механической прочности, плотности, водонепроницаемости, морозостойкости (под влиянием совместного действия воды и мороза) сопротивляемости агрессивным воздействиям, еще и требования бетонов с малыми усадочными деформациями, с малой или, в особых случаях, наоборот с большой экзотермичностью и, наконец, сопротивляемость динамическим нагрузкам.

Как уже отмечалось, цементный камень является наиболее уязвимым из всех остальных составляющих бетона; мы имеем в виду его выщелачиваемость, затем также то обстоятельство, что цемент в составе бетона является источником как усадочных, так и температурных явлений, сопровождающих процесс его твердения. Чем больше введено цемента в единицу объема бетона, тем сильнее выражены эти явления. Вяжущее — портланд-цемент — при затвердении его водой образует коллоидную систему, которая обладает и длительно сохраняет свойства усадки (уплотнения) и набухания при соответствующих условиях. Увеличение количества портланд-цемента в единице объема бетона несет с собою и присущие этому вяжущему свойства, т. е. дает новые специфические качества такому бетону: высокую экзотермичность, усадочность и хрупкость. В качестве крайнего, предельного, но весьма наглядного в этом отношении примера, можно упомянуть, что бетон\*, выполненный только из одного портланд-цемента, будет бетоном совершенно непригодным, вследствие крайних резких явлений усадки с сопутствующими им громадными внутренними напряжениями, недолугимой высокой экзотермичной с последующими расслоениями и т. д. Поэтому не только по причинам экономическим, но и техническим, для снижения этого рода явлений цемент в бетон должен вводиться в виде раствора с песком.

Из всего изложенного следует, что подобно тому, как в бетоне необходимо должно быть введены крупный и мелкий отощатель в целях уменьшения различных качественно-вредных явлений, необходимо в цементном камне, другими словами в самом цементе,

иметь подобные же добавки, задача которых будет заключаться в создании пространственного скелета в коллоидально-кристаллической системе затвердевшего цемента, с одной стороны, и связывании выделяющегося с другой окиси кальция в более устойчивые соединения, а другая.

Эта выдвигаемая нами концепция и вкладывается в понятие микробетона.

#### Теория и получение гидротехнического цемента

Изложенная раньше мысль о микробетоне находит свое частичное отражение и применение в гидротехническом бетоне.

Особо остро в гидротехническом бетоне является то положение, что, стремясь получить плотный и долговечный бетон и применяя для этого значительные количества портланд-цемента, мы приходим к диалектической противоположности, т. е. к бетону мало устойчивому по отношению к выщелачивающему действию вод, к бетону с усадочными явлениями, бетону с большими внутренними напряжениями; лишь на непоясненных могут успешно действовать высокие показатели механической прочности контрольных кубиков и образцов бетона.

Для гидротехнических сооружений нужен специальный, отвечающий всему многообразию требований, гидротехнический цемент.

Неверно думать, что для гидротехники пуццолановый портланд-цемент является наилучшим вяжущим материалом. Пуццолановый портланд-цемент в этом случае лучше обычного портланд-цемента, но этого еще совершенно недостаточно.

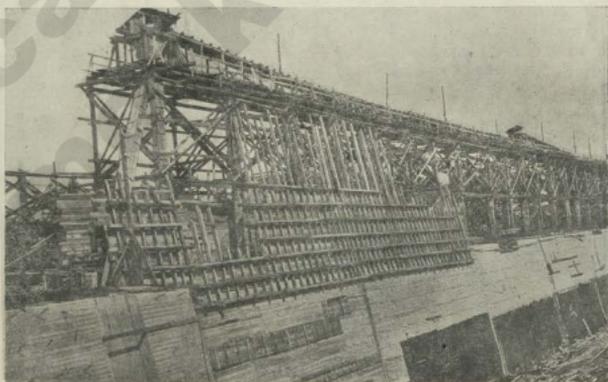
Гидротехническим сооружениям нужен особый цемент — обладающий достаточными вяжущими свойствами, имеющий в своем составе активную добавку, связывающую в дальнейшем известь, и отощающую добавку в виде, например порошка тонко перемолотого кварца или некоторых других горных пород, т. е. добавку, которая дает потребный для микробетона скелет и — в сумме с первыми двумя составными частями гидротехнического цемента, решающий вопрос о достаточном количестве порошкообразного вещества, — создает, при определенных характеристиках обычного песка, гравия или щебня, плотный бетон.

Технико-экономическое обоснование рентабельности получения гидротехнического цемента на стройплощадке \*)

Истекший 1936 год являлся первым годом начала выполнения исторического постановления СНК СССР и ЦК ВКП(б) от 10

июля 1935 г. о генеральном плане реконструкции г. Москвы. Это не может не отразиться на резком увеличении потребности в ведущем строительном материале — цементе. По полученным НКТП заявкам, потребность в цементе на 1936 г. для Московской области определялась в 1.200 тысяч тонн. Это дает удельный вес для нее в 18,4%

\*) Данные взяты из записки, составленной по заданию стр-ва канала Москва-Волга бригадой г. Шнейдера в виду того, что к тому времени подобных материалов нигде не имелось.



Волжский однонамерный шлюз

к плану выпуска цемента на 1936 г., определенному в 6.530 тысяч тонн по СССР.

Некоторые материалы об объеме капиталовложений в чистое строительство по Московской области позволяют определить потребность области в цементе на 1937 г. в размере не менее 150 тысяч тонн, что при намечках выпуска цемента по СССР в 7,8 млн тонн составит для нее удельный вес в 1,92%. Мы склонны думать, что фактическая потребность области в цементе окажется несомненно выше.

Каковы же перспективы расширения производства цемента в Московской и смежных областях на ближайшие годы?

Постановлением правительства от 11 февраля 1936 г. НКТП и НКМП обязаны были закончить в 1936 г. на полную мощность строительство подмосковного цементного завода „Гигант“ с годовой производительностью 500—600 тысяч т портланд-цемента, а также Ново-Подольского и Ново-Брянского заводов, производительностью по 155 тысяч т в год каждый.

Если принять, как указывалось выше, потребность Московской области в цементе в 1936 г. в 1.200 тыс. т и в 1937 г. 1.500 тысяч т, можно составить примерно следующий баланс для данной области на данные годы:

Таблица 1

№№ п/п	Наименование заводов	1936 г.		1937 г.	
		Потребность	Производство	Потребность	Производство
В СЕГО . . . . .		1200	760	1500	1200
В том числе:					
1.	Подольский . . . . .	—	156	—	156
2.	Ново-Подольский . . . . .	—	—	—	100
3.	„Спартак“ . . . . .	—	160	—	160
4.	Щуровский . . . . .	—	210	—	210
5.	„Красный Строитель“ . . . . .	—	80	—	80
6.	„Гигант“ . . . . .	—	78	—	430
7.	Косогорский . . . . .	—	60	—	60

Как видно из приведенной таблицы, дефицит цемента, без сомнения на значительное увеличение его выпуска в 1937 г., почти не уменьшится для Московской области, составляя 300 тыс. тонн в 1937 г. Иначе говоря, потребность Московской области в цементе в 1937 г. местным производством может быть покрыта только на 80%.

В связи с этим в орбиту снабжения Московской области цементом должна быть втянута и брянская группа заводов, усиливаемая Ново-Брянским заводом, пуск которого и перевод его на высококачественный цемент позволят

перевести действующий Брянский завод полностью на выпуск пуццоланового портланд-цемента и тем увеличить его мощность с 258 до 350 тыс. т.

Изложенное дает основание полагать, что на ближайшие 2—3 года баланс цемента по Московской области и в частности для Москвы, мог бы быть более благоприятным, чем был до последнего времени.

Однако, мы не можем рассматривать баланс цемента по Московской области, в частности потребность Москвы, изолированно от прилегающих к ней районов.

Так, потребность в цементе смежных с Московской областью районов — Ивановской области и Горьковского края — по имеющимся данным составит в 1937 г. 360 тыс. т.

Оба эти индустриальные района не имеют собственной цементной базы. Неблагоприятный баланс цемента в Московской области позволял возводить в эти районы крайне незначительное количество цемента, несмотря на вполне удовлетворительный, 300—500 км, радиус перевозок.

Вследствие этого, названные районы получают цемент в основном с юльской группы со средним пробегом до 1000 км, а в отдельных случаях и от 1500 до 2000 км. Следовательно, ориентироваться попрежнему на сохранение такого положения и не учитывать необходимости снабжения этих районов, главным образом Ивановской области, продукцией подмосковных заводов, было бы неправильно. А это обстоятельство должно снизить соответственно возможности покрытия растущей потребности Московской области цементом подмосковной группы заводов.

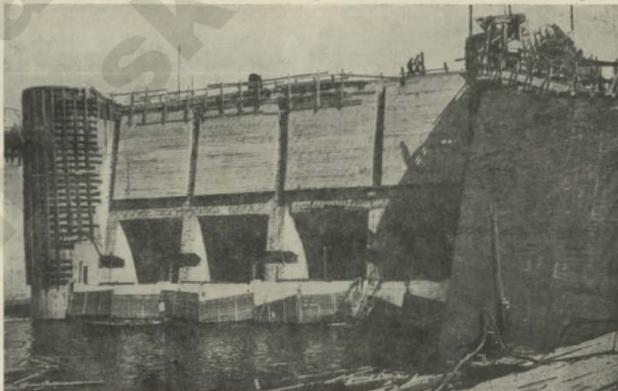
Нельзя также в такой значительной мере, как это было в 1934 г., базироваться на снабжении Московской области цементом с брянских заводов. Так, по имеющимся данным, примерная потребность Ленинградской области в цементе в 1937 г. составит 425 тыс. тонн, а с Северный краем и Карелией — до 525 тыс. тонн, при возможном покрытии производством с заводов Ленинградской области в 1937 году около 200 тыс. тонн, а в 1938 году, с пуском Пикалевского цементного завода, — 300—350 тыс. тонн.

Таким образом, недостающее количество цемента должно быть завезено в Ленинградскую область и, конечно, лучше это сделать из Брянска (на расстояние до 800 км), нежели, как это практикуется теперь, вести из Новоросси́йска — на расстояние до 2:00 км. по ж. д. или смешанным транспортом со средним пробегом свыше 3500 км.

При этом следует иметь в виду, что значительные гидротехнические работы, ведущиеся в Ленинграде и области, требуют применения пуццоланового цемента, который в значительных количествах может быть дан только из Брянска.

Все это говорит о том, что баланс цемента для Московской области будет попрежнему оставаться напряженным.

Поэтому, наряду с дальнейшим проектированием строительства новых цементных заводов, должны быть кроме того изысканы пути для повышения производительности действующих



Волжская гидроэлектростанция

\*) Показана только годовая продукция.

заводов, ослабления дефицита цемента и рационализации способа транспортировки его в столицу.

Возросшая потребность в строительных материалах для Москвы создает чрезвычайно большое напряжение и ставит остро вопрос об освоении столь огромного количества перевозок и о разгрузке железнодорожного транспорта.

С этой точки зрения рационально базироваться на завод „Гигант“. Получить с него пуццолановый цемент не удастся, так как резерв мельниц на нем 4% против обычного 25%, да и нет разведок и даже ориентировочных данных о наличии близ завода месторождений гидравлической добавки.

Все эти обстоятельства выдвигают актуальность вопроса о постройке в Москве специальной помольно-сушильной установки.

Технологический процесс получения гидротехнического цемента рассматривался нами в трех вариантах:

1) помол в цементной трубчатой мельнице порландцементного клинкера с просушенными на установке в барабанах трепелом и песком;

2) перемешивание в смесительных мельницах цементного порошка с предварительно просушенным и измолотым трепелом и песком;

3) перемешивание в смесительных мельницах указанного порошка с предварительно просушенным и измолотым песком с добавлением трепела путем мокрой присадки в бетономешалку.

Различные варианты присадки молотого трепела в бетоны, посредством добавки сухого порошка или порошка взмученного в воде шлама, нами рассматривались летом 1934 года, когда и были произведены опыты для производства по вопросу о присадке порошка при заливке в бетоночеканки; имелись сомнения о возможности получить вполне однородный бетон. Широкие опыты по присадке в бетономешалки порошка от 25—30%, считая за 100% готовую смесь цемента с трепелом, не проводились. Данные опыты следует провести.

Ориентировочные данные о помольно-смесительной установке могут быть обобщены приведенной ниже таблицей технико-экономических показателей (табл. 2).

Таким образом, капиталовложения на строительство помольной установки, при ее годовой мощности в 260.000

тонн цемента, колеблются в размере от 18 руб. 21 коп. до 19 руб. 22 коп. на 1 тону продукции.

Из анализа этой таблицы видно, что наиболее дешевым как по капиталу вложениям, так и себестоимости продукции является вариант организации помольной установки.

Следует отметить, что при всех положительных данных, которыми характеризуется 3 вариант, недостатком его является невозможность использования бестарих перевозок клинкера.

Таблица 2

ПОКАЗАТЕЛИ	1	2	3
	вариант	вариант	вариант
Капиталовложения в млн руб. . . . .	5.009	4.918	4.736
Себестоимость 1 т цемента . . . . .	61—04	64—46	55—36
Удельный расход условн. топлива на 1 т цемента в кг . . . . .	25,7	25,7	3,0
Удельный расход электроэнергии в кВт/час . . . . .	44,8	41,8	39,8

Переходя к сопоставлению стоимости цемента на помольной установке с данными по привозному цементу, получим следующую картину:

Таблица 3

Показатели	Брянск		В о л ь с к		„Гигант“		Помольная установка	
	ж. л.	ж. л.	водой	ж. л.	1 вариант	2 вариант	1 вариант	2 вариант
Цемент-порошок . . . . .	55—60	55—50	55—50	55—50	61—04	61—04	55—35	—
Тариф . . . . .	9—60	18—20	9—20	2—75	—	—	—	—
Выгрузка . . . . .	1—50	1—50	1—50	1—50	—	—	—	—
И т о г о : . . . . .	66—60	75—20	66—50	59—75	61—01	61—01	55—35	—
Тара . . . . .	—	—	32—50	—	—	—	—	—
В с е г о : . . . . .	—	—	98—70	—	—	—	—	—

Таким образом, самым дорогим цементом оказывается волыский, за ним идет брянский, и только цемент завода „Гигант“, как наиболее близко отстоящего от Москвы, мог бы быть дешевле, чем цемент по схеме 1 варианта, значительно уступаая, однако, продукции 3 варианта.

При этом необходимо учитывать, что на „Гиганте“, как это ранее уже подробно освещено, организация производства пуццоланового или гидротехнического цемента практически нецелесообразна, и эта точка, в качестве предполагаемого поставщика такого цемента в Москву, взята, при сопоставлении себестоимости в приведенной выше таблице, лишь условно.

При годовой производительности установки в 260 тыс. тонн экономия за год, в случае организации производства по 3 варианту, составит (4 р. 40 к. × × 260.000) = 1 144 тыс. руб., что позволило бы полностью окупить стоимость установки в течение 4—5 лет.

Пути индустриализации производства железобетонных работ

В железобетонных и в бетонных работах при хорошо организованном бетонном заводе и транспорте бетонной смеси к месту укладки основной является работа по подготовке фронта для укладки бетона.



Наосная станция при втором шлюзе

Под фронтом мы понимаем часть сооружения, оформленную геометрически опалубкой с установленной внутри ее арматурой. В зависимости от характера сооружения, подготовка фронта будет более или менее техниче-ски сложной. Не останавливаясь в данной статье на вопро-сах бетонирования ажурных железобетонных конструк-ций (колонны, балки, плиты, арки мостов и т. д.), мы по-пытаемся изложить здесь наши мысли о путях развития строительства железобетонных массивных конструкций типа доков, шлюзов, плотин, водосбросов, водоспусков и т. п.

Общие положения для ажурного бетона остаются теми же, что и для массивного. Строительная площадка на крупном железобетонном сооружении, не считая цеха подсобных работ, должна иметь три высокоорганизован-ных и технически оснащенных цеха: цех опалубочных ра-бот, цех арматурных работ и цех приготовления бетона.

На основе получения малоулучшенного и низкотермиче-ского цемента вопросы развития сооружения на секции и блоки\*) приобретают совершенно иное значение. Дости-гнутые на строительстве канала Москва-Волга размеры и объемы бетонирования секций\*\*) не представляют из се-бя предела одновременно бетонизируемого объема. Возмо-жность бетонирования таких объемов есть следствие при-менения на строительстве трепала, укладки бетона ви-браторами, пониженного расхода портланд-цемента на 1 м<sup>3</sup> кладки и малой пластичности укладываемого бетона.

Дальнейшее увеличение размеров бетонизируемых сек-ций выгодно во-первых для создания планомерной и чет-кой работы цеха по приготовлению бетона, во-вторых для упорядочения системы опалубочных работ, в которых при больших объемах блоков намечается большая эконо-мия леса, рабочей силы, локовок гвоздей и т. д. Опалубоч-ные работы должны быть механизированы, вся работа по заготовке стандартной опалубки не должна произво-диться в самом котловане сооружения.

В опалубочной мастерской должна производиться за-готовка всех деталей и элементов опалубки, как-то: стоек, подкосов и обшивки, при самом широком внедрении элек-тросверл, долбежек, электропили, электрорубанков и т. д. и сведения роли топора к минимуму. В котловане соору-жения должна производиться лишь сборка-монтаж загото-вленных опалубочным цехом деталей. Сборка и монтаж также должны быть оснащены механизмами для горизон-тального и вертикального перемещения заготовленных элементов.

Транспортировка от опалубочного цеха заготовленных опалубочных дета-лей к котловану должна быть механизирована (моно-рельсовая дорога, канатная дорога и другие виды транс-порта).

Обработка лесо-материалов в сто-роне от котлована сооружения осво-бодит строитель-ство от захлеме-ния территории воз-

водимого сооружения отходами, очистка от которых на сооружениях иногда вырастает в «проблему» и требует для своего осуществления затраты работы не только людей, но и механизмов. Обработанный лесоматериал, кроме того, легче транспортировать.

Арматурные работы должны представлять собой техниче-ски высокоорганизованные работы. Широко при-мененные на строительстве канала Москва-Волга меха-ническая резка и гнутье арматуры, электрическая и ду-говая сварка ее должны быть завершены применением механизированной транспортировки заготовленной арма-туры в котлован сооружения (в дальнейшем с монтажной помощью той же электросварки\*\*).

Монтажка арматуры в блоках сооружения с по-мощью электросварки правильно решает вопрос об эконо-мии расходования железа во всех косых стержнях. Арматурная решетка уподобляется металлической ферме.

Освоение и внедрение такой жизненно необходимой системы опалубочных и арматурных подготовительных для укладки бетон работ в свою очередь рождает потребность организации карьерного хозяйства по добыче, обогаще-нию и облагораживанию песка и гравия. В области ра-боты на карьерах безусловно широко применение долж-но найти разработанные впервые и примененные на строительстве канала Москва-Волга методы гидромехани-ческой разработки продуктивных толщ, а также аэродинами-ческое обогащение и сортировка гравийно-песчаных масс.

Кроме работы по добыче нерудных материалов, в сами бетонные комбинаты (цех приготовления бетона) включающие в себя помольно-смесительные установки и транспортные устройства для подачи материалов и бе-тонной смеси к месту укладки, также должны предст-авлять из себя высокоорганизованные передовые социаль-стические предприятия.

Автоматизация дозировки составляющих бетон мате-риалов, гарантирующая точность рецептуры и производим-тельность перемешивающих механизмов, должна обеспе-чить как качество, так и количество требуемого для укладки бетона.

Как пример хороших бетономешалок мы считаем не-обходимым рекомендовать для работы на больших бе-тонных заводах бетономешалки 2.000 литров ССМ, изго-товленных в Киеве.

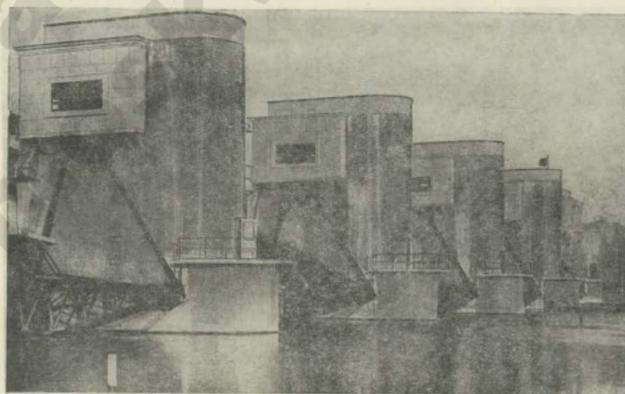
Тран-портровка бетона на транспортных лентах впервые примененных в СССР у нас на строительстве представляет собою безусловно наиболее совершенный вид транспорта бетонной смеси.

Помольно-смеси-тельные устройства должны снабжаться цементными заводами клинкером по-требного качества. Получение с заво-да клинкера чрезвы-чайно упрощает впро-с с тарой и скла-дированием цемент на стройплощадке. снимает вопрос об утруске-распылении цемента.

Научная томатика и ближайшее время

Мы считаем, что создание на само-производстве серии различных необхо-димых ему науч-но-исследователь-

\*) Предложение воен-инженера Д. и т. и в И. С.



Первоинская плотина

\*) Секция и блок ча-сти железобетонного и бетонного сооружения, на которые оно разбивается ввиду явной усадки и экзотермии в бетоне. В ряде случаев деление на секции и блоки является следствием производи-тельности бетонного за-вода.

\*\*) Размеры секций 20×40×3,5 м.

ских единиц — лабораторий — безусловно помогает строительству гибко, срочно и целеустремленно решать поставленные условиями производства работ жизненно необходимые строке вопросы, одновременно с этим решая и задачи затронутого производственного дня.

Практика работы лабораторий на канале дает несомненный вклад в строительное дело в ряде вопросов — например, гидромеханизация, пропеллерные насосы, вибрирование бетона, присадка трепела, гидротехнический цемент, обжиг местных грунтов, глубинный водоотлив и ряд других важных вопросов.

В области работ железобетонного комплекса нам особенно видна взаимная связь и неразрывность работы лабораторного работника-исследователя, проектировщика сооружения, проектировщика организации работ, и самого производителя-строителя, организатора производственного процесса. Для лабораторий предстоит продолжить — углубить работу

- 1) по коррозии бетона;
- 2) по коррозии арматуры в бетоне;
- 3) по изучению теплового режима твердеющего бетона в крупных блоках;
- 4) по изучению деформаций, имеющих место в результате усадочных и тепловых явлений в бетоне;
- 5) по увеличению сопротивления бетона разрыву и сжатию;
- 6) вопросы биозащиты бетона от фильтрации и вопросы кольматажа;
- 7) белые бесцветные и окрашенные бетоны;
- 8) использование золы теплоцентралей в качестве добавки и т. п.;
- 9) вопросы теории цементации;
- 10) чрезвычайно важен также и вопрос освещения цементным заводом в паспортах действия на выпускаемый заводом цемент ускорителей твердения;
- 11) вопросы организации производства бетонных и железобетонных работ, в числе которых особо важным является вопрос механизации опалубочных и арматурных цехов, вопросы транспорта арматуры и опалубки, проектирование организации рабочего места, понимая под рабочим местом секцию-блок;
- 12) проектирование карьерного хозяйства и автоматической дозировки бетонных комбинатов.

Немаловажным является вопрос обжига в сокращенные сроки кирпича из местных бедных глину грунтов в целях применения этого продукта для мощения откосов каналов и рек, для возведения автострад и для облицовки стенок доков камерных шлюзов, а также и в качестве щебня для бетонов в районах, не имеющих гравия и камня.

Итак, первые итоги работы по теме, «Гидротехнический цемент».)

Планом работы предусматривалось проведение экспериментальной части по определению свойств 14 месей портландцемента с различными по количеству и качеству добавками в виде трепела, молотого песка и золы.

Одних испытаний на морозостойкость, воздухоустойчивость и водонепроницаемость, усадку

и упругие свойства выполнено более 2.000, не считая опытов предварительной серии.

Экзотермия и усадочные напряжения изучаются в опытных блоках размерами  $2 \times 2 \times 2$  м; в блоках установлены телегеометры, и по методу проф. Давиденкова в ведутся наблюдения за деформациями, происходящими в бетоне блоков. В каждом блоке заделано, помимо обычных термометров, по 21 термометру сопротивления.

Объем бетона, приготовленного по теме, превышает 70 кубических метров.

Работа в Центральной Бетонной лаборатории МВС проводилась при оказании ей большого внимания со стороны руководства Строительств.

В этой работе (инж. Кувькин, Шестоперов и проф. Юнг В. Н.), которая еще продолжается, мы на сегодня уже имеем данные, позволяющие говорить о том, что гидротехнический цемент нами найден\*). Показатели этого цемента в бетоне следующие:

- водонепроницаемость полная при давлении 5 атм;
- морозостойчивость полная, без потерь водонепроницаемости бетона;
- механическая прочность на 28-день твердения — от 122 до 187 кг/см.

Другие существенные показатели приводятся в следующей таблице:

Содержание портландцемента в %	Механ. прочн. 28 дн.	Температура бетона			Деформации
		при укладке	через 24 ч.	максим.	
100%	308	11,0	28	28,5	0,00004
80%	187	12,5	20	27,5	0,00001
50%	184	11	19,5	28	0,00000
40%	122	11,5	15	23	0,00000

В состав исследуемого гидротехнического цемента входят три составляющих: с одной стороны портландцемент, а с другой — трепел и молотый песок в различных пропорциях и дозировках. Кроме того, изучению подвергается вяжущее, в состав коего входит зола ТЭЦ, как отход, имеющий еще мало областей применения; между тем в Москве ожидаются громадные количества золы ТЭЦ, оцениваемые для 1942 г. величиной до 2 млн тонн.

#### Выводы

1. Создание вблизи Москвы технически высокооборудованного центрального бетонного завода с мощной сушильно-помольной установкой обосновывается как

техническими, так и экономическими преимуществами.

2. Наличие сушильно-помольной установки, оборудованной по технически совершенной и гибкой схеме производства, позволит производить:

- а) на базе использования местных добавок и отходов (напр. золы ТЭЦ) — гидротехнический цемент для сооружений МВС второй очереди, нужных рецептур и составов\*;

\* Подробные данные о результатах исследований будут даны в специальных статьях.



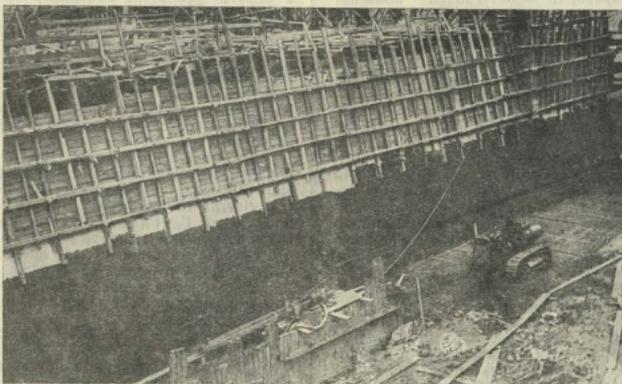
Перервинский шлюз

\*) Данные на 1 октября 1942 г.



б) на базе песка и др. горных пород, отходов и добавок не более 40–50% привозного цементного клинкера—достаточно эффективное вяжущее для разнообразных строительных деталей и работ в районе г. Москвы, что позволит снизить и даже ликвидировать дефицит цементных вяжущих в Москве и прилегающем районе.

3. Гидротехнический цемент, созданный в результате работ Центральной Бетонной лаборатории МВС, обладает, при достаточной механической прочности и водонепроницаемости, малой



Бетонирование камеры в 4 шлюза

усадкой и малой термичностью.

4. Применение гидротехнического цемента позволяет произвести дальнейшую рационализацию производства крупных гидротехнических работ и в известной мере облегчить и организацию.

5. В дальнейшем ходе исследовательских работ МВС будут даны рецепты смешанных вяжущих, с одной стороны на базе использования производственных отходов (зола ТЭЦ), а с другой стороны—на основе создания про

веренных рецептов смешанных вяжущих для надземных гражданских сооружений, экономизирующих последние.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОГО РАСХОДА В НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ МЕТОДОМ „ЭГДА“

Инж. Т. М. ВАСИЛИШИН

Для определения методом „ЭГДА“ расхода на фильтрацию в однородных основаниях гидросооружений имеется простая и остроумная формула проф. Глушкова:

$$Q = \frac{kF}{R}, \text{ где } k — \text{коэффициент фильтрации, } F — \text{живое сечение}$$

подпорного бьефа,  $R$ —коэф. сопротивления, который определяется методом „ЭГДА“ в однородной среде при помощи так называемого стандарта.  $R$ —это отвлеченное число и является отношением сопротивления модели  $r$  и стандарта  $p$ , т. е.  $R = \frac{r}{p}$ . (Подробнее об этом см. Известия Госуд. Гидрологического Института, 1932, № 46).

На основании этой формулы нами выведена и проверена формула для определения расхода в неоднородной среде.

Предположим, что фильтрующая область основания состоит из грунтов с коэффициентами фильтрации  $k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$  и что осредненный коэффициент фильтрации этой области равен  $k_0$ , которому на модели соответствует осредненное удельное сопротивление раствора  $r_0$ —тогда по Глушкову можно бы определить расход по формуле:

$$Q = \frac{k_0 F}{R_0} \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{где } R_0 = \frac{r_0}{p_0} = \frac{r_0}{c p_0}$$

при чем  $r_0$ —общее сопротивление модели;  
 $p_0$ —общее сопротивление стандарта;  
 $c$ —коэффициент, зависящий от размеров стандарта с раствором при удельном его сопротивлении  $r_0$ .

Для определения расхода  $Q$  по формуле (1) необходимо знать соотношение  $\frac{k_0}{R_0}$ , которое введено нами в качестве расчетной величины.

На основании аналогии между движением грунтовой воды в грунте и движением электричества в проводнике—между коэффициентами фильтрации ( $k$ ) и удельными

сопротивлениями ( $p$ ) должна существовать следующая зависимость:

$$\frac{1}{p_1} : \frac{1}{p_2} : \frac{1}{p_3} : \dots : \frac{1}{p_n} = k_1 : k_2 : k_3 : \dots : k_n$$

или иными словами

$$k_n p_n = \text{const.} \dots \dots \dots (2)$$

Предположим для простоты, что толщины раствора на модели и в стандарте одинаковы, и, кроме того, что стандарт квадратной формы,—тогда в зависимости от удельного сопротивления раствора стандарта  $p_n$  будем иметь:

$$R_n = \frac{r_0}{c p_n} \dots \dots \dots (3)$$

где  $r_0$ , как общее сопротивление раствора модели при осредненном удельном сопротивлении  $r_0$ , является величиной постоянной.

На основании ур-ния (3) найдем следующую равенство:

$$\frac{k_n}{R_n} = \frac{c \cdot k_n p_n}{r_0} \dots \dots \dots (4)$$

Так как  $p_n k_n = \text{const.}$ ,  $r_0 = \text{const.}$  и  $c = \text{const.}$ , то

$$\frac{k_n}{R_n} = \text{const.} \text{ или } \frac{k_n}{R_n} = \frac{k_0}{R_0} \dots \dots \dots (5)$$

Таким образом формулу (1) можно переписать в следующем виде:

$$Q = \frac{k_n F}{R_n} \dots \dots \dots (6)$$

где  $k_n$ —один из коэффициентов фильтрации фильтрующего грунта.

Следовательно, чтобы методом „ЭГДА“ определить фильтрационный расход в неоднородной среде, необходимо при помощи стандарта, наполненного раствором, удельное сопротивление которого  $p_n$  соответствует одному из коэффициентов фильтрации грунта  $k_n$ , определить  $R_n$ , и полученное значение  $R_n$ , а также  $k_n$  (соответствующее  $p_n$  раствора) подставить в формулу (6).

# УКРЕПЛЕНИЕ ОТКОСОВ КАНАЛА

Инж. П. Н. КОРАБЛИНОВ

В настоящее время вопрос о необходимости укрепления откосов судоходных каналов собственно даже не ставится: настолько о ясен из всего опыта строительства и эксплуатации судоходных путей. В этом отношении поучителен пример Франции, где были попытки, в целях экономии первоначальных капиталовложений, обходиться без креплений на участках судоходных путей, проходящих по частновладельческим землям. Через некоторое время на этих участках в результате разрушения берегов появились опасные для судоходства откосы, ухудшилась форма русла, особенно на закруглениях, уменьшилась судоходная глубина,—пришлось прибегнуть к дорогим землячерпательным и другим работам.

Весьма поучительна в этом отношении также история строительства и эксплуатации Приладожских каналов у нас в СССР. Эти опыты лишний раз подтвердили необходимость откосокрепительных работ на судоходных каналах с теми лишь подчеркнутыми выводами, что надлежащее укрепление берегов не только обеспечивает расчетные технико-эксплуатационные показатели сооружения (осадка и размеры судов, скорость и интенсивность их движения, судоходные фрахты, возможность применения безветровой тяги и т. д.), но от него может зависеть даже само существование водного пути.

Каждому знакомому с геологическими условиями трассы канала Москва-Волга также, конечно, совершенно очевидно, что оставить незащищенными берега канала, сложенные в основном из малосвязных и легкоразмываемых грунтов, было бы недопустимой технической ошибкой.

## 1. Современное положение вопроса о креплениях

Вопрос о технике крепления откосов судоходных каналов не снимается с повестки международных судоходных конгрессов. Особое внимание было уделено ему на последнем XVI конгрессе, состоявшемся в 1935 году в гор. Брюсселе\*, на котором целый ряд докладов представителей разных стран был посвящен предмету нашего рассмотрения.

Такое усиленное внимание к последнему объясняется значительно возросшими скоростями движения судов по судоходным каналам и ростом количества быстроходных автомоторных судов в связи с достижениями последних лет в области судового моторостроения, в том числе и для внутреннего судоходства.

Имеющийся в ограниченном количестве сведения в гидротехнической литературе и доклады по креплениям откосов каналов, представленные на последнем Брюссельском конгрессе, свидетельствуют пока лишь о том, что вопрос этот, несмотря на кажущуюся его сравнительную простоту, далек еще от должной технической ясности его разрешения.

Основная причина нерешенности вопроса при наличии достаточного графического материала, изображающего конструкции применяемых способов укрепления, заключается в отсутствии обобщающих результаты опытов, учитывающих все многообразие условий: естественно-исторических (климатических, геологических и геотехнических), навигационных (скорости движения и размеры судов, форма и размеры канала, способы тяги и т. д.), и водного режима по соответствующим каналам и их отдельным характерным участкам.

Недостаточно ясен также весь механизм сил, действующих на откосы и разрушающих их. В этом отношении совершенно неудовлетворительно обстоит с вопросом волновых явлений (особенно от проходящих судов), являющихся основным фактором для установления границ укрепления откосов и выбора типа крепления.

Благодаря указанным обстоятельствам крепление откосов судоходных каналов до настоящего времени нахо-

дится как бы в состоянии перманентных «экспериментов», и каждое новое крупное строительство, выбирая конструкцию, представляющую ему наиболее удовлетворительную, одновременно принуждено ставить специальные опыты с креплениями. Так, в частности, делало б. Упрные Волго-Донской водной магистрали в 1928—30 гг.; так же поступило строительство канала Москва-Волга, заложен в 1934 году опытный участок канала протяжением 1 км на 59 км трассы и поставил специальные наблюдения в 1936 году на законченном канале верхнего подхода к шлюзу № 10.

## 2. Масштаб откосокрепительных работ

В рассматриваемом виде гидротехнических работ, как нигде в других сооружениях и работах, с особенной остротой ощущается трудность удовлетворения всем основным принципам и требованиям, предъявляемым к каждому строительному объекту на канале Москва-Волга, а именно: сделать укрепление обязательно простым, прочным, дешевым и красивым.

Обязательность удовлетворения всем этим условиям одновременно вытекает из массовости откосокрепительных работ и видимости крепления, располагаемого на надводных откосах канала.

Из общей площади всех каменных гидротехнических креплений на канале Москва-Волга в круглой цифре 3,7 млн м<sup>2</sup>—площадь укреплений откосов судоходного канала, которые мы рассматриваем, составляет около 2,2 млн м<sup>2</sup>, что в денежном выражении для намеченного типа в виде наброски дает сумму порядка 42 млн рублей. Потребное количество каменных материалов при этом составляет 1 млн м<sup>3</sup>.

Эти цифры при условии, что камня для наброски в районе канала нет, и его нужно подвозить издалека, заставляют с особой осторожностью подходить к окончательному решению вопроса о креплениях судоходного канала, чтобы всем указанным выше требованиям удовлетворить одновременно и в максимальной мере.

## 3. Причины и сущность разрушения откосов каналов

Мы не будем совершенно касаться вопросов устойчивости откосов канала в разрезе устойчивости земляных масс, ограничившись, в соответствии с нашей темой, рассмотрением разрушений на поверхности водного откоса, в его ближайшей к поверхности толще.

В качестве причин, вызывающих указанные разрушения берегов каналов, могут быть названы следующие возможности:

1) Изменения (колебания) горизонтов воды. При таких колебаниях, независимо от причин, их вызывавших, грунт периодически переходит из влажного состояния в сухое и обратно, причем изменяются также физические (и химические) его свойства—углы трения, объемный вес, сцепление и др., могущие повлечь разрушения и деформации откоса, тем более заметные, чем чаще и резче изменяются уровни воды. В этом случае действующим силам помогает вынос мелких частиц грунта водою, вытекающей из откоса (при понижении г. в.).

2) Гидрологические условия: при наличии питания канала грунтовыми водами откосы его может грозить опасность разрушения в результате выноса мелких фракций грунта.

3) Атмосферные факторы. К этой группе относятся: стекающие по откосу атмосферные воды, перемерзающие морозы и оттепели, и ветер—особенно для откосов, сложенных из мелких несвязных грунтов.

4) Ветровые волны. Волнение, развиваемое в канале ветром, разрушает откос путем механического отрыва от него частиц грунта, происходит как бы подтачивание (подрезывание) откоса,—и фильтрационным путем, когда вода, попадая в толщу откоса, при обратном вытекании в канал уносит с собой мелкие фракции.

\* Материалами этого Конгресса мы пользуемся в настоящей работе.

5) Скорости потока воды в канале. Скорости потока воды в канале имеют место при пропуске по нему расчетного расхода, при шлюзовании (особенно на участках ближайших к шлюзам) и в моменты прохождения судов по каналу (направленные обратно движению судна). Скорости потока разрушают откосы, размывая их.

6) Лед как твердое физическое тело представляет опасность для берегов канала тем большую, чем большие возможности перемещения имеет лед под действием течения, ветров и вертикальных колебаний при изменениях г. в. Серьезные повреждения откосам причиняет также движение судов в ледовой период. Во всех случаях масштаб повреждений зависит от суровости зимнего режима, определяющего степень смерзания (скрепления) льда к откосам и толщину ледового покрова, и от резкости (скорости) перемещений льда.

7) Посадки судов на откосы—повреждение откосов происходит в данном случае не столько от посадки судов, сколько от работы винтов при снятии их с мели.

8) Корабельные волны или волны от проходящих судов—в данном случае явление аналогичное, отмеченному выше в отношении воздействия на откосы волн от ветра.

Главнейшие из перечисленных причин для условий канала Москва-Волга, с которыми необходимо особо считаться при проектировании укреплений откосов,— две: разрушения в период стояния ледового покрова в связи с суровостью зимы и возможностями резких перемещений льда (особенно в моменты пуска и остановки насосных станций), и корабельные волны в навигационный период.

Интенсивное социалистическое строительство на всем обширном фронте СССР, стахановское движение и новые темпы работы во всех областях нашей жизни заставляют особо тщательно подойти к учету влияния корабельных волн, чтобы укрепление откосов не явилось узким местом и препятой технического порядка в достижении должных темпов и показателей в будущей эксплуатации канала Москва-Волга.

#### 4. Высотные границы креплений

Необходимые высотные запасы креплений вверх от максимальных расчетных и вниз от минимальных определяются высотой волнения, которое может развиваться в канале\*).

Диктующими в данном случае являются наиболее высокие волны корабельные. Ветровые волны в пределах 0,25—0,40 м не превосходят обычных минимальных запасов высоты креплений для судоходных каналов над расчетными горизонтами и всегда меньше волн от проходящих судов.

Высота волн, развиваемых проходящими судами, зависит от скорости движения судов, размеров и формы миделевого сечения их, а также от формы и размеров живого сечения канала. К сожалению, расчетной формулы, учитывающих все эти факторы, не существует. Единственная известная нам формула проф. Саткевича\*\*\*) для каналов ограниченной ширины дает искомое значение полной высоты волн как функцию одной лишь переменной—скорости судна, и имеет следующее выражение:

$$a = \frac{C^2}{g}$$

Для высоты над уровнем покоя это выражение перепишется так:

$$a_0 = 0,66 \frac{C^2}{g}$$

\*) Расчетными горизонтами воды в канале для установления высотных границ крепления приняты максимальные и минимальные длительные горизонты установившегося движения и неустановившегося, при работе насосных станций, длительностью не менее 30 минут. Прочие горизонты неустановившегося движения длительностью от 5 до 30 минут отнесены к группе «кратковременные», и в данном случае в расчет не принимаются.

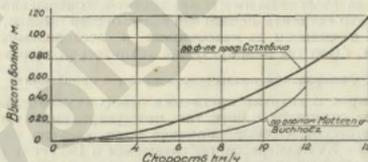
\*\*) Проф. Саткевич: Теоретические основы гидроаэродинамики, том 2.

где  $a_0$ —искомая высота волны над уровнем покоя в метрах,  $C$ —скорость движения судна в м/сек, и  $g$ —ускорение силы тяжести.

Расчеты по этой формуле до максимальной согласованной с Наркомводом скорости судов в 15 км/час дают такие результаты:

Скорость судна		Высота волны над уровнем покоя м
м/сек	км/час	
1,10	4	0,08
1,65	6	0,20
2,20	8	0,33
2,75	10	0,50
3,33	12	0,75
4,17	15	1,20

Кроме приведенной формулы проф. Саткевича, можно еще указать на опыты Matteg и Vuchholz, результаты которых показаны на фиг. 1. Однако и для этих опытов в нашем распоряжении нет никаких данных в отношении размеров и формы канала и испытанных судов. Из сравнения же результатов этих опытов и найденных по формуле проф. Саткевича можно констатировать, что последняя дает относительно большие величины для высоты волн.



Фиг. 1. Изменение высоты корабельной волны в зависимости от скорости движения судов

Полученное значение высоты волны—для скорости судна в 15 км/час, равное 1,20 м, и было принято Строительством в качестве высотного запаса для определения границ креплений по высоте.

Прибавляя 1,20 м к максимальному длительному г. в., получаем для каждого данного пикета канала верхнюю границу крепления; отнимая эту же величину от минимальных длительных горизонтов, находим соответствующую нижнюю границу.

Поскольку нижняя граница креплений находится под волн, и начало возможных разрушений ее может остаться незамеченным для своевременного производства ремонтных работ, а также из соображений сравнительной сложности этих работ—для низа креплений выведено еще дополнительное гарантийное условие, чтобы он был опущен от статического горизонта на глубину 1,50 м.

Верхняя граница в подобных дополнительных условиях не нуждается, так как, если бы обнаружилась в будущем недостаточность ее, или потребовалось в силу изменившихся условий эксплуатации повысить верх крепления,—эта работа при принятом типе крепления наброской может быть сделана без особого труда и быстро путем простой доскики необходимого количества каменного материала.

Весьма интересно и необходимо сравнить принятые запасы с данными практики существующих судоходных каналов. На германских каналах эти запасы обычно составляют  $\pm 1,00$ . Относительно высоких г. в. на ряде каналов верхняя граница имеет  $-0,5$  м запас, нижняя до  $-2,0$  м. Скорости движения судов на германских каналах установлены: 4,5—5 км/час для караванов груженых судов, 7 км/час—для самоходных, и караванам порожних судов разрешается идти со скоростью до 8 км/час.

Таблица 1

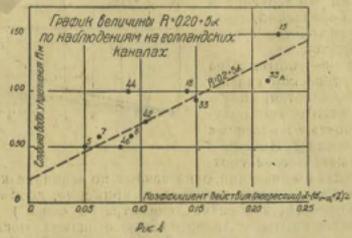
№№ каналов	Наименование канала	Разм. канала		Размеры судов						Максим. доп. скор. км/час		
		F м <sup>2</sup>	В м	максимальных			средних			При осадке h м	V км/час	
				f м <sup>2</sup>	b м	h м	f м <sup>2</sup>	b м	μ			
18	Сев. Голланд.	205	54	5,5	72	15	4,8	2,85	5,7	36	> 2,75	7,5
36	Иорн . . .	155	38	6,2	68,5	19,7	5,0	2,25	6,0	25,8	> 2,0	15
37	Вальхерн . .	295	60	7,45	140,2	19,75	7,1	2,1	8,7	34	> 3,0	7,5
45	Маас-Вазаль	170	62,5	3,30	33,6	12	2,8	5,0	10,4	16,4	> 1,5	15

F — площадь живого сечения канала; В — ширина по зеркалу; Н — глубина канала; f — площадь миделевого сечения судна; b — ширина его по миделю; μ — коэффициент  $\mu = \frac{F}{f}$

Этому условию пассажирский колесный пароход общей шириной (с палубами) 27 м и 20 м по миделю при осадке 2,10 м не удовлетворяет, так как имеет площадь по миделю  $f = 20 \times 2,10 = 42,0$  м<sup>2</sup>. Этот вывод подтверждается также проверкой положения низа крепления по методу инженеров de Bruyn и Maris, приведенной ниже. Пассажирский же пароход линии Москва — Калинин мощностью 700 сил и размерами 15,0 × 8,25 × 1,22 может пропускаться по каналу со скоростью более 15 км/час, так как его мидель имеет площадь сечения 8,25 × 1,22 = 31,8 м<sup>2</sup>, что также подтверждается расчетом по способу указанных инженеров.

Способ инж. де Вруйн и Марис заключается в следующем.

На основании наблюдений каналов в Голландии названные авторы подметили наличие закономерности между



Фиг. 3

установившейся (необходимой) глубиной канала у креплений откосов и некоторой величиной  $\alpha$ , названной ими коэффициентом агрессии (фиг. 3). Зависимость эта выражена ими формулой следующего вида:

$$R = 0,20 + 5 \alpha$$

коэффициент  $\alpha = Z (dv + v_t + Z)$

где Z — величина понижения г. в канале в момент прохождения судна.

Величина Z может быть определена по формуле Крея:

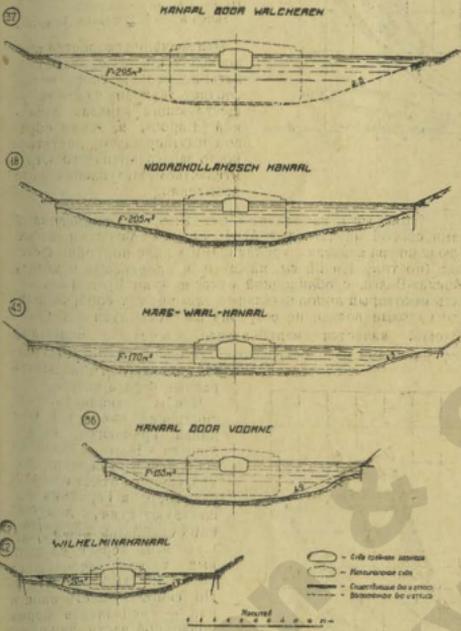
$$Z = \frac{1}{g} (v \sqrt{v_t + \frac{V^2}{2}})$$

где:

$$v_t = \frac{f + f_2}{F - (f + f_2)} \cdot V$$

Буквенные обозначения в этих выражениях следующие:

На каналах во Франции запасы высоты креплений меньше чем на немецких каналах, что находит себе объяснение в меньших размерах каналов и в меньших также скоростях движения судов.



Поперечные сечения голландских каналов с допуском скорости движения судов в 15 км/час.

Фиг. 2

Голландские каналы допускают скорости для судов нормального размера 8—10 км/час и для небольших судов — до 15 км/час. Фактические запасы вверх 0,50—0,85 м и вниз от 0,50 до 1,0 м, и лишь на нескольких каналах запас этот увеличен до 1,50 м.

Скорости 15 км/час допускаются лишь на нескольких каналах (фиг. 2) и для определенных осадок судов, установленных правилами судоходства. В таблице 1 указаны эти условия и приведены размеры как каналов, так и обращающихся на них судов максимального размера и средних размеров.

Приняв для расчета отношение ширины судов к их осадке равным среднему его значению  $\mu = 4,3$ , можно приблизительно найти те минимальные значения коэффициента  $\mu$ , при которых допускаются 15-км скорости движения судов. Эти значения в порядке каналов по таблице 1 следующие: 12, 16, 17, 17.

Вывод отсюда таков, что для канала Москва-Волга, имеющего площадь живого сечения  $F = 370$  м<sup>2</sup>, скорость в 15 км/час может быть допущена для судов с площадью живого сечения не более

$$F = \frac{370}{12} = 31 \text{ м}^2.$$

$g$ —ускорение силы тяжести,  $v$ —скорость движения судна,  $v_1$ — скорость обратного движения воды относительно ложа канала,  $f$ —площадь миделевого сечения судна,  $f_2$ — площадь уменьшения живого сечения канала при понижении уровня воды на величину  $Z$ ,  $F$ —площадь живого сечения канала.

Из общего выражения для скорости волны  $c = K \sqrt{gd}$ , где  $d$ —глубина воды, приняв  $K = 1$ , имеем:

$$d = \frac{c^2}{g}$$

В условиях нашего случая скорость обратного потока относительно судна равна  $(v + v_1)$ ;

$$\text{соответственно } d_{v+v_1} = \frac{(v + v_1)^2}{g}$$

Полученное выражение подставляется в формулу для коэффициента  $\alpha$ , и по его значению уже определяется искомая глубина крепления  $R$ , вернее—порядок этой величины, поскольку формулы не претендуют на большую точность.

Результаты подсчетов по приведенным формулам значений  $Z$  и  $R$  для расчетных судов по каналу Москва-Волга изображены в виде графиков на фиг. 4 и 5.

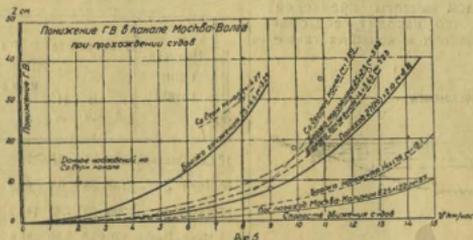
Перед анализом графиков отметим, что формула Крея в отношении величины понижения  $Z$  показывает, на основании специальных опытов на каналах Мерведе, Вессем—Недерверт и Средне-Германском, сравнительное сходство с действительностью.

Последние опыты (на Средне-Германском канале, у шлюза Андертен) показывают некоторую преуменьшенность вычисленных нами значений  $Z$ . Именности точки ложатся левее соответствующих им значений, однозначных по величине коэффициента  $\alpha$ . Расхождение составляет, примерно, до 2 км/час по оси скорости, и порядка дециметра по оси  $Z$ .

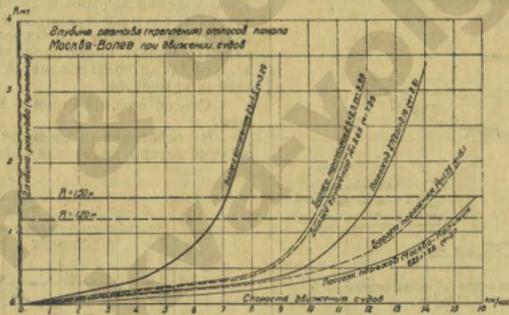
Эти же опыты у Андертенского шлюза показали, что для случая  $\alpha = 4,27$  при  $Z = 0,25$  м и 0,30 м—волны, следовавшие за судном, были без «бурунов» (brisants), и никакого вредного действия на откосы (1:1,5) не наблюдалось. То же самое имело место и для случая  $\alpha = 7,89$  при  $Z = 8$  см и 19 см. Но при  $Z = 35$  см и 37 см имели место «буруны», волны распространялись перпендикулярно берегу и уже «причиняли очевидно повреждения крепления берега».

В свете приведенных данных, учитывая степень точности наших графиков и считая, что понижение в г. в. до 20 см совершенно безвредно для откосов канала и их креплений, заглубленных от длительных минимальных горизонтов на 1,20 м и на 1,50 м ниже статических, из рассмотрения графиков можно сделать выводы, что для канала Москва-Волга «допускаемыми» скоростями следует считать округленно следующие:

\* На фиг. 5 кривая  $Z=1$  (по опытам на Средне-Герм. канале для случая  $\alpha = 7,89$  показана примерно пунктиром, так как провести ее плавно, точно через все четыре точки не представляется возможным.



Фиг. 4



Фиг. 5

Варж	км/час
Грузовая 25×4,5 . . . . .	6,5—7,0
Порожная 25×2,5 . . . . .	10,0—10,5
Грузовая 14×3,65 . . . . .	10,0—10,5
Порожная 14×1,75 . . . . .	13,5—14,0
Пароход 27 (20)×2,10 . . . . .	11,5—12
Пароход линии Москва—Калинин 8,25×1,22: больше 15 км/ч	

Эти значения скоростей превосходят обычные, так сказать, нормальные скорости для соответствующих судов на существующих каналах Западной Европы и таким образом подтверждают достаточность запаса принятого Строительством заглубления низа крепления.

Кроме того, необходимо отметить, что примененный нами способ инж. Влчуи и Матис выведен авторами из наблюдений на каналах с креплениями в виде подпорных стенок (по типу I и III, см. ниже) и в применении к каналу Москва-Волга, с облицовкой откосов (тип II), должен давать некоторый дополнительный запас из тех соображений, что судовые волны, не встречая на своем пути преграды, каковой является вертикальная стенка, с меньшими деформациями распространяются по откосу и соответственно меньше должны разрываться вглубь.

Чтобы закончить рассмотрение вопроса о границах креплений канала Москва - Волга в связи скоростями движения судов, следует отметить, что, например, в Германии существуют суда с допускаемой скоростью в 30 км/час. Суда эти, вернее служебные катера, небольшого размера: 11,5×2×0,70 м. Но самое существенное в них — специальная форма подводной части, так называемая Wellenbinderform, изображенная ниже в миделевом сечении (фиг. 6). Как показали лабораторные испытания, подверженные после при эклопации, — волны за судном следуют далеко позади и действуют на берега под острым углом (5°—10°), уменьшающимся с ростом скорости движения судна, причем при 17 км скорости волны наибольшие, а затем уменьшаются, так как нос судна поднимается над горизонтом воды, как у галсера.

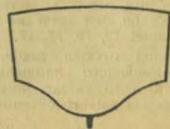
Отмеченный опыт Германии следует иметь в виду при проектировании и постройке быстроходных судов для канала Москва-Волга.

### 6. Основные применяемые типы укреплений откосов каналов

Классификация типов укреплений. Укрепления откосов каналов могут быть классифицированы по двум признакам: по признаку конструкции и в отношении применяемых материалов.

По первому признаку (фиг. 7) различаются три типа:

### Сечение миделя судна Wellenbinderform



Фиг. 6

I—подпорные стенки, возвышающиеся выше горизонта воды;

II—облицовка откосов;

III—промежуточный или комбинированный тип: с подпорной стенкой ниже г. в., или до него, и с облицовкой откоса выше стенки.



Фиг. 7

Типы укреплений откосов судоходных каналов

Наибольшим распространением пользуется II тип, как наиболее дешевой и технически самой простой. Наиболее сложным и дорогим является тип I, почему он и распространен менее других.

Строительные материалы, применяемые для укрепления: а) естественные камни (каменные мостовые, наброска), б) искусственные камни—бетон, железобетон, кирпич, клинкер (стенки, плиты, шашки), в) дерево (шпунты, сваи, заборки), г) металл—чугун, железо и сталь (шпунты), д) растения растущие—камыши, дерн, е) растения не растущие—торф, мох (для подстилок), прутья (для фашин, тюфяков, плетней).

Обычно одновременно применяются различные материалы в комбинациях. Наиболее употребительны каменные материалы и дерево.

Характерные типы укреплений на существующих каналах. В нижеприведенных примерах укрепления откосов существующих судоходных каналов отсутствуют простейшие типы в виде разного рода хвостяных выстилок, плетней, фашин, живых растений, торфа и дерна — поскольку они, на основании достаточно длительного уже опыта, представляются недолговечными (срок службы их обычно до 10, максимум до 20 лет), а для каналов больших, с интенсивным судоходством и большими скоростями движения судов, к каковым относится и канал Москва—Волга, — эти укрепления вообще в последнее время не применяются.

Далее — как в отношении границ креплений, так и при рассмотрении и установлении типов для канала Москва—Волга, мы будем касаться только части откоса в пределах колебаний г. в. и высоты разрушающего действия волн. Укрепление откоса выше этой границы, обычно осу-

щаемое в виде одерновки, засева травой и др.— в задачу настоящей статьи не входит и поэтому не рассматривается.

**Голландские каналы.** Характерные крепления изображены на чертежах фиг. 8 и 9\*). Основные выводы, к которым приходят голландские инженеры на основании своего опыта, следующие.

Во всех креплениях с подпорными стенками должно быть обращено особое внимание на водонепроницаемость стенки и тем в большей мере, чем выше стенка (тип I), и откос выше нее укреплен жесткой облицовкой, неспособной деформироваться без разрушений. Для этой цели прежде всего должна быть обеспечена устойчивость стенки, для чего широко применяются анкера и контрфорсы.

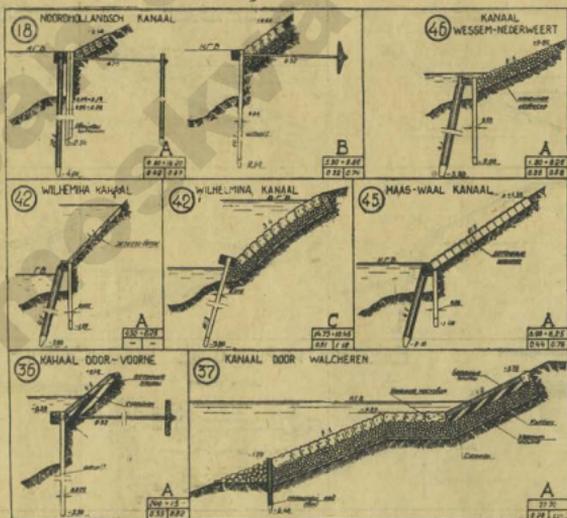
Водонепроницаемость основания достигается: при сплошных рядах свай—бойкой дополнительного ряда свай или досок против швов первого; иногда забивается два ряда деревянных шпунтов (Сев. Голланд канал № 18); хорошо удовлетворят этой цели железобетонные шпунты (см. подробнее при рассмотрении бельгийских каналов). Кроме того, применяются специальные в шахх фланцевые соединения, весьма помогают также обратные фильтры. В песчаных грунтах хорошо работают в смысле водонепроницаемости шпунтовые стенки с треугольным гребнем и лазом.

Толщина деревянных досчатых шпунтов—от 3,2 до 8 см; железобетонные шпунтовые стенки имеют толщину 10—12 см.

Дерево находит широкое применение для устройства оснований креплений, и есть примеры (канал Мерведе № 33) удовлетворительной работы дерева, расположенного на 20 см выше нормального г. в.,—на тех каналах, где имеет место интенсивное судоходство, и дуют частые ветры, обеспечивающие постоянное смачивание древесины. Но эти примеры редки. Чаще же наблюдается, что дерево,

находясь на уровне горизонта воды и на глубине до 20 см вниз, сравнительно быстро разрушается механическим путем от волнения: еловые сваи через 10 лет службы заметно утоньшаются, а через 20 лет от них остается только сердцевина—необходимая водонепроницаемость исчезает. Обычный срок службы деревянных оснований на голландских каналах составляет от 30 до 50 лет. Железобетонные и бетонные стенки считаются «вечными», практический же срок в расчетах эксплуатационных расходов принимается в подобных случаях равным 100 лет.

Дерево для облицовки откосов нигде в



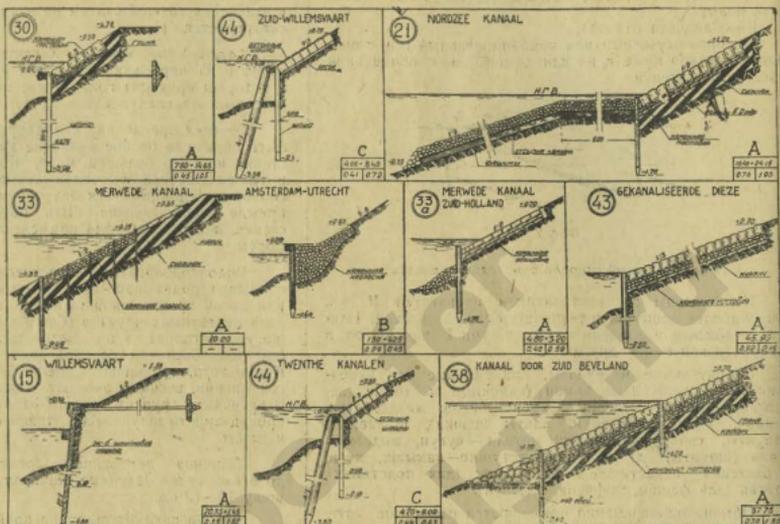
Фиг. 8 Типовые крепления откосов голландских каналов

\*) Цифры на чертежах обозначают номера каналов (см. также фиг. 2 и таблицу 1).

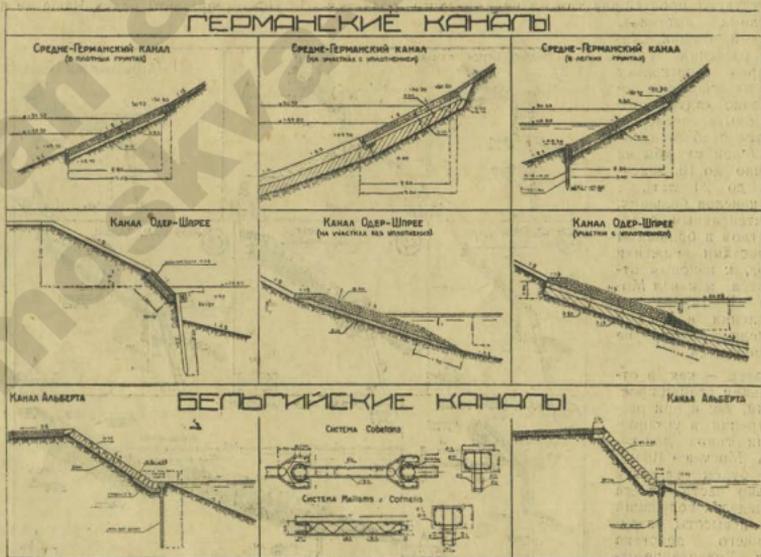
Голландия не применяется. Кирпич и кирпичный лом в последние годы применяется нечасто, благодаря небольшому весу их.

Удовлетворительные результаты показывает применение бетонных и железобетонных плит и еще лучше шведских бетонных шашек толщиной 15—20 см, причем в отдельных случаях они укладываются прямо на грунт без специальной подготовки основания (канал № 45). Асфальтобетон, слоем 10 см, применяется в порядке опыта на Аарском канале, — результаты применения пока неизвестны.

В анкерных конструкциях расстояния между анкерами обычно в пределах 2—5 м; иногда применяются одно временно и анкера и свайные контрофорсы. Контрофорсы менее удобны, так как вызывают несколько больший размыв дна у крепления, и о них (если они применяются без анкеров и заметно выступают благодаря наклону в сторону оси канала) могут ударяться суда. Анкерами служат железобетонные плиты или деревянные сваи. Существуют специальные способы (частично запатентованные) заделки анкеров в грунт без больших земляных работ. В качестве тяг к анкерам употребляется круглое железо диаметром от 4 до 38 мм, определяемым обычно не расчетом на прочность, а возможно максимальным сроком службы.



Фиг. 9 Типовые крепления откосов голландских каналов



Фиг. 10 ПРИМЕРЫ Укрепления судоходных каналов

В течение последних 50 лет конструкции укреплений откосов голландских каналов изменились сравнительно мало. Встречаются в последние годы строительства каналов повторения прежних конструкций, большей частью более тяжелых и прочных в связи с изменившимися навигационными условиями.

В частности, тип 33 А и 33 В в последние годы не повторяется при производстве новых работ; то же относится и к типу 33-А. Тип 43 А видоизменился в сторону увеличения длины свай до 2,50 м вместо прежних 1,60 м.

Помещенные на чертежах при каждом типе цифры в числителе указывают стоимость конструкций в флорингах; первая дает стоимость облицовки откоса выше стенки, вторая — его основания (стенки). В знаменателе даны эксплуатационные расходы: первая цифра определена простым делением первоначальной стоимости на вероятное число лет службы конструкции, вторая — с учетом амортизационных отчислений и % на капитал.

Сравнительный анализ этих цифр затруднителен хотя бы потому, что границы креплений в каждом случае различаются между собой, и затем — не имеет практического значения для нас, ввиду различия единичных расценок и соотношения между ними.

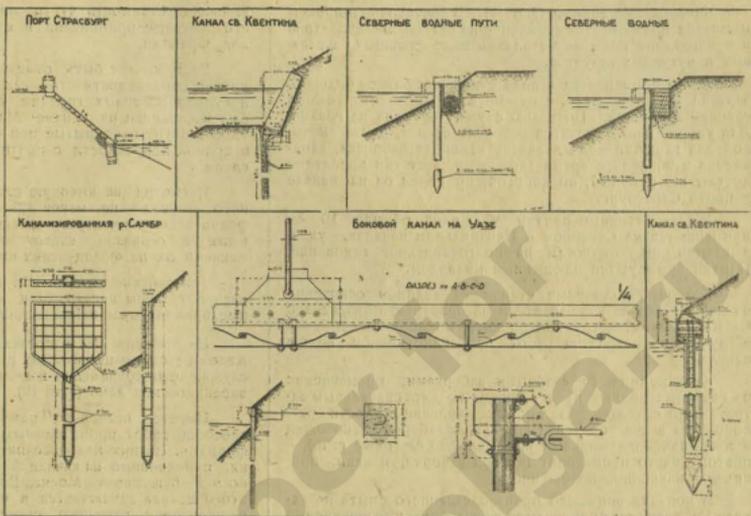
Длительность срока службы различных типов принимается в расчетах следующая:

ДЛЯ ОСНОВАНИЙ:		ДЛЯ ОБЛИЦОВОК:	
Прутья, ветви и фашины . . . . .	10 лет	Кирпичная облицовка . . . . .	30 лет
Ряды ковыля . . . . .	20	Наброска кирпичного дома 50	50
Свай . . . . .	30	Бетон, железобетон, камень, асфальт . . . . .	100
Деревянные шпунт. стенки с контрофорсами и анкерами . . . . .	40		
Деревянные шпунтовые стенки с анкерами . . . . .	50		

Указанные границы, конечно, весьма индивидуальные в каждом отдельном случае; кроме того нужно учитывать, что срок работы всей конструкции может определяться продолжительностью службы отдельной ее части.

**Гравийные каналы.** Примеры наиболее распространенных типов креплений показаны на фиг. 10. Наиболее употребительный из них, выработанный практикой, — каменная наброска слоем 0,20 м на постели из мелкого щебня толщиной 10 см.

Размеры щебенки для постели от 0,5 до 4,0 см, размер камня для наброски — от 4 до 12 см. Упор облицовки создается или горизонтальной бермой, или без нее, просто более пологим нижележащим откосом.



Фиг. 11 Укрепления откосов на французских каналах

Этот тип крепления признается немецкими инженерами наиболее прочным, наиболее удобным в ремонте и в конечном итоге наиболее дешевым.

Применение дерева на германских каналах по сравнению с голландскими значительно меньше. Примером подобной конструкции может служить крепление на канале Одер — Шпрее. Вообще же в Германии значительно чаще применяется II тип крепления в виде облицовки откосов, и много реже типы I и III.

При каменной наброске в легких, малоустойчивых грунтах для лучшего упора применяется деревянная заборка из 4 см досок, опираемых на забитые в откос деревянные сваи диаметром 12 см и длиной 1,2 м; где имеются противофильтрационные уплотнения — там сваи не применяются, и заборка делается из досок, укрепленных перпендикулярно друг к другу.

Применение бетона и железобетона в виде плит для креплений на германских каналах не развито, поскольку такие конструкции более сложны при осуществлении их и в ремонте, и затрудняют возможности будущего расширения каналов. Более сложные конструкции в виде подпорных стенок применяются обычно в населенных пунктах и в глубоких выемках по экономическим соображениям.

Применение бетонных шестигранных шашек также весьма ограничено. Особо отмечается устойчивость таких шашек в условиях больших течений и действий ледохода, испытанных на канале Одер — Шпрее в месте выхода его в р. Одер. Размер шашек здесь: 40 см толщина, 40 см ширина (между гранями, вписанными в окружность); подстилка из гравия или щебня толщиной 20 см.

Применяются еще на каналах Германии некоторые другие типы креплений, например, системы Вилла, Моллер и др., но они не получили достаточного распространения, и неизвестна также эффективность их.



Французские каналы (фиг. 11). В достаточно широком масштабе применяются крепления из бетона, железобетона и в последние годы из металла в виде стальных, железных и чугунных шпунтов.

Бетон применяется в виде отдельных блоков (шашек), заранее заготовленных с пазами в верхних сторонах и гребнем в нижних. Постелью служит отсыпка из гравия. Для упора внизу делается бетонная стенка, перед которой для гашения воды делается каменная наброска, заменяемая в последнее время габионами. Этот тип крепления достаточно прочный, но дорогой; применен он на канале у порта Страсбург.

Железобетонные плитки толщиной обычно 10 см применяются на Северном и Центральном каналах, — укладываются они по откосам на подготовленное основание. Плитки армируются плоским металлом.

Бетонные подпорные стенки на свайном основании из дерева или из железобетона распространены на канале Св. Квентина. Конструкция прочная, но дорогая, особенно в случае производства работ при наполненном водою канале.

Конструкция со сваями заборками, применяемая на северных водных путях, дешева по первоначальным затратам, но недолговечна, так как деревянные части расположены выше горизонта воды. Низ заборки расположен в зоне наиболее сильных волн (на 0,20 см ниже г. в.), — поэтому часто происходит подмыв заборки, и сваи принимают наклонное положение.

В порядке широкого производственного опыта на канале Св. Квентина применяются железобетонные шпунтовые стенки, состоящие из отдельных 12-см шпунтин, связанных поверху железобетонной насадкой, заанкеренной в берег. Нижняя часть шпунтин срезана коса и снабжена металлическими башмаками. Также в виде опыта на канализированном р. Сямбр употребляются железобетонные сваи 10x10 см сечением, упрямые в верхней части до 70 см в виде экрана толщиной 6 см. Отсутствие общей продольной связи, малая высота экранной части и тонкая стенка делают конструкцию недостаточно прочной.

Применение металлических шпунтов в последние годы приобретает все большее распространение. Употребляются стальные шпунты, железные и чугунные. На приведенном чертеже показана конструкция из 5-мм кровельного железа, осуществленная на боковом канале на Уазе. Ширина отдельных шпунтин в деле 0,333 м, длина 2—3 м, в зависимости от рода грунта. Жесткость всей конструкции достигается специальными железобетонным выгибом отдельных листов-шпунтин, соединенными друг с другом фляндами, железными уголками 50x50 и 80x80 мм и шпалочным дном, покрывающим шпунт сверху. Конструкция анкерная; туги от анкеров прикрепляются к продольным уголкам.

Описанный тип недостаточно прочен, и часто при забивке наблюдаются поломки шпунтин. В настоящее время применяются специальные металлические шпунты легкого типа (весом 45—50 кг/м<sup>2</sup>), — эти шпунты, как показал опыт, работают удовлетворительно.

Чугунные литые шпунты имеются на каналах Центральном и Марва — Рейн. Достоинство этого типа — возможность придавать шпунтину любую форму и меньшая окисляемость чугуна в сравнении со стальным (даже покрытым медью). Хрупкость чугуна не вредит делу, и при некоторой осторожности четырехметровые шпунты забиваются без поломок. Значительно

меньшая стоимость чугуна при всем прочем определяет его растущее применение в качестве креплений на каналах Франции.

Заслуживает быть отмеченным факт устойчивости против окисления стальных шпунтов, покрытых медью и гудронированных горячим способом на заводе. Они были произведены на канале Марна — Рейн: на протяжении 12 км шпунты, открытые при осушении канала, оказались в полной исправности с почти незатронутым гудроном слоем.

Несмотря на высокую стоимость стального и чугунного шпунта — не менее 125—150 франков за 1 пог. м — французские инженеры считают их весьма целесообразными и серьезно ставят вопрос о широком применении их на французских каналах.

Бельгийские каналы. На каналах в Бельгии в общем распространены конструкции креплений откосов, подобные применяемым в Голландии и в Германии.

Из применяемых в последние годы следует отметить железобетонные шпунтовые стенки на канале Альберт, служащие одновременно и целям противофильтрационной экранирования дамб (фиг. 10).

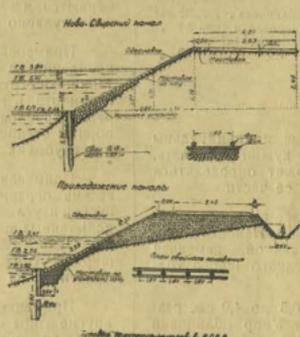
Имеется несколько патентованных конструкций способов работ, производимых отдельными строительными фирмами. Из них наиболее интересен способ Об-ва Фрикс, примененный на канале Альберта и описанный подробно в № 6 журнала „Москва-Волгоград“ за 1934 г. Суть этого метода заключается в применении двух железных ящиков прямоугольного сечения 0,20x1,0 м и длиной обычно в 3,0 м. Ящики забиваются в откос. В первый них устанавливают заготовленную заранее сетку арматуры и наполняют бетоном. Затем первый ящик помощью лебедки извлекают и снова забивают рядом со вторым, другой его стороны. Второй ящик в это время бетонируется, затем переставляется на другую сторону первого и т. д.

Конструкция прочная, водонепроницаемая, но и достаточно дорогая.

Каналы в СССР. Из имеющегося небольшого сравнительно опыта постройки и эксплуатации судоходных каналов в СССР — примеров креплений, удовлетворяющих в главнейшим выше условиям для канала Москва-Волга, главным образом в отношении примененных материалов и долговременности службы, — немного. Наиболее характерные типы показаны на фиг. 12.

Первая конструкция, примененная на Ново-Свироскском канале, обладает тем недостатком, что при колебаниях г. в. сквозь камень призму вымывается лежачий под песок, следствием чего является разрушение нижней части откоса. Это объясняется отсутствием постели из каменной отсыпки, служащей вместе с камнем целям обратного фильтра. Недостаточной плотностью заборки вследствие малой ширины притесненных кромок сопряжения (2—3 см) высоким положением заборки — уровне низких горизонтов.

Другая конструкция — наиболее распространенная на новой и старинных Приладожских каналах. Показанном на чертеже высоким заложением деревянной заборки грунт под каменной призмой высасывался, каменная призма оседала, вместе с ней сползала мостовая, и все крепление разстраивалось.



Фиг. 12

После переделок этого типа, заключившихся в понижении основания фризовой призмы до отметки 1,17 м и в укладке под фризовую постель на откосы плашмя фризовой плиты, были достигнуты положительные результаты, и вымывание грунта стало незначительным.

6. Тип и конструкция крепления откосов канала Москва-Волга

Учитывая всю совокупность условий работы креплений откосов канала Москва-Волга — технические, эксплуатационные, экономические и внешнего вида, а также базируясь на результатах опыта существующих каналов и проведенных Строительством специальных опытных работ, — для канала Москва-Волга в качестве основного типа принята каменная наброска на слое гравия.

Конструкция крепления изображена на прилагаемом чертеже (Фиг. 13) и предусматривает две разновидности: каменная наброска с деревянным упором внизу крепления, и без деревянного упора с расположением низа крепления на 1-м горизонтальной берме.

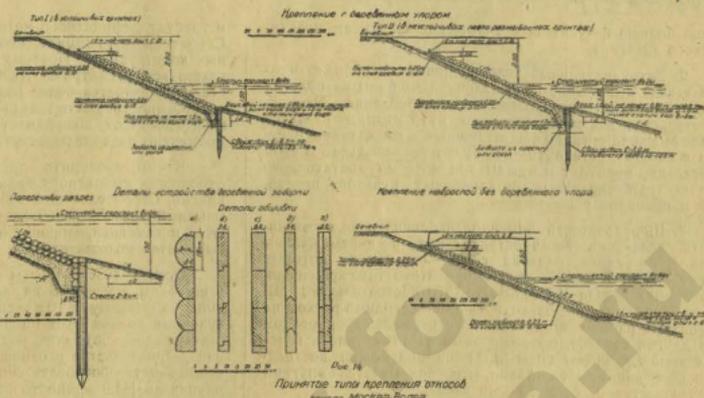
Первая конструкция крепления с деревянным упором, как более надежная в техническом отношении и экономически более выгодная<sup>\*)</sup>, является основной и применяется на всем протяжении судоходного канала, кроме участков с противольготными устройствами, пробивание которых нежелательно, и на отдельных участках канала, где забивка свай представляется невозможной или крайне затруднительной (пласты известковых пород, линзы гальки и гравия).

Толщина каменной наброски в обоих случаях принята 0,25 м, слой гравийной постели имеет толщину 0,15 м. Остальные технические детали принятого типа крепления явствуют из рассмотренного чертежа.

К достоинствам, обусловившим принятие для канала Москва-Волга описываемой конструкции в качестве основного типа крепления, следует отнести следующее:

1. Применение недефицитных материалов. Условно «дефицитным» может считаться лишь камень, поскольку в районе канала отсутствуют каменные карьеры, и камень приходится завозить издалека.
2. Долговечность службы и связанные с этим малые эксплуатационные расходы. Нахождение деревянного упора всегда под водой и вне зоны активного действия волнения делают эту конструкцию практически «вечной», каменные же материалы при достаточной прочности и морозостойкости вообще не имеют ограничения срока их службы.
3. Простота строительных работ, при отсутствии механизации производимых обученными чернорабочими.

<sup>\*)</sup> Выгодность определяется тем, что при устройстве деревянного упора низ каменного крепления располагается по откосу выше нижней границы крепления в конструкции без деревянного упора, благодаря чему уменьшается площадь каменной осыпки; кроме того для свай и забойки в основной массе применяются лесоматериалы, уже используемые на производстве опалубочных, дорожных и прочих вспомогательных работ.



Фиг. 13

4. Возможность широкой механизации производства работ по забивке свай, отсыпке гравелистой постели и каменной наброске.

5. Простота ремонта каменной облицовки и возможность производства ее без понижения горизонта воды и нарушения эксплуатации, что для канала Москва-Волга имеет исключительное значение. Ремонтные работы с одинаковыми удобствами могут производиться как с бечевника, так и с воды (с барж).

6. Возможность расширения канала в будущем с использованием вновь всего камня и части гравия.

7. Простота работ по увеличению запасов высоты и глубины крепления в случае, если изменившиеся эксплуатационные условия (рост скоростей движения судов, введение бечевой тяги) потребуют увеличения этих запасов.

8. Скорость производства работ вне зависимости от времени года и наименьшее количество потребной рабочей силы, что в условиях СССР имеет существенное значение.

9. Достаточная устойчивость каменной наброски и ее эластичность в смысле возможности принимать иное положение при всякого рода возможных деформациях откосов выемок и особо насыпей. Для трассы канала Москва-Волга, проходящей на большом протяжении в неблагоприятных геологических условиях, это обстоятельство игнорироваться не может.

10. Обеспечение санитарных условий канала в связи с водоснабжением его значением.

11. Удовлетворительный внешний вид, не противоречащий общему ансамблю архитектурного оформления канала.

12. Наименьшая стоимость работ.

К недостаткам выбранного типа крепления можно отнести:

1. Ухудшение эксплуатационных условий вследствие неvertикальности откосов и шероховатости каменной наброски, вызывающее некоторое увеличение сопротивления движению судов по сравнению с вертикальными и гладкими стенками. Для эксплуатационных условий канала Москва-Волга с отношением площади живого сечения канала к площади миделя быстроходных (пассажирских)

судов больше 6—указанное ухудшение не имеет практического значения.

2. Затруднительные условия причала судов к берегам канала вследствие недостаточной глубины на пологих откосах в связи с принятым типом креплений. Это обстоятельство для магистрального пути, каким является канал Москва-Волга, не существенно, так как остановки судов в любом месте пути не будут разрешаться. В этом собственно не будет и нужды при наличии достаточного количества специальных остановочных пунктов, пристаней и причалов у шлюзов.

3. Шероховатость каменной наброски и ее несвязанность, делающие ее чувствительной к перемещениям льда. Это—условие одно из самых серьезных, которые могут быть выдвинуты против принятого типа крепления. В условиях канала Москва-Волга это обстоятельство вызовет, вероятно, несколько больший ежегодный расход на ремонтные работы по сравнению с нормальным ремонтом для других каналов, опорожняемых на зиму, или в которых зимую горизонт воды (льда) не подвержен постоянным колебаниям. Недостаток этот покрывается другими преимуществами, отмеченными выше.

Все другие возможные конструкции укрепления откосов или значительно сложнее, а следовательно и значительно дороже принятого типа, требуют дефицитных материалов (цемент, железо)—или же менее удовлетворительны в техническом и эксплуатационном отношении.

К первой группе должны быть отнесены все конструкции с подпорными стенками (типы I и II, фиг. 7)—из бетона, железобетона, металла и дерева; ко второй—достаточно распространенные укрепления мошением. Но обычные мошения откосов, помимо того, что они менее устойчивы в условиях работы на судоходных каналах, они одновременно и стоят дороже каменной наброски. При стоимости кв. метра наброски слоем 0,25 м на гравии 0,15 м около 19 руб., мошение тем же слоем обходится в 22 руб., т. е. удорожание на каждый кв. метр составит около 3 руб., а для всего канала Москва-Волга—около 2.200 000×3,00 ≈ 6 500 000 руб. при одновременном увеличении и эксплуатационных расходов.

Другой тип крепления, в некоторой мере конкурирующий с принятым,—бетонные шашки толщиной в 0,15 м—стоит в настоящее время не менее каменной наброски

и требует дефицитного материала—цемента, отпущенного Строительству в лимите, необходимым лишь для нижнеречных конструкций. Поэтому и от этого типа пришлось отказаться, несмотря на то, что по техническим своим качествам он является более подходящим для условий канала, в особенности учитывая его зимний ледовой режим. В зависимости от возможностей бетонные шашки будут применены на отдельных участках канала.

Чтобы проверить правильность своего решения в отношении выбранного типа крепления откосов в виде наброски, Строительству в 1934 году заложило специальный опытный участок на 59 км трассы канала, где испытываются и каменная наброска и бетонные шашки. Результаты опытов положительные.

Осенью 1936 г. опыты с креплениями производились в широком масштабе на действующем канале верхнего подхода к шлюзу № 10 в эксплуатационной обстановке. Полученные данные этих опытов (незаконченных еще полностью обработкой) также подтвердили правильность решения Строительства в отношении типа крепления и дали возможность обосновать снижение верхней границы крепления до +1,0 м вместо ранее принятого запаса +1,20 м над максимальными длительными горизонтами воды, оп. с деленными теоретически по формуле проф. Саткевича. На фиг. 13 это снижение не отражено. Нижняя граница крепления оставлена без изменений.

В результате производства работ по укреплению откосов канала на опытно-показательных участках, имевших целью выработать стандартные типы и способы работ по креплениям откосов (также в процессе производственного крепления), выяснилось, что вследствие, с одной стороны, крупности потребного по проекту камня 15—25 м (длина) и, с другой стороны, неоднородности заготовленного и завезенного,—крепление фактически осуществляется не наброской камня с последующим его разравниванием, а укладкой каждого камня в определенное место вручную.

Крепление откосов канала при таком способе работ не теряет своих основных положительных качеств, отмеченных выше для наброски; сам же термин „наброска“ должен быть заменен „укладкой“, что и нашло себе отражение в соответствующей инструкции.

На фиг. 13 это изменение не введено.



Участок канала у Дмитрова с опытным креплением откосов

# Лабораторный опыт по применению торфоочесов

Инж. А. К. ЛЕМЗИКОВ

Произведенный в лаборатории Геотехнического отдела МВС опыт крепления откосов прикаркальными дамб с применением торфяного очеса в качестве подстилки под каменную наброску вполне подтверждает техническую целесообразность замены гравия торфяным очесом или волокнистым торфом.

## Организация опыта

Опыт производился в лотке (фиг. 1), имеющем длину 6,3 м, ширину 0,55 м и высоту 0,60 м. Внутри по обоим сторонам были сделаны досчатые перегородки с отверстиями, которые с боковыми и торцевыми сторонами лотка образуют измерительные колодцы. Назначение их, как дальше будет видно, собирать в себя воду, проходящую через испытуемый фильтр—песок, торфяной очес или гравий, т. е. по колебанию горизонта воды (и, следовательно, по расходу воды в этих колодцах) определять с помощью соответствующей формулы коэффициент фильтрации в моделируемых откосах канала, сделанных из песка, торфа или гравия и камня. Размер указанных выше колодцев следующий: колодец А имеет ширину 0,55 м, длину 0,29 м и высоту 0,58 м; колодец В имеет ширину и высоту такую же, как и предыдущий, но длину—0,25 м.

Модель для производства опыта сделана из следующих материалов: внутренняя часть дамбы—ядро—была исполнена из мелкозернистого песка желтоватого цвета с незначительным количеством примеси гравия. Укладка песка при этом производилась послойно, толщиной каждого слоя 10—15 см. Трамбование производилось деревянными трамбовками весом около 3 кг с 8—10-кратными ударами. Песок укладывался одновременно по обоим концам лотка. Во время укладки влажность песка была 4,95%, объемный вес 1,88 и порозность 38%.

На складируемый песчаный откос (1:25) укладывался слой торфяного очеса почти совершенно неразложившегося, с ботаническим составом, характеризующимся преобладанием сфагнума при малом количестве кукушкиного льна, клюквы, брусники и камыша.

Толщина слоя торфяного очеса после произведенной незначительной трамбовки составляла 0,20 м (до трамбовки торфоочесный слой имел толщину 0,25—0,30 м). Следовательно, уплотнение было произведено на 25—30%. Влажность торфяного очеса в момент укладки его на песчаный откос модели дамбы составляла в среднем 86%. На слой очеса укладывался камень. Штучный камень имел размер 0,10—0,20 м, толщина слоя камня по нормалам к откосу составляла 0,25 м.

По изготовлению модели, лоток наполнили водой и производили наблюдения за состоянием модели в моменты быстрого наполнения и опорожнения лотка.

## Цель постановки опыта

Для того, чтобы судить о технической возможности замены гравия волокнистым торфом или торфяным очесом, необходимо было поставить задачу получения ряда данных, позволяющих дать оценку допустимости замены дорогостоящего гравия более дешевым торфяным очесом, в тех местах канала, где волны расположены верхового или переходного типа бегла.

В процессе производства опыта можно было:

- 1) определить осадку торфяного очеса, находящегося под каменной наброской во время и после колебания уровня воды в лотке;
- 2) получить данные о величине фильтрации воды через торфяной очес и песок, при заполнении и опорожнении лотка;
- 3) проследить за вымыванием песчаных частиц из-под слоя торфяного очеса и за кольматированием в месте соприкосновения плоскости торфяного очеса с плоскостью песчаного откоса.

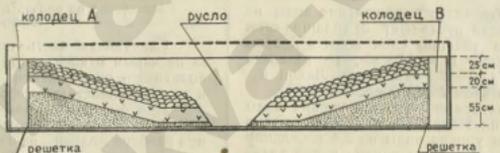
## Наблюдение за осадкой

Наблюдение за осадкой слоя торфяного очеса, за фильтрацией, за вымыванием песчаных частиц, кольматированием и проч. велось в процессе резкого изменения уровня воды в бассейне (лотке). Итенсивное изменение глубины воды в лотке дало возможность проследить также и за устойчивостью откосов дамб, при резких колебаниях горизонтов.

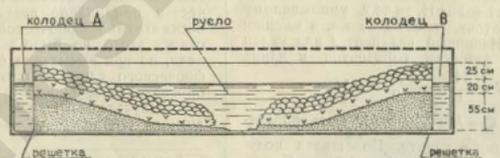
Опыт длился с 15 июня по 3 июля 1936 г., т. е. в течение 18 суток. За это время было сделано 8 наполнений и такое же количество опорожнений. Наполнение и опорожнение лотка происходило в течение 10—20 минут.

За время опыта произошло изменение песчаного откоса модели (фиг. 2) который приобрел волнистую форму. Такое явление можно объяснить следующими причинами: 1) осадка песчаного ядра с одновременным смачиванием откоса водой происходит неравномерно; 2) вода смачивает песчаную поверхность откоса, и так как изменяемая пригрузка все же неравномерно прилегает к поверхности песчаного откоса, то это и вызывает образование волны по плоскости песчаного откоса.

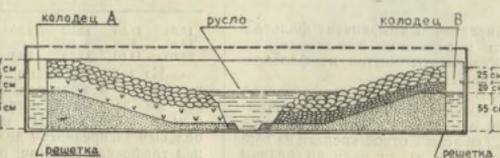
Одновременно с изменением поверхности песчаного откоса деформируется и слой торфяного очеса. Если до опыта его слой по всему откосу был одинаков, то после опыта в некоторых местах произошла значительная осадка. Необходимо заметить, что слой очеса по откосу уплотнился неравномерно. Толщина слоя торфоочесов левой стороны уменьшилась в среднем на 25%, при



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

чем максимальная осадка на расстоянии одного метра от подошвы откоса достигла 30% (у полошвы непосредственно). На самой же берме осадка торфоочеса за период опыта (18 суток) составила 25% от первоначальной толщины; однако предельная осадка не была еще достигнута за такой короткий период, что подтверждается отсутствием полного затухания осадки к концу опыта.

Осадку происходила интенсивно в течение первых десяти дней, а потом она стала постепенно сокращаться. Окончательная осадка по всей вероятности будет равна 35—45% от общей первоначальной толщины слоя торфоного очеса, что надо иметь в виду при определении потребной кубатуры торфоочеса. Необходимо также иметь в виду, что осадка еще не подверглась разложению и недостаточно утрамбована до наброски камня, то осадка будет большая по сравнению с незначительно разложившимся и тщательно утрамбованным.

Затем необходимо отметить, что в нижней части подошвы крепленного откоса произошел вымыв песчаных частиц (фиг. 2); но это явление имело место в момент опорожнения лотка водой, когда уровень воды в лотке располагался ниже подошвы крепленного откоса, т. е. явление это не имеет прямого отношения к работе испытываемого фильтра.

Наблюдение за фильтрацией

Одновременно с наблюдением за уплотнением торфоочеса производилось наблюдение и за фильтрацией правой и левой части модели.

Для определения коэффициента фильтрации в указанном выше сооружении необходимо было иметь следующие данные:

- 1) разность уровней воды в средней части лотка, т. е. в правом и левом колодцах;
- 2) площадь живого сечения потоков;
- 3) длину пути фильтрации;
- 4) расход в см<sup>3</sup>/сек.

ПРИМЕР. Если производится опорожнение воды из лотка, и в средней его части русла (фиг. 3) толщина слоя воды будет  $H_2 = 7,1$  см, а толщина слоя воды в правом колодце в этот момент имеет  $H_1 = 44,4$  см, то разность уровней будет равна  $H = 44,9 - 7,1 = 37,8$  см. Линия пути фильтрации будет при этом  $l = 260$  см.

Расход воды определяется понижением уровня воды в колодце в единицу времени. Например, если имеем время  $t = 2400$  секунд, понижение уровня воды на 3,4 см, длину колодца 23,5 см и ширину — 55 см, то приток в см<sup>3</sup> будет равен  $Q = 3,4 \times 23,5 \times 55 = 4394,5$  см<sup>3</sup>, и расход во времени определится  $4394,5 : 2400 = 1,83$  см<sup>3</sup>/сек. Площадь живого сечения потока будет равна  $H_1 = 44,9$  умноженному на ширину лотка или потока, т. е. на 55 см, а именно:  $44,9 \times 55 = 2470$  см<sup>2</sup>. Напорный градиент  $J$  или уклон будет равен отношению разности горизонтов к длине пути фильтрации, т. е.  $J = \frac{H}{e} = \frac{37,8}{260} = 0,14$ .

По формуле Дарси  $Q = K \cdot \frac{H}{e}$  может быть определен коэффициент фильтрации в грунте. Подставляя полученные выше значения, будем иметь  $1,83 = K \cdot 346$ , откуда  $K = \frac{1,83}{346} = 0,0053$  см/сек, где  $K$  — коэффициент фильтрации.

Таким образом мы определяем коэффициент фильтрации правой и левой части модели как при заполнении, так и при опорожнении. Результаты опытов на фильтрацию представлены в таблице 1.

Из таблицы видно, что укрепления на торфоочесной постели (правый и левый откосы) имеют средние коэффициенты фильтрации почти одинаковые. Что же касается комбинированной постели, где левый откос укреплен на торфоочесе, а правый на гравии (фиг. 3), то, судя по средним данным, разница в коэффициентах фильтрации получается

Таблица 1  
Коэффициенты фильтрации.

Даты	наполнения		опорожнения		Примечание
	А (левый колодец)	В (правый колодец)	А	В	
19.VI-36	—	—	0,0058	0,0045	Оба откоса с постелью из торфоочеса
20.VI-36	—	—	0,0081	—	
21.VI-36	—	—	0,0010	0,0077	
22.VI-36	0,0055	0,0050	0,0012	0,0061	—
23.VI-36	—	—	0,0085	0,0062	
Средний	0,0055	0,0065	0,0053	0,0051	
27.VI-36	—	—	0,0045	0,002	Правый откос с правой выемкой — галечной постелью
28.VI-36	0,0089	0,0075	0,0067	—	
30.VI-36	0,0036	0,0091	—	—	
2.VII-36	—	—	0,0081	0,002	—
2.VII-36	0,0042	0,0024	0,0030	0,0025	
3.VII-36	0,0034	0,0031	0,0068	0,0053	
	0,0038	0,0038	0,0018	0,0032	

также незначительной. Анализируя результаты каждого опыта в отдельности, нетрудно заметить, что левая сторона фильтровала особенно заметно, при опорожнении больше примерно в 1,5 раза, чем при наполнении. Это подтверждается следующими данными. Коэффициент фильтрации мелкозернистого песка с малой трамбовкой равен  $K_{10} = 0,005 - 0,0002$  см/сек. Коэффициент фильтрации торфоочеса при удельном давлении  $50$  т/см<sup>2</sup> составляет  $K_{10} = 0,12 - 0,13$  см/сек, а при давлении  $70$  т/см<sup>2</sup> коэффициент фильтрации  $K_{10} = 0,035 - 0,040$  см/сек. В нашем случае давление камня на очес будет иметь  $25 \times 2,1 = 52,5$  т/см<sup>2</sup> при толщине слоя камня в 25 см и объемном весе принятом в  $2,1$  т/см<sup>3</sup>. Из изложенного видно, что коэффициент фильтрации торфоочеса, при удельном давлении  $52,5$  т/см<sup>2</sup>, будет  $K_{10} = 0,10$  см/сек, т. е. в 20 раз больше, чем фильтрация песка, взятого нами для опыта.

Наблюдение за песчаным откосом и за засоренностью торфоочеса песком

Следующая часть опыта заключалась в наблюдении за песчаным откосом под слоем торфоочеса в момент наполнения и опорожнения водою лотка, а в связи с этим и за засоренностью торфоочесного слоя песком.

При быстром наполнении и опорожнении, разрушения песчаных откосов не наблюдалось. После окончания опыта при разборе модели — на плоскости песчаного откоса также никаких разрушений не было обнаружено. Только замечено было, что к торфоочесному слою в месте соприкосновения его с песчаным откосом произошло в значительном количестве прилипание песка. Что касается проникновения песка вглубь торфоочесной постели, то по всему песчаному откосу этого не было замечено ни в момент разбора модели, ни при высыхании очеса. Степень засоренности торфоочесного слоя до опыта и после определялась путем определения зольности и сравнения ее до опыта и после.

Результаты анализа зольности приведены в следующей таблице:

Таблица 2

Левый откос			Правый откос			До опыта		
Низ	Средина	Верх	Низ	Средина	Верх	Низ	Средина	Верх
11,65	11,85	15,80	8,20	7,40	43,60	6,92	7,55	8,90
13,95	6,28	21,00	—	42,80	14,35	4,22	34,50	10,10
32,50	11,80	12,65	7,73	—	32,40	9,98	20,70	—

Из таблицы видно, что торфоочес во время его укладки и в процессе наполнения и опорожнения лотка все же засорялся песчаным и другими взвешенными в воде частицами. На первый взгляд казалось бы, что большая засоренность должна быть в месте соприкосновения торфоочеса с песком; однако в действительности такое предположение не подтвердилось. Наоборот, большая за-

сортности произошло с поверхности, т. е. в месте соприкосновения торфоочеса с каменной наброской. Но такого рода явление можно объяснить только тем, что камень был уложен грядой и пыльный, и в результате его обмывания водой свободные частицы мелкого грунта впитались в торфоочес при фильтрации в сторону откоса. При обратной фильтрации мелкие частицы, проникшие в глубину слоя, не могли увеличься обратно водой.

Определение угла трения

Для проверки устойчивости крепления откосов камнем на торфоочесной постели нами был произведен опыт, который заключался в следующем: в деревянный ящик (фиг. 4) укладывалась сначала смесь из мелко-, средне- и крупнозернистого песка с примесью малого количества гравия, а также суглинка. Сначала на поверхность песка, а потом на суглинок ставился без дна ящик с набитым в нем торфоочесом. Для того, чтобы края ящика не задевали поверхность песка или суглинка, торфоочес выдвигался на 2—3 см от края ящика с очесом. Площадь соприкосновения торфоочеса с песком составляла 1317 см<sup>2</sup>. Поверхности песка и торфоочеса смачивались водой. На поверхность ящика с очесом клался груз 65,85 и 79,02 кг, что соответствовало в первом случае удельной нагрузке в 50 т/см<sup>2</sup>, а во втором — 60 т/см<sup>2</sup>. Затем производился сдвиг, при чем сдвигающее усилие определялось при помощи динамометра.

Таблица 3

№№ опыта	Вертикальная нагр. в кг	Горизонтальная сила (показ динамометра в кг)	tg φ	φ (в градусах)	Кэф. запаса	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
65,85	40	0,61	51,20	1,52		До смачивания песка
—	48	0,65	33,00	1,62		
—	48	0,65	33,00	1,62		
—	42,75	0,65	33,00	1,62		
—	50,00	0,76	37,24	1,9		
—	84,00	0,82	89,5	2,05		
—	42,00	0,64	32,66	1,4		После смачивания песка
—	26,00	0,69	34,9	1,72		
—	45,00	0,73	37,15	1,82		
			ср. 84,81°		ср. 1,71	
79,02	58,8	0,744	36,67	1,84		Трение торфоочесом по малоземчатому суглинку
—	60,0	0,76	37,24	1,9		
—	71,0	0,90	42,00	2,25		
			ср. 38,63°		ср. 1,99	
79,02	77,0	0,97	44,15	2,41		Суглинок сильно смоченный
—	83,8	1,14	49,00	2,65		
—	83,3	1,14	49,00	2,65		
—	83,00	1,14	49,00	2,65		
—	71,00	0,9	42,00	2,25		
—	66,66	0,84	40,00	2,16		
—	56,00	0,828	39,40	2,0		
			ср. 44,6°		ср. 2,48	
65,85	52,7	0,80	38,60	2,0		Кэф. запаса определяется отношением угла внутреннего трения S к углу откоса сооружения В.
—	52,7	0,80	38,90	2,0		
—	51,0	0,775	37,80	1,90		
—	45,70	0,698	34,90	1,72		
—	49,00	0,749	36,60	1,84		
—	50,00	0,76	37,20	1,90		
—	48,00	0,73	36,12	1,82		
—	48,50	0,737	36,20	1,85		
—	36,0	0,547	28,70	1,36		
—	45,4	0,69	34,90	1,72		
—	47,6	0,722	36,0	1,8		
—	52,0	0,79	38,89	1,96		
			ср. 36,10°		ср. 1,82	
79,02	60,9	0,77	37,80	1,92		
—	64,1	0,81	39,00	2,00		
—	64,1	0,81	39,00	2,00		
—	57,0	0,72	36,00	1,78		
—	56,1	0,734	36,20	1,82		
—	50,0	0,749	36,0	1,96		
—	62,5	0,79	38,25	1,96		
—	62,5	0,74	38,38	1,96		
—	62,5	0,79	38,35	1,96		
			ср. 37,76°		ср. 1,91	

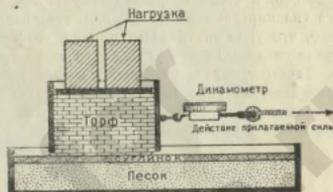
Для подсчета угла внутреннего трения использовалась формула вида

$$T = tg \varphi \cdot N$$

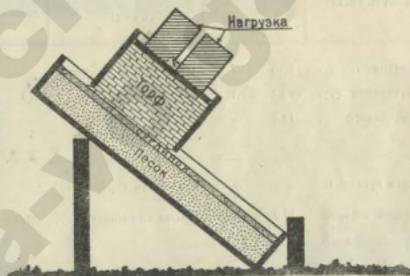
где  $T$  — сдвигающая сила (показание динамометра);  
 $N$  — вертикальная сила (вес груза + ящик + торфоочес);  
 $tg \varphi$  — тангенс угла трения.

По этой формуле произведен расчет угла трения в зависимости от нагрузки и сдвигающей силы.

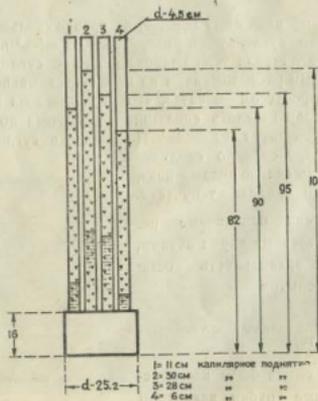
Результаты опыта помещены в таблице 3.



Фиг. 4

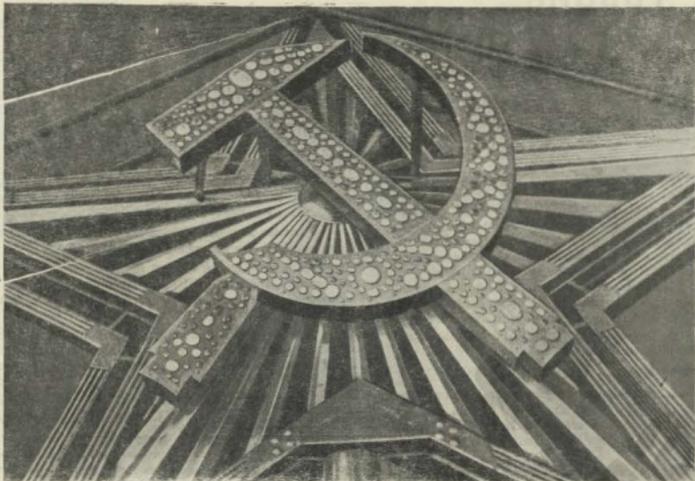


Фиг. 5

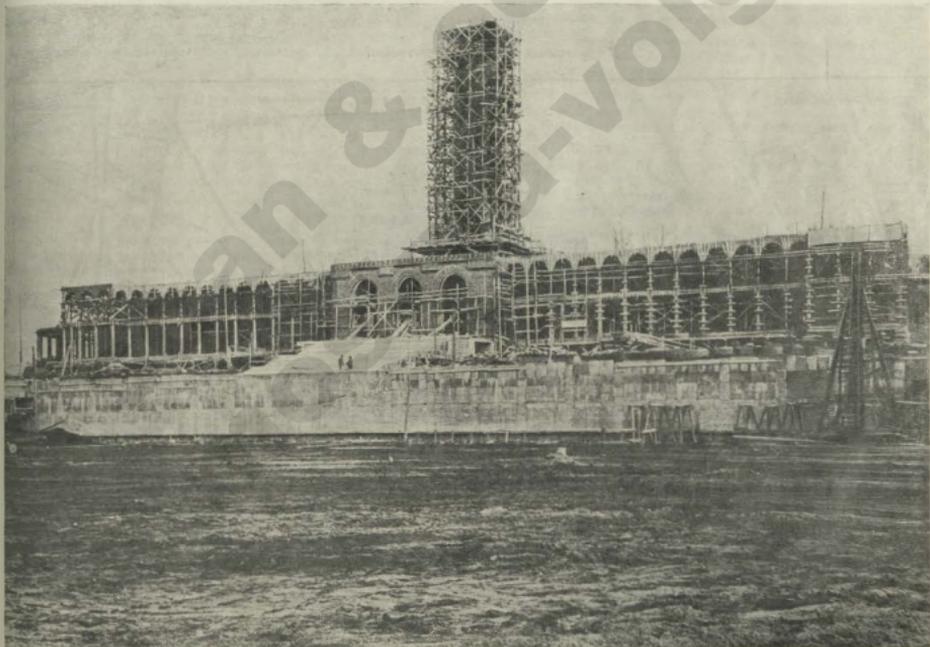


Фиг. 6





Пятиметровая звезда, устанавливаемая на шпилье Химкинского речного вокзала



Химкинский речной вокзал



# Южная гавань Московского порта

Н. И. ПОВДЕНКО, П. А. ПОМОРЕЦЕВ

**НА** тридцать с лишним лет развилась история проектирования Московского порта. Начало этой истории относится к 1902 г., когда б. Правление московского округа путей сообщения и б. Московская городская управа признали необходимым заняться проектом порта. С этого года и началось проектирование, затем бесконечные переделки, детализация и обсуждение в ведомственных и междуведомственных совещаниях. Время шло, проект обсуждался, а дело не двигалось с места.

В настоящее время заканчивается постройка Северной гавани Московского порта на Химкинском водохранилище, продолжается строительство Западной гавани у с. Филя, и в ближайшее время начнутся работы по постройке крупнейшей гавани порта—Южной, расположенной на территории так называемого Сукина болота.

## Грузооборот Южной гавани

В основу проектирования положен грузооборот Московского порта в размере 12360 тыс. тонн, при чем анализ грузооборота показывает, что грузы, идущие по каналу, составляют 71% грузооборота порта, тогда как на долю грузов, идущих с Московско-Окского водного пути, падает всего 29%.

Из общего грузооборота Московского порта в 12360 тыс. тонн Южная гавань должна переработать 2100 тыс. тонн, при чем для Южной гавани соотношение грузов, приходящих сверху, и грузов, приходящих

снизу, несколько отличается от такового же для всего порта. Грузы идущие по каналу, составляют 44% грузооборота гавани; грузы, идущие по Московско-Окскому пути,—56%.

Удаленное значение Южной гавани в общей системе Московского порта определяется величиной 20%.

Работы тяготения к Южной гавани будут включать в себя ряд крупных заводов, как-то: 1-й Шаркилодшипниковый завод им. Кагановича Велозавод, Динамо, Мискокомбинат, Клейтук и др. Завод им. Сталина будет иметь собственную гавань.

В 1942 г. снабжение Москвы лесными грузами будет производиться за счет северных лесных районов, расположенных вдоль Беломорско-Балтийского водного пути, Онежского озера, Маринского водного пути, Мологи и частично Унжи.

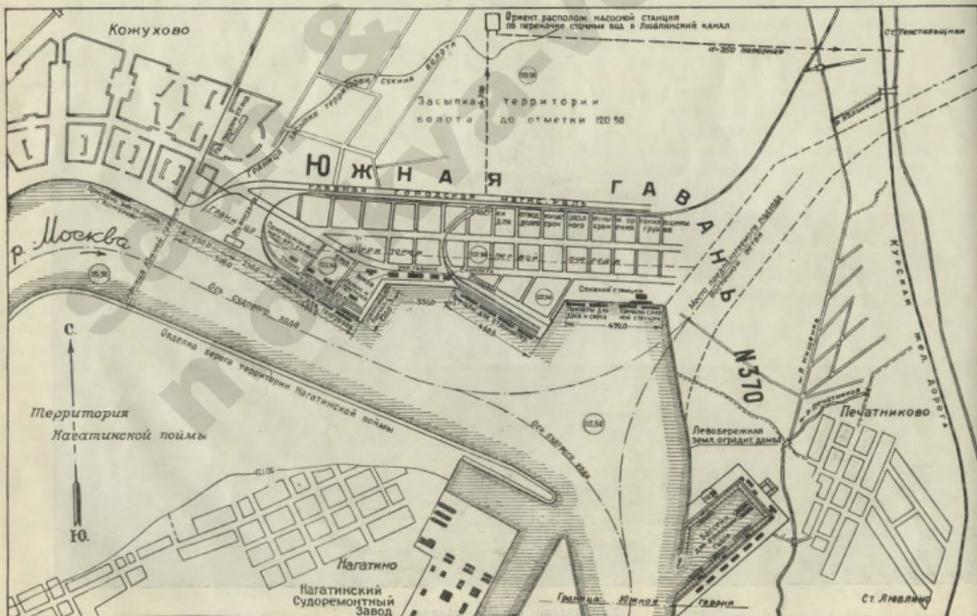
С Оки намечено поступление дров.

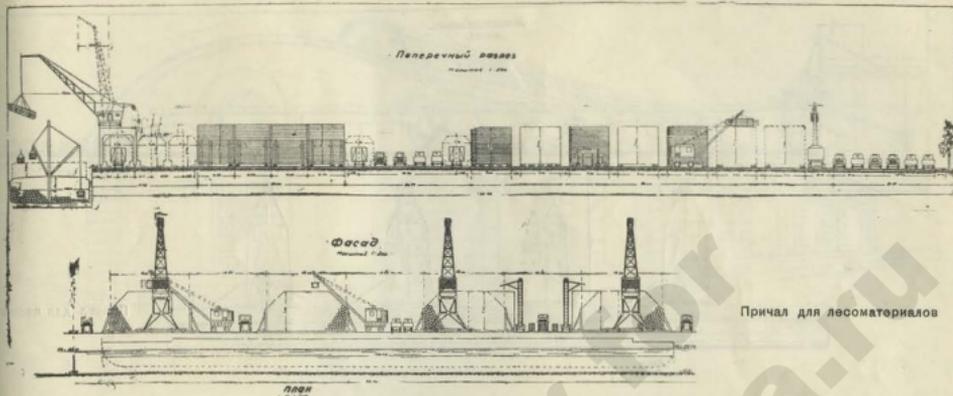
Прибытие лесных грузов принимается исключительно в сузах.

Первенствующую роль в грузообороте Южной гавани занимают минерально-строительные материалы. Бутовый камень и щебень будут поступать целиком с р. Москвы из Мячково и с Верхней Оки из Таруссы, Алексиево, Серпухово, Коломны и Озер.

Гравий пойдет из района канала и с Верхней Оки.

Генеральный план Южной гавани





Причал для лесоматериалов

По трассе канала расположим карьеры: «Игнатов Гора», «Репешиха» и Дмитровский. На Верхней Оке имеются два карьера—Бондаревский и Лазинский.

Песок в гавань пойдет преимущественно речной из русла реки Москвы.

Поставщиками цемента в Южную гавань будут являться заводы, находящиеся в районе р. Москвы: Шуровский, «Гигант» и Воскресенский.

Прочие минеральные и строительные материалы, как: то: асбест, мел, гипс и т. п., пойдут из разных мест.

Цемент пойдет в бочки и мешках, остальные минеральные строительные материалы пойдут без тары навалом.

Химические грузы, прибывающие в Южную гавань, состоят из фосфоритных удобрений для нужд пригородного сельского хозяйства, и проч.—для нужд текстильной, химической и проч. промышленности.

Завоз соли в Южную гавань намечен в 40 тыс. т, что составляет 25,7% от общего прибытия соли в Московский порт (150 тыс. т).

Крупными потребителями соли в районе тяготения к Южной гавани будут являться: Угрешский химзавод (15 тыс. т), Мясоекомбинат, хлебозаводы и другие предприятия пищевой промышленности.

Соль пойдет исключительно по каналу из Соликамска и Усолья на Каме и Баскучика (пристань Владимирка на Н. Волге). Соль идущая для промышленности, пойдет навалом, столовая соль—в мешках.

Хлебофуражные грузы в размере 60 тыс. т прибывают по москворецкой системе. В составе этих грузов проектируется завод до 40 тыс. т ржи из района Средней и Верхней Оки в адрес мельницы «Новая Победа» в Замокворечье. Рожь пойдет насыпью. Остальные 20 тыс. т составляет сено, идущее для Мясоекомбината в прессованном состоянии в закрытых баржах.

Плодоовощи, прибывающие по каналу в размере 10 тыс. т, состоят из картофеля, доставляемого из Кимрского, Калужинского, Конаковского и Дмитровского районов. Общее прибытие картофеля в гавань составит 80 тыс. т.

Проектируется доставка в гавань 40 тыс. т капусти.

Общее прибытие прочих грузов в гавань определено в размере 220 тыс. т, из которых 170 тыс. т будет прибывать по каналу, и 50 тыс. т—по р. Москве.

По каналу будут прибывать металлы не в деле и металлические изделия. Так, для завода «Шарикоподшипник» пойдут до 20 тыс. т металла, для автоборочного завода «Ким» пойдут из Горького до 30 тыс. т различных авточастей.

Металла по каналу пойдут с Урала и Поволжья (Горький, Сталинград, Казань, Ярославль). По москворецкой системе металл пойдут из Кашинона, Выксы.

Для расположенного в районе тяготения к Южной гавани Новоимоваренного и Гидрогенезационного заводов, выпускающего пищевые и технический саломас, намечен завод растительного масла и прочего сырья в размере до 10 тыс. т, которое пойдут с Нижней Волги—Средней Азии (хлопковое масло) и Московской области.

Для Московского мясокомбината намечен завод живого скота в размере 10 тыс. т из Татарии, Средней Волги, Горьковского края и из Шишова, Сасово, Славска на р. Оке.

В адрес распределительной базы Союзбумбита намечен завод 10 тыс. т бумаги с Балашихинской и Кондопожской фабрик.

Завод различных машин с заводов Поволжья запроектирован в размере 5 тыс. т.

До 75 тыс. т запроектирован завод фарфоровых, фаянсовых стекольных изделий, консервов, изделий из дерева, фанеры, строительных деталей, ткани, галантереи, готового платья и т. п. из различных частей Советского Союза.

Отправляться из Южной гавани будут только прочие грузы, которые будут состоять из продукции всех видов москворецкой промышленности в размере до 205 тыс. т.

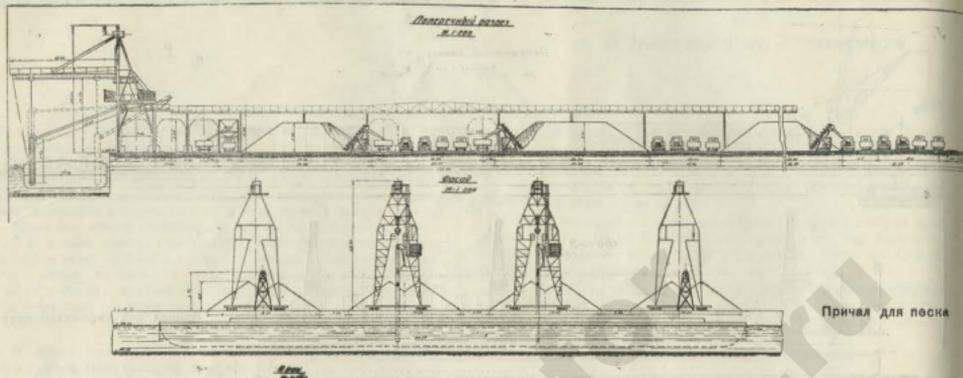
#### Пассажирооборот

В проекте приняты следующие транзитные пассажирские линии:

- 1) круговая линия Москва—Рыбинск—Горький—Коломна—Москва, с движением в обоих направлениях. Протяженность линии 1924 км;
- 2) линия Москва—Уфа длиной 2510 км;
- 3) линия Москва—Горький длиной 1040 км;
- 4) линия Москва—Калуга длиной 411 км.

Пассажирооборот принят в проекте по данным Бюро экономики изысканий в следующих размерах (в тыс. человек):

Наименование линии	Отправление	Прибытие	Итого
А. В транзитном движении:			
1. Круговая	75	75	150
2. Москва—Уфа	65	65	130
3. Москва—Горький	50	50	100
<b>ИТОГО</b>	<b>190</b>	<b>190</b>	<b>380</b>
Б. В местном движении:			
1. Москва—Калуга	15	15	30
<b>ВСЕГО в транзитном и местном движении</b>	<b>205</b>	<b>205</b>	<b>410</b>



Грузооборот Южной гавани (в тыс. тонн)

№ п/п	НАИМЕНОВАНИЕ ГРУЗОВ	ПРИБЫТИЕ		ОТПРАВЛЕНИЕ		ИТОГО	ВСЕГО
		сверху	снизу	сверху	снизу		
<b>А. Грузы малой скорости</b>							
1.	Лесные	950	501	430	—	—	430
В том числе:							
	а) круглый лес	120	—	120	—	—	120
	б) пиломатериалы	185	—	185	—	—	185
	в) шпала	20	—	20	—	—	20
	Итого деловой древесины	295	—	295	—	—	295
	Дрова	85	80	135	—	—	135
2.	Минер. сыпч. материалы	350	890	1140	—	—	1140
В том числе:							
	а) онежский камень и ока	60	—	60	—	—	60
	б) бут и щебень	—	200	200	—	—	200
	в) гравий	160	80	240	—	—	240
	г) песок	—	400	400	—	—	400
	д) цемент	—	140	140	—	—	140
	е) прочие	30	70	100	—	—	100
3.	Химические	10	15	25	—	—	25
4.	Соль	40	—	40	—	—	40
5.	Хлебо-фуражные	—	40	40	—	—	40
6.	Сено	—	20	20	—	—	20
7.	Пшеница	10	50	90	—	—	90
8.	Прочие	110	452	155	62	93	155
	Итого грузов малой скорости	800	1140	1940	62	93	155
<b>Б. Грузы большой скорости</b>							
1.	Овощи	—	20	20	—	—	20
2.	Прочие	80	854	95	40	80	100
	Итого грузов большой скорости	60	85	115	40	60	100
	Итого в транзитном и местном движении	860	1195	2055	102	153	2310
	Внутригородские перевозки	50	—	50	85	—	85
	Полный грузооборот	910	1195	2105	138	183	2395

Геологические условия

Южная гавань находится в пределах так называемого Сукнина болота, расположенного в пойме р. Москвы и представляющего собой большое озеровидное расширение к востоку от с. Кожухова. Эта озеровидная впадина со всех сторон окружена древней террасой, частью низкой, частью высокой.

Самое болото, уже осушенное, имеет совершенно ровную поверхность, прорезанную редкой сеткой старых осушительных каналов.

Геологическим отделом МВС была произведена подробная геологическая разведка прирусловой части Сукнина болота. Исследована была полоса шириной примерно 4,5—1,0 км от с. Кожухово до с. Перерва. В результате разведки болото было покрыто сеткой буровых скважин, из которых часть была доведена до карбона, остальные оставлены в яре. Эта разведка дала полную картину строения как известняковой толщи, так и коренного ложа.

Коренное ложе—известняки, мергеля и глины карбона. Карбон представлен следующими породами: сверху залегают сильномергельстые глины, ниже—глинистый мергель. Под мергелем известняковая толща известняка, вскрытого только в одной скважине на отметке 66,91 м.

Карбон покрывается мощной юрской толщей, которая из-за глубоких размывов, доходящих до отметки 81,09 м. В скважине № 10 (ближе к плотине № 40) наблюдается полный размыв юра до карбона.

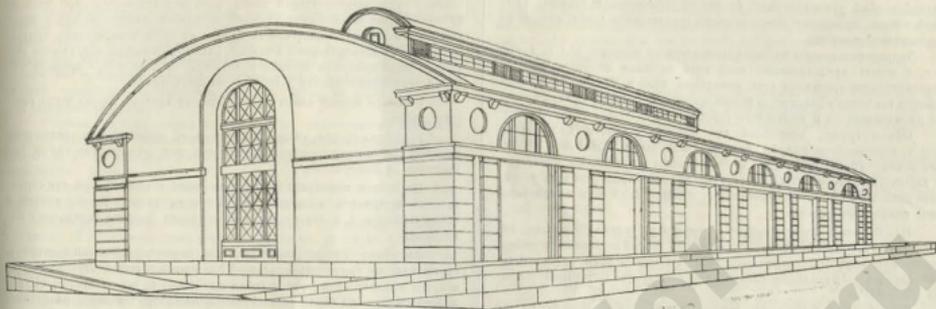
Верхняя часть юрской толщи представлена плотными, тугопластичными глинами с остатками ископаемых и серовато-черными суглинками. Мощность толщи различна, в скв. № 15=10—11 м; в местах размывов, под древним аллювием залегают келловей.

Для келловей характерен следующий разрез: сверху залегают грубые суглинки, местами с гравием и галькой, и глины с гравием и галькой; ниже—рыхлая супесь и сыпучий песок. Еще ниже в карбоне залегают очень плотные суглинки и глины. Мощность келловей колеблется от 3 до 14 м.

На юре залегают мощная толща (до 35 м древних и современных аллювиальных отложений, сложенных главным образом из песчаных супесей, суглинков и торфа.

В западной части болота (у с. Кожухово) торф отсутствует, в восточной же части мощность его достигает 4—5 м. К югу торф выклинивается.

В западной части болота (у с. Кожухово) от створа № 2 до створа № 4 и далее на восток и на юг по реке, переходя на створы № 5, 6 и др. к плотине № 40, непосредственно с поверхности залегают супеси



Склад для штучных грузов

плотная, местами иловатая. Эти суспеси местами переходят в средней плотности суглинки, местами — в илстые пески.

Ниже непосредственно из берега залегают толща песка, состоящая из разнозернистого песка с гравием и галькой, местами крупной, часто в большом количестве. Попадаются и мелкие валуны.

Значительно меньше в этой толще встречается глинистых песков. В основном заметно укрупнение зернистости и увеличение количества гравия и гальки к низу толщи, и увеличение глинистости в верхней ее части. Толща прорезана во многих местах линзами и линзовками суспеси. Крупная линза имеется в створе № 5 на отметке 103—105 м. Она тянется на 0,1 км, и мощность ее по всей длине равна 2,0 м. Еще более крупная линза суспеси имеется в створе № 2 между отметками 102—105 м, длина ее 0,5 км, мощность 6 м. Более всего линз в восточной части створа № 1.

#### Краткая гидрологическая характеристика р. Москвы у Южной гавани

За расчетный горизонт принят подпорный горизонт Перерывинской плотины с отметкой 120,0 м. Максимальный подъем горизонтов над нормальным подпорным (120,0) выражается в средний год цифрой 0,1—0,4 м, а в высокий год порядка 1908 г — до 1,60 м.

В отношении летних и осенних паводков можно отметить, что за 42 года наблюдений (с 1894 по 1934 г.) бесавалочных лет было 10 (24%), с одним паводком — 12 (28%), с двумя — 10 (24%) и более двух — 10 (24%).

По заключению Отдела гидрологии, горизонты в районе Южной гавани при подпоре от Перерывинской плотины летом и осенью будут стоять почти все время на отметке 120,0, и лишь изредка, примерно раз в 10 лет, летне-осенние паводки будут вызывать повышение горизонтов до отметки 120,10 м.

Что касается временных изменений горизонтов, вызываемых ветровыми стоном и впадом, волнением и работой шлюза, то подсчеты показали, что стог и нагон от действия ветра составляет 0,15 м, высота волны по Стенвенону: полная 1,0, над уровнем покоя 0,66 м, и минимальные отметки горизонта воды во время шлюзования у нижней границы гавани 119,80 м и у верхней — 119,50 м.

В зимнем сезоне горизонты будут стоять на отметке 120,0 м и возможны временные колебания, вызываемые работой ГЭС. Зимние паводки чрезвычайно редки: за 42 года отмечено всего два. Подъем горизонта от паводка будет порядка 0,05—0,10 м в верхней части гавани.

Ледовый режим р. Москвы на участке от Бабыгоровской плотины до с. Переры отличается своеобразными условиями, вследствие впуска сюда большого количества теплой воды из фабрик и ТЭЦ. В верхней части участка ледостав вообще никогда не образуется, а в нижней на 2—5 км выше с. Переры поверхность реки затлывается ледовой коркой лишь в сильные морозы.

Более мощный лед, толщиной 0,7—0,9 м, приходит сверху, но размеры льдины будут невелики, так как на пути ледохода имеются 13 мостов.

Размеры и толщина льдин во время осеннего ледохода значительно меньше, чем при весеннем ледоходе, но для гидротехнических сооружений осенний ледоход на р. Москве представляет не меньшую, а скорее большую опасность, чем весенний. Это обуславливается образованием громадного количества хонного льда, который скапливается в большие поля шуги, толщиной 0,3—0,5 м, а иногда и до 1,5 м.

Вобщем в районе Южной гавани ледовый покров будет неустойчив, с промонами и проталинами при небольшой его толщине.

Здесь уместно отметить, что период фактической навигации (по данным многолетних наблюдений) от даты прохода первого до даты прохода последнего судна выражается следующими цифрами: средняя длительность 205 суток, наибольшая — 228 суток, наименьшая — 187 суток.

#### Состав проекта и основные положения, принятые при проектировании

При проектировании Южной гавани была поставлена задача решить комплексно весь участок р. Москвы от выхода Андреевского канала до Перерывинской плотины, при чем городские земли должны быть предохранены от затопления.

В процессе проектирования Южной гавани появились ряд новых сооружений, непосредственно к Южной гавани не относящихся, но являющихся необходимой частью комплекса.

Правый берег р. Москвы, так называемая Нагатинская пойма, представляющая ровную низменность с отметками порядка 120 м, при подниии подпора Перерывинской плотины до отметки 120,0 м подтопляется и частично затопляется. Поэтому запроектирована подсыпка территории всей поймы.

Река на всем участке ушивается до 300 м; грунт, полученный от среза берегов, идет на подсыпку Нагатинской поймы. Объем этого грунта достаточно на подсыпку поймы до отметки 121,0 м. Учитывая возможность паводка с отметкой 121,60 м и неадекват грунта для сплошной засыпки всей поймы до отметки 122,0 м, в проекте предусмотрено устройство прибрежной повышенной части с отметкой 122,0 м.

Не исключена возможность, что при дальнейшей проектировке на Нагатинской пойме окажется удобным расчистить ряд прудов. Это осуществление позволит повысить отметку подсыпки поймы выше отметки 121,0 м.

Прибрежная повышенная часть представляет собой бульвар, обсаженный деревьями и цветниками. Площадь асфальтирования 100 тыс. кв. м.

Следующей задачей являлось ограждение от затопления и подтопления территории так называемого Суквиного болота и местности, расположенной на левом берегу р. Москвы от Суквиного болота до Перерывинской плотины.

Эта задача разрешена следующим образом: от Кожуховской возвышенности назначается территория Южного речного болота, переходящая затем в территорию Грузовой гавани и имеющая на всем протяжении отметку 122,50 м. Таким образом, площадь гавани служит огради-

тельной дамбой, предохраняющей болото от затопления. К площади Грузовой гавани примыкает левобережная оградительная дамба, идущая до Перерывской плотины.

Территория самого болота поддается даметки 12,1 м, кроме того, с целью предохранения всей этой площади от заболачивания, запроектирована дренажная сеть, отводящая вогу в Москву. При таком решении создается возможность использования территории Сукина болота для промышленного и жилищного строительства.

Объем грунта, потребный для подсыпки болота до отметки 121,0 м, определяется цифрой порядка нескольких миллионов м<sup>3</sup>. Такого объема грунта получить за счет выемки по созданию акватории не удалось, и для покрытия недостатка грунта запроектировано углубление реки Москвы в этом районе до отметки 112,0 м, т. е. использование паводного резерва.

На Сукинном болоте имеется торфяная залежь, площадь которой достигает 220 га. Залежь представляет собой котловину поймы, заполненную торфом лугового характера. От берега реки залежь отделена мощным аллювиальным валом минеральных напластований шириной 250—600 м.

По характеру и мощности залежки Сукино болото делится на две части—центральную и периферическую. Глубина торфяной залежки в центре 4,9 м, в среднем 3,7 м. В периферической части средняя глубина 1,6 м.

Торфяная залежь—типично луговая, зольность повышена. Верхний горизонт—осоловый и древесно-осоловый торф, мощностью 0,6—0,7 м, степень разложения 70—80%. Нижележащие слои—древесный торф мощностью 1,0—1,5 м.

Периферическая часть лежит на твердом песчаном грунте. На среднем участке торф подстилается илстыми пластами мощностью до 2,0 м, и эта часть является менее надежным основанием. В настоящее время МВС ведет исследование физико-механических свойств торфа залежки.

Собственно Южная гавань подразделяется на две основных части, расположенных на левом берегу р. Москвы: Южной речной вокзал и Южную грузовую гавань. Размещение их по согласованию с Моссоветом и Наркомводом запроектировано в следующем виде:

На месте вынесенного с. Кожухово городом проектируется постройка нового жилого массива. Между этим жилым массивом и грузовыми причалами установлен разрыв в 500 м, и здесь создается зеленая зона, на оси которой расположено здание Южного речного вокзала.

Набережная вокзала имеет протяжение в 500 м и представляет собой бетонную полузамкнутую стенку на свайном основании с передним деревянным шпунтом. Объем бетонной кладки стенки около 5 тыс. м<sup>3</sup>. Набережная облицовывается гранитом толщиной 0,20 м, отбойные брусья—парные вертикальные.

В здании вокзала размещаются помещения для обслуживания пассажиров и служебные. Общая площадь пассажирских помещений вокзала 2.000 м<sup>2</sup>, а служебных помещений—400 м<sup>2</sup>. Общая площадь вокзала 2.400 м<sup>2</sup>.

В 250 м от оси вокзала располагается Грузовая гавань. С целью нахождения низшего решения компоновки гавани, отделением Московского порта было разработано 10 вариантов, из которых одобрен Наркомводом и согласован Моссоветом 6-й вариант, спроектированный в виде двух больших наклонных к оси судового хода пирсов.

Пирсы специализируются таким образом, что первый, ближайший к городу, перерабатывает генеральные грузы, а второй—строительные материалы.

Каждый пирс разделяется на 6 причалов. Между пирсами размещаются служебные причалы, а за вторым пирсом—причал для дров, причал для живого скота и два причала для насосной станции.

Отметка портовой территории принята в 122,30 м. Глубина акватории принята для I очереди в 3,5 м с обеспечением возможности доведения ее в будущем до 4,5 м. Ширина портовой территории принята в 150 м.

На портовой территории запроектированы склады для хранения грузов. За пределами портовой территории намечены участки для размещения городских складов для долгосрочного хранения грузов.

### Механизация грузозонных работ

При принятом расположении портовых сооружений Южной гавани характерным является распределение всего грузооборота по двум наклонным пирсам; из ближайшем к вокзалу пирсу располагаются причалы для генеральных грузов, прибывающих преимущественно в таре. Эти грузы по проекту выгружаются на берег электрическими портальными

кранами грузоподъемностью 2 тонны, производительностью 800 тонн в сутки, которые подают груз на берег из особых площадках или в контейнерах, и здесь устанавливаются краном на прищельные тележки, транспортируемые электрокранами в склады, расположенные на территории гавани. Число кранов на причале колеблется от 3 до 4, при средней часовой производительности в 40 мт каждого крана.

В склады первой линии грузы подаются кранами прямо через rampy складов.

Разгрузка грузов, сложенных в складах, производится различной внутрискладской механизацией и электрокранами, отвозящими грузы для погрузки из автотранспорта.

На втором пирсе располагаются причалы исключительно для строительных материалов, а именно—для бутového камня, песка, гравия и лесоматериалов, т. е. для грузов, не требующих крытых складочных помещений.

Выгрузка бутového камня намечена двумя портальными электрическими кранами грузоподъемностью 7,5 мт, производительностью до 1250 т в сутки каждого крана, работающих грейферной типа «Поипп», выгружающих камень на берег через бункера, из которых камень развозится в кубовых вместимостью 1 м<sup>3</sup>, устанавливаемых попарно на небольших платформах грузоподъемностью 2 т.

Разгрузка кубов в штабеля и отгрузка камня из штабелей на автотранспорт намечена посредством двух гусеничных моторных кранов грузоподъемностью 2—8 т.

Лесоматериалы выгружаются двумя такими же портальными катучими двухтонными кранами, как и генеральные грузы, но с помощью стропов, при чем круглые лес укалываются кранами прямо в штабеля близ причальной линии, а пиломатериал развозится по складу автолесовозами и укалываются штабелями. Разгрузка штабелей с лесом и погрузку на автотранспорт производителем двумя гусеничными моторными кранами. Механизация причалов для сыпучих грузов, как-то песка и гравия, приближающихся навалом, состоит в установке на каждом причале четырех агрегатов, состоящих каждый из подвижной норы, передающей груз на поперечные ленточные стационарные транспортеры, поднятые на территории склада на 6 м, часовой производительностью 38 м<sup>3</sup>/час.

Погрузка песка и гравия со склада в железнодорожные составы и автотранспорт производится тремя передвижными элеваторами, суточной производительностью 875 м<sup>3</sup>.

Перегрузка дров на барж в штабеля производится четырьмя дровотасками, транспортирующими дрова и сбрасывающими их посредством канатных конвейеров непосредственно в штабеля; подача дров из штабелей на автотранспорт будет осуществляться вручную.

Интенсивность движения автотранспорта, работающего у причалов и складов Южной гавани, в 1942 году предложена в 227 тректонных грузовиков в час.

### Складочные помещения

Как выше упоминалось, расположение складочных помещений в Южной гавани находится в тесной связи с перерывскими механизмами, установленными у причальной линии.

Особенностью Южной гавани является то, что основные грузы—лесные—составляют до 18% всего грузооборота, минеральные строительные материалы (бутový камень, песок, гравий и др.) составляют до 50% общего грузооборота, и на долю генеральных грузов, требующих крытых складочных помещений, приходится 32% общего грузооборота.

Для грузооборота первой очереди Южной гавани запроектировано 30 складов олонотажного типа; дальнейшее развитие складочной площади должно происходить путем устройства двухэтажных складов.

Склады предполагаются железобетонные, архитектурно оформление, длиной 40 м, шириной 20 м, с rampами со всех сторон шириной 3 м. Складочная площадь для приемы груза в с кранов и площадкой для погрузки грузов из складов на автотранспорт. Позади складочных помещений, расположенных в три ряда вдоль причальной линии, запроектированы на территории гавани олонотажные и многотажные склады для длительного хранения в виде городских базисных складов.

Планировка привлекающих к главному портовому шоссе кварталов должна предвидеть размещение в этих кварталах участков крупных московских заготовительных и снабжающих организаций, как например Моссбыобит и др., отъезд земель которыми уже запланирован Моссоветом.

Общая площадь складов для генеральных грузов составляет по проекту 20.000 м<sup>2</sup>, кубатурой 138.000 м<sup>3</sup>.

### Набережная Южной гавани

Все набережные Южной гавани имеют протяжение 2660 пог. м, отметку портовой территории 122,5 м, глубину у причала в 4,5 м; эта глубина может быть увеличена по всем причалам до 5 м. В указанное протяжение входит длина набережной у вокзала 600 м, а остальное протяжение предоставляется для грузовых причалов. Настройка набережной возводится из слабоармированного бетона на свайном основании козловой системы.

Нижняя грань ростверка опущена ниже статического горизонта воды на 0,80 м, что вполне достаточно для предохранения переднего шпунта от загнивания и от разрушающего влияния льда в связи с его подвижкой.

Стенка забита на типовые секции длиной 25 м; толщина ростверка принята в 0,8 м, из условия заделки концов свай в ростверк.

Свайное основание состоит из переднего деревянного шпунта толщиной 15 см и деревянных свай с различными уклонами в поперечном направлении. Шпунт не несет вертикальной нагрузки; его основное назначение предохранять свайное основание набережной от повреждений, а грунт за набережной — от вымирания.

Для постройки набережной потребуется 13500 м<sup>3</sup> армированного бетона, 2,60 л. м шпунта и до 11000 шт. свай. Снаружи набережные будут облицованы гранитом и оборудованы причальными приспособлениями (тумбами и рымами).

### Служебные здания

Проект Южной гавани предусматривает устройство у специальной причальной линии речного вокзала для обслуживания пассажирского потока в 2300 человек в сутки по Московско-Одскому пути, как в транзитом, так и в местном сообщении.

Кроме вокзала на территории гавани предложено построить следующие служебные и культурно-бытовые здания, необходимые для работы гавани: управление гавани, столовые, санузлы, ожидания для грузчиков, клуб, здания воинзированной охраны и речной милиции, души и пожарное дело, гараж, мастерские.

Для размещения служащих и рабочих, в расстоянии 350 м от ж.-д. ветви предложено построить жилой массив объемом в 28000 м<sup>3</sup>.

### Бункерный бассейн

Для отстоя бумажных и пассажирских пароплоходов, для снабжения жидким и твердым топливом, такжежелезом и проваловством, устраивается специальный бункерный бассейн на левом берегу р. Москвы, в 1,5 км ниже Южной гавани, шириной 300 м, минимальной длиной 370 м.

Вход в бассейн устраивается шириной 90 м. Для снабжения пароплоходов жидким топливом, в глубине бассейна устраивается железобетонный пирс на два причала длиной 100 м, шириной 10 м; поступление жидкого топлива проектируется из подземного нефтехранилища объемом 3800 м<sup>3</sup>, расчитанного на вместимость 13-суточного запаса топлива; в нефтехранилище нефть поступает по нефтепроводу из нефтегавани, расположенной у с. Чагино на р. Москве.

Для снабжения пароплоходов твердым топливом (Аровами, углем) на северной стороне бассейна устраивается железобетонная эстакада длиной 50 м, оборудованная ленточным транспортом, и такие же три эстакады на южной стороне бассейна.

Внутренние откосы бассейна устраиваются 1:4, с отсыпкой каменем.

Служебные помещения бункерного бассейна размещаются на восточной части портовой территории.

На случай пожара внутри бассейна, вход в бассейн может быть закрыт специальным ограждением из металлических панелей, которые должны находиться наготове на плаву у входа в бункерный бассейн. По окончании навигации бункерный бассейн может быть использован для зимовки судов.

### Ж.-д. ветвь к ст. Южная гавань

Передача грузов с водного пути на железную дорогу намечена для Южной гавани в сравнительно небольшой цифре—100 000 т в год; такой грузооборот позволяет ограничиться при примыкании ветви к сети Московского узла лишь устройством, кроме гавани, еще одного пути длиной 430 м для подсортировки порожняка и сборки груже-

ных вагонов с участков причального фронта; эти путевые устройства образуют предпортовую станцию «Южная гавань». К этим станционным путям относятся также две группы путей, обслуживающих причалы, на двух прирх, при чем взаимное расположение путей в обеих группах одинаково и сообразовано с планом механизации перегрузочных операций.

По требованию города, ветвь не должна быть ближе 250 м от расклиниваемого жилого массива, находящегося к западу от нее пассажирского вокзала; примыкание ветви предложено сделать непосредственно к станции Угрешской.

Общая длина ветви составляет 4,83 км, а укладка станционных путей—6,4 км. Дальнейшее развитие станционных путей на предпортовой станции легко осуществляется увеличением числа станционных путей и их длины.

### Водоснабжение и канализация

Для нормальной эксплуатации Южной гавани необходимо устройство водопровода и канализации. Основными потребителями воды являются: а) пожарная охрана, б) плавающие средства—суда, баржи, катера и т. д., в) служебные здания—управление, столовая, баня, клуб, медпункт, мастерские и, наконец, г) жилой обслуживающий персонал.

Сеть портового водопровода предполагается в виде замкнутой кольцевой системы, которая в лучшей степени обеспечивает непрерывность действия сети без значительного уменьшения напора.

Все Южная гавань вдоль причалов снабжается водоразборными колонками, и кроме того по всей портовой территории гавани запроектированы гидранты закрытого типа в колодцах.

Основной целью канализации гавани является быстрое отведение всех сточных вод по накрываемому пути в общую городскую канализационную сеть для осуществления правил санитарной охраны.

Для удаления фекально-сточных вод с пароплоходов, курсирующих по р. Москве и каналу Москва-Волга, трасса которых является запретной зоной в отношении загрязнения воды,—запроектирована на самом конце причальной линии, за причалом для выгрузки живого скота, насосная станция, соединенная с канализационной сетью, в которую и будут удаляться все нечистоты.

В заключение нужно сказать, что при составлении технического проекта Южной гавани были учтены результаты стажировочной работы в портах. Опыт работы последнего года показал, что эксплуатационные нормы использования перегрузочных машин могут перекрываться в несколько раз. Не только эксплуатационная плановая, но и контрактная производительность, выполнение которой считалось идеалом, теперь перекрывается.

В подтверждение приведем несколько примеров.

**Потийский порт.** Портальные краны на руде с 8-м кубеями дают паспортную производительность 160 т в час. Эксплуатационная производительность 100 т в час. Фактическая производительность (гг. Белов, Джорджинидзе) 400 т в час.

**Ленинградский порт.** Для портальных трехтонных кранов на ящиках, бочках и т. п. заданная эксплуатационная производительность 18 т в час. Фактическая производительность (гг. Чуркин и др.) 32,8 т в час. Для двухтонного автокрана на погрузке ящиков, бочек и кип норма 16,5 т, фактически—26,8 т.

**Новороссийский порт.** Портальный паровой 8-т кран на погрузке чугуна в чушках. Норма 22 т, выполнение 63,8 т.

**Одесский порт.** Портальный паровой 8-т кран на погрузке чугуна в чушках. Норма 12 т в час, выполнение (бригада т. Петраша) 77 т в час.

**Махац-Кала.** Ленточный транспортер на перегрузке мешков, при норме 25 т, дал 60 т.

При составлении проекта Южной гавани была взята установка на всемерное использование производительности проектируемой механизации причального фронта с целью повышения интенсивности перегрузочных операций, и на повышение всякого рода поправочных коэффициентов, принимаемых обычно в расчетах для линий причальных линий.

Напряженность 1 пог. метра причальной линии Южной гавани для общего грузооборота 1912 г. по прибытию и отправлению составила 1555 т/л. м, и в частности—для причала песка напряженность 1 л. м составила 3800 т/л. м.

# ОБСТАНОВКА ПУТИ КАНАЛА ШВА-ВОЛГА

Инж. А. ТОШАКОВ

**Н**авигационная обстановка пути есть средство, благодаря которому достигается свободное и безопасное плавание судов по водным путям как днем, так и ночью.

Проектируемая система обстановки пути канала Москва-Волга предусматривает следующие цели:

- 1) обеспечить судоходство по каналу днем и ночью и в дурную видимость;
- 2) регулировать движение судов через шлюзы;
- 3) обеспечить обстановку пути аппаратами, которые являются новейшей достижениями техники как в западноевропейских внутренних водных путях, так и в нас в СССР;
- 4) создать такую систему обстановки пути, которая исключала бы недочеты средств обеспечения безопасности судоходства, имевшие место на Беломорско-Балтийском канале и других внутренних водных путях Союза.

Дневной обстановки канала требуют только в пределах водохранилищ; ночью же обстановку необходимо на всем протяжении канала и является весьма ответственным элементом всей системы эксплуатации канала.

## 1. Недочеты средств обеспечения судоходства на Беломорско-Балтийском канале в практике навигации 1934 и 1935 г.

1. Существенным недостатком Беломорско-Балтийского канала являющийся в процессе двух навигаций его эксплуатации, является несоответствие промерной канале, в особенности Шаваньского и Телекинского участков, габариту буксиремых судов. Это обстоятельство вызвало большое количество аварий крупных буксиремых судов (анхтеров) размером  $85 \times 20$  м при полной осадке до трех метров.

Принимая во внимание большую рыскливость длинных бирк (анхтеров), особенно при наличии полного течения и ветра — даже мощные буксиры, рассчитанные как таковое средство, достояние для буксировки по нормам эксплуатации, не в силах погасить инерцию судна длиной в 85 м, рыскающего на повороте в пределах узких поворочных бровок канала.

Это обстоятельство вызвало необходимость произвести ряд значительных работ по спрямлению и ускорению судового хода (Шаваньский и Телекинский участки), а также узаконить кривые пути, запроектированные при постройке канала, заменив их прямолинейными створами.

2. Самым существенным недостатком обстановки пути Беломорско-Балтийского канала является то обстоятельство, что средства обстановки (плавучие знаки) не отражали полностью на поверхности воды бровок канала, являющихся сплошной поворочной опасностью для судов, особенно в местах поворотов.

Участки плавучую обстановку пути в данном случае не являлись исчерпывающей мерой предупреждения аварий судов, тем более, что почти после каждого прохода больших судов и караванов плавучие обстановочные знаки срываются в большом количестве, и путь для следующего каравана становится небезопасным. Отсюда следует заключить, что необходимо:

а) усердно избегать плавучей обстановки и везде, где возможно, переходить на оборудование путей береговыми знаками и сигналами;

б) там, где представляется возможным (в районах рек, озер, водохранилищ), избегать кривых, заменяя их прямыми створами, так как такое, идущее по воде, всегда переносится на прямой створ, а в местах кривых путей — по кордам, но отсюда не по кривым.

3. При буксировке высокорботных судов, по заднему створу обычно с буксирного парохода не видно створа, ибо он закрыт задним валом. Это обстоятельство вызывает необходимость иметь створы двусторонними, а где это невозможно — по условиям местности — там устанавливать плавучий ориентировочный знак с огнем.

4. При подходе к шлюзам на Беломорско-Балтийском канале судоводитель часто теряет ориентировку ночью ввиду того, что отсутствуют яркие электрические огни, указывающие вход в шлюз, а с другой стороны яркие электрические огни на шлюзе и прочих сооружений светят настолько, что затрудняют ориентировку при подходе к шлюзу. Отсюда следует:

в целях обеспечения безаварийности подходов к шлюзам, поставить категорическим требованием, чтобы все огни на шлюзах, пристанях, дамбах, плотинах и прочих сооружениях канала и прилегающих к нему территорий и акваторий имели бы козырек, направленный свет только вниз, и освещали бы сооружения отдельными светом так, чтобы источники света не могли быть видны с судна, идущего по каналу.

5. Установка мигающих цветных створов на Беломорско-Балтийском канале в начале эксплуатации вызвала много нареканий со стороны судоводителей с той точки зрения, что оживленные мигающие огни створа при малом их разбеге по вертикали трудно сформировались, сливались в один огонь. Это обстоятельство рядом последующих опытов удалось до известной степени ликвидировать, а именно:

а) установкой на переднем створе цветного огня, радиуса  $\rho$  по вертикали огня не менее чем на угол зрения  $\alpha$ ;

б) изменением характера проблесков, дающих в известных комбинациях проблесков и загорений наибольшее количество совпадений проблесков переднего и заднего огня.

6. Сигналами на шлюзах, указывающие, закрыт или свободен вход в шлюз, состоящие из мачты и комбинации конусов и цилиндров, попросту оказались негодными в опыте эксплуатации Беломорско-Балтийского канала. Поэтому вполне целесообразно их заменить более совершенными в техническом отношении сигнальными средствами, а именно: светофорами дальнего и ближнего действия с автоматическим включением при открытии и закрытии шлюзовых и аварийных ворот, с выводом управления всей сигнализацией шлюза в диспетчерский пост.

2. Данные об обстановке пути канала Штетин — Свиноюнде (Jahrbuch 1928—29, из статьи Вестермана)

Наиболее длинным каналом в системе пути Штетин — Свиноюнде является канал Казебург — Паленассер длиной ок. 32 км, с шириной поварочной прогнз 228,44 м. Река задула спрямления этого фарватера, главная трудность заключалась не столько в производстве гидротехнических работ, сколько в решении вопроса сделать канал судоходным, т. е. создать такую обстановку пути на нем, при которой движение судов днем, ночью и в туман было вполне обеспечено.

Эту задачу немцы разрешили с особенной тщательностью, и надо полагать, что обстановка канала Штетин — Свиноюнде на сегодняшний день является с навигационной и технической точки зрения образцовым решением данной проблемы.

В предыдущих статьях, посвященных этим вопросам, говорится: «Решением задач обстановки пути участка Казебург — Паленассер является устройство одного прямолинейного створа, но это технически и материально является нецелесообразным, ибо пришлось бы строить мачты очень большой светимости и высоты, что в конечном счете не обеспечило бы полную их видимость при мглистой погоде и при застывании огня маяков льдом судов и парусниками.

На основании этого были предприняты опыты для определения эффективности новой системы створов, называемой «целью воротных огня». Последняя образуется из нескольких расположенных друг за другом по фарватеру пар воротных огня одинаковой высоты и с одинаковым радиусом огня по горизонтали.

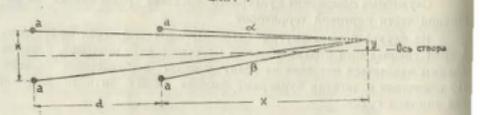
Кроме того, было скоординировано действие пары воротных огня с верхним огнем створа, основанное на том, что «верхний огонь проходит посредине обоих воротных огня и, таким образом, обозначает средину фарватера. При наблюдении створа с одной стороны фарватера огонь виден уже не посредине между воротными огнями; при этом не имеет никакого значения, виден ли верхний огонь над или под другим, — осматривая оба воротных огня. Принцип использования парных огня (Tougenen), воротных со створом, в нашей литературе назван прицельным створом.

Действие цели воротных огня близко к этому. При простейшем устройстве знаков с двумя парами воротных огня, оба более отдаленных огня, удерживаясь посредине между передних парой огня, также указывают средину фарватера, и называются в нашей литературе целью воротных огня или, как мы его будем называть, перидекта в нем створом. При уклонении судна от оси фарватера, симметричная до тех пор картина огня створа нарушается, оба задних огня видны уже не посредине между передними. Таким образом искажение перспективных огней указывает отклонение судна от оси фарватера.

Острота действия обоих устройств (створ прицельный и перспек-



Фиг. 1



- Обозначения:**
- а — Воротные огни перспективного створа
  - б — Прицельный огонь
  - г — Междупарное расстояние
  - д — Расстояние от передних огня до наблюдателя
  - е — Разное обозначение
  - ж — Отклонение от оси

Фиг. 2

тивный) зависит от той точности, с которой наблюдатель, отмечая разницу углов, обозначенных на фиг. 2 буквами  $\alpha$  и  $\beta$ , может установить горизонтальную линию зрения. Изменения этого угла зрения при равном отклонении наблюдателя от средин фарватера заметны, как и при обычном створе, от «междусторной» расстояния (обозначаемого буквой  $d$ ) и от расстояния наблюдателя до ближайшего огня (обозначаемого буквой  $x$ ) — см. фиг. 2.

Для проверки этих положений опытным путем были произведены опыты на макете  $M$ , которые имели следующее устройство:

В темной среде располагались смещающиеся как горизонтально, так и вертикально диафрагмы, через которые пропусклся свет. Диафрагмы располагались на таком расстоянии друг от друга, что вертикальные и горизонтальные углы, под которыми видны наблюдателю, были те же, что и углы, под которыми должны быть видны акваторские огни. Величины углов зрения в свету были установлены пропорционально той силе света, которую должны давать маячные источники света. При помощи этого устройства было произведено большое количество опытов и наблюдений при различных дальностях и расстояниях между огнями. Опыты показали следующие результаты:

Как парой воротных огней с верхним створным огнем (прицельный створ), так и парой воротных огней (перспективный створ) можно обозначить узкий прямой фарватер. Возможна также обстановка очень длинного прямого фарватера, ибо при помощи дополнительных воротных огней к цепи последних фарватер можно подразделить на любое количество участков, составляющих один прямой канал.

На основании этих опытов, канал Казебург—Палеваскер последовательно оборудовался парными воротными огнями, высота которых была определена в 16 м, разное очертание по горизонтали—23,46 м, расстояние между парой воротных огней в этом же направлении было равно расстоянию между парой воротных огней в другом направлении. Канал приобрел следующий вид—см. фиг. 1.

Подобная опытная обстановка пути решила три проблемы:

1) Установлена точность действия различных систем обстановки (прицельный створ, цепь воротных огней—перспективный створ), состоящей из двух и трех пар огней;

2) Определены условия заметения огней створа дымом судов и парусниками;

3) разрешен вопрос нового типа створов с определением дальности их действия.

Действие яркости огней наблюдалось различными наблюдателями при различном удалении, при чем каждый раз измерялось отклонение наблюдателя от оси створа. Вышеописанные опыты дали исключительно хорошие результаты: при нахождении наблюдателя от ближайших воротных огней на 8676 м, при цепи воротных огней из двух пар было наблюдено среднее отклонение от оси фарватера на 3,8 м; при нахождении на 5150 м—3,8 м, при 3440 м—2,50 м, и при 1720 м—1,25 м. При наблюдении прицельного створа (огни Фаргского мола и Казебургский створ) на дистанции 8675 м наблюдалось отклонение от оси на 5,80 м; на дистанции 5150 м—на 2,50 м; на дистанции 3440 м—3,60, и при 1720 м—2,20 м (фиг. 2).

При данной системе створов нарушение действия огней дымом своего судна или других судов, а также парусниками наблюдалось значительно меньше, чем при обычном створе. Огни закрывались лишь на короткое промежутки времени. При этих наблюдениях обнаружилось большое преимущество цепи воротных огней (не-слективного створа), которое в случае заметения одного огня можно пользоваться другим огнем следующей пары.

И, наконец, опытная установка подобных огней в полной мере доказала свою эффективность и целесообразность по сравнению с обычными принятыми до этого времени системами створов.

Вышеописанная система обстановки пути, изложенная в статье Вестермана (Jahrbuch 1928—29), является весьма ценным материалом для усовершенствования и разрешения проблем обстановки огнями длинных участков искусственных каналов и особенно фарватеров, проходящих через проливы, проливы (озера, плесы) и подводные проливы, ограждая которые плавучей обстановкой целесообразно изза подвижек льда, срывов обстановки судами и трудностей ее обслуживания.

### 3. Проектируемая система обстановки пути канала Москва-Волга

#### а) Прямые участки канала (створы)

Проектируемая система навигационной обстановки пути канала не имеет ничего общего с принятыми до этого времени системами обстановки на внутренних водных путях СССР.

Канал, за исключением водохранилища, не требует дневной обстановки; ночная же обстановка канала является в достаточной мере сложной, вследствие того, что ширина прорезов канала по дну и дна ходовых частей прямых его участков имеют следующие соотношения:

Створы №№

	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
$D_1$	6061	3644	7827	8194	1387	5336	3887	1165
$r$	46	46	46	46	46	46	45	46
$2r/D_1$	0,007	0,012	0,005	0,005	0,033	0,008	0,012	0,039

где  $D_1$ —ходовая часть прямого участка (створа),  $2r$ —ширина прореза канала по дну,  $2r/D_1$ —отношение ширины дна к длине ходовой части створа.

Из приведенной таблицы видно, что для взятых нами наиболее характерных створов (прямых участков канала) отношения ширины дна к длине прямого участка заключаются в пределах от 0,005 до 0,039, при чем нами выбраны наибольшие и наименьшие по длине участки канала.

Рассматривая подобные же соотношения ширины к длине других каналов, устанавливаем следующие:

Канал Штеттин—Свинемюнде в прямом участке наибольшей длины имеет:

- 1)  $D_1$ —ходовая часть прямого участка 32000 м;
- 2)  $r$ —ширина прореза по дну канала 180 м;
- 3)  $2r/D_1$ —отношение ширины к длине 0,001.

Ленинградский канал:

- 1)  $D_1$ —ходовая часть прямого участка 18000 м;
- 2)  $r$ —ширина прореза по дну канала 107 м;
- 3)  $2r/D_1$ —отношение ширины к длине 0,003.

Из указанных сопоставлений следует, что величина отношения  $2r/D_1$  для нашего канала на наибольших его прямых участках выгодно. Как на канале Штеттин—Свинемюнде, так и на канале Кронштадт—Ленинград практиковалась установка трудностей устройства обычно принятой системы обстановки пути, а именно обстановки, имеющей своим главным базисом обычный створ двух огней и плавучие сдвигающиеся знаки (буи).

На дальних дистанциях, более 5 км, к обычному створу двух огней для практического его использования приходится предъявлять слишком большие требования, а именно: давать мощный источник света, чтобы створ был бы виден на всю длину, иметь повышенную чувствительность, т.е. при любой судовой лодке видна бы неуоруженным глазом на конце ходовой линии отклонение судна от оси створа по допустимому величине.

Это обстоятельство вызывает необходимость увеличения разнеса огней створа, т.е. с увеличением междусторных расстояний, что опять же связывается с увеличением мощности источника света, так как задний знак при подобном требовании значительно удаляется от переднего.

Для того чтобы судовой лодке имелась возможность с дальних дистанций видеть оба огня створа раздельно по вертикали, надо, чтобы вертикальный угол между огнями створа был бы не менее 4°—следовательно, на простях створов задний знак приходится делать слишком высоким, что удорожает его конструкцию и делает все сооружение нерентабельным.

Все эти обстоятельства указали на целесообразность применения обычной системы створов на узких и длинных каналах и вынудили искать новые пути и новые технические оформления обстановки пути внутренних водных путей и подводящих каналов к портам с моря.

Новая система створов, примененная впервые в Германии на канале Штеттин—Свинемюнде, и частично, в порядке опыта, на канале Кронштадт—Ленинград, а также теория новых створов, разработанная гидрографом Струве и Ким, вкратце сводится к следующим положениям.

В основе своей обшей створ, не удовлетворяющий требованиям судовой обстановки на прямых длинных и узких путях искусственных каналов, замещается системой обшей створа, прицельного створа и створа перспективного, или комбинацией этих створов. Изучение этих систем обстановки на опыте и применение их как новейших технических средств и является основой из задач строительства обстановки пути канала.

Целевой створ заключается в системе трех огней: А—заднего ведущего, В и С—передних ограничительных, расположенных в вершинах равнобедренного треугольника, обращенного своим основанием к трассе. Совмещая А с серединой расстояния огней В и С, судовой лодке идет по оси трассы. Вместе с тем, величина ВС подбирается таким образом, чтобы, наблюдая углошения огня А в створу В или С, судовой лодке мог бы пользоваться не только осью створа, но и всей пространством АЕГ, в котором плавание является безопасным (фиг. 3).



Обозначение:

- А Задний ведущий огонь
- В, С Передние ограничительные створы
- 3 Плавучий огонь
- 2 Расстояние от передних огней до оси створа
- 1 Отклонение от оси

Фиг. 3

Этот створ имеет следующие преимущества:

а) большую точность—чувствительность, достигаемую тем, что ограничительные огни В и С увеличивают допустимые пределы отклонения от оси трассы;

б) большую возможность уклонения от оси, чем при обычном створе (увеличение маневренного пространства);

в) он не вызывает необходимости повышения заднего знака по сравнению с предыдущим зрительного восприятия при простом створе приближает судовой лодке к опасности, а при целевом—наоборот—удаляет; это объясняется тем обстоятельством, что при простом створе судовой лодке, сходя с оси створа, раньше будет наблюдать схождение (схождение в одну светящуюся точку) среднего и крайнего огней, чем при целевом, обладающий более острым зрением.



Теория шелевого створа, разработанная гидрографом Струйским, описанная в «Записках по гидрографии» 1931, т. XLV, сводится в основном к выводу уравнения виртуальных дуг. Виртуальной дуге надается геометрическое место точек, из которых наблюдается раздельная видимость огней А, В и С. Высшеуказанные огни, при удалении на известную дистанцию, сливаются в одну светящуюся точку О.

Уравнение виртуальной дуги после преобразования имеет вид

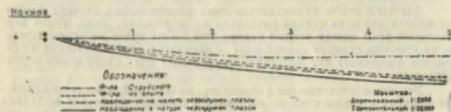
$$y = \frac{x+d}{d} (S - x \operatorname{tg} \epsilon)$$

где  $x$  — расстояние от переднего знака до места наблюдения;  
 $s$  — полуразност передних огней;  
 $y$  — ордината уклона от оси створа;  
 $\epsilon$  — разражающая сила зрени;  
 $d$  — междустворное расстояние.

### Данные опытов

Опыты заключались в наблюдении отклонений от оси створа при слиянии знаков на макетах шелевого створа в М 1:100 в Орудьево и наблюдений в натуре в Химках. Дистанции брались 1, 2, 3, 4, 5 км, полуразност знаков 3, 4, 5 м. Междустворное расстояние  $d=200, 300, 600$  и 1000 м.

Наблюдения проводились невооруженным глазом и пользовались 6-кратным биноклем. Бинокль, увеличивая разрешающую силу зрения, увеличивал и отклонение от 10% на 1 км до 32% — на 5 км. При дневных наблюдениях ширина створящегося заднего знака превышала ширину светящейся линии, и слияние наступало раньше, отклонение получалось меньше.



Фиг. 4

Разница отклонения между дневным и ночным створом росла с дистанцией от 10 до 25 м.

Учитывая превышение отклонения на большую значимость ночного створа, нами взяты ночные наблюдения, производимые невооруженным глазом при  $d = 300$  и 600 м, и при  $S = 4$  м, приведенные в таблице:

Дистанция в км	Отклон. по ф-ле Струйского	Отклонение на макете	Отклонения в натуре	Отклонения по ф-ле Струйского с поправкой коэф. зрительн. взят. из опыта
1	14,7	15	15	16
1,6	19,0	17	17	23
2	21,5	25	25	27
3	24,0	32	35	36
3,5	24,0	—	40	39
4	23,0	43	42	43
5	18,0	12	45	49

Данные для 2, 3, 4 км взяты с графика.

Дистанции с междустворным расстоянием = 600 м.

1	9	9,5	8,8	10,0
1,6	11	—	—	13,2
2	12	13,5	11,7	15,2
3	13	16,0	—	19,4
3,5	13	—	—	21,0
4	12	19,0	—	21,0
5	9	21,5	25,0	25,5

Таким образом устанавливается, что для практического пользования шелевым створом на трассе канала, при длине холмовых частей до 3,5 км, целесообразно подобрать значения створа с полуразностом передних огней  $S = 4$  м и с междустворным расстоянием  $d = 125 - 600$  м. Расчетная формула для вышеуказанных случаев подобрана следующая:

$$d = \frac{x(s - 0,25x)}{y - x + 0,25x}$$

$$S = \frac{d + x}{d} y + 0,25x$$

$$y = \frac{x + d}{d} (S - 0,25x)$$

при чем  $d$  обозначает междустворное расстояние;

$S$  — полуразност знаков;

$y$  — отклонение от оси;

$x$  — расстояние наблюдателя от передних знаков (см. схему шелевого створа).

Источниками света для шелевого створа выбраны газосветные вертикальные трубки длиной 10 м, красного и желтого цвета, как имеющие наибольшее излучение и свет с наибольшей длиной волны.

Относительно дальности видимости вертикальных 10-м неоновых линий, помещенных на передних знаках, установлено опытным путем, что видимость их с 5 км вполне удовлетворительная (они видны как линии достаточной яркости). Аргументы линии заднего знака видны только с 2 км и для створа великодня. Поэтому выбирать необходимо для заднего знака подбор другого источника света — газосветных желтых линий.

Прицельный створ, описанный кратко в «Записках по гидрографии» 1931, том LXV, гидрографом Струйским, представляет собой ту же систему трех огней шелевого створа, с той лишь разницей, что боковые огни не служат в данном случае ограничителями, допустимыми отклонения от оси до известных пределов, а являются лишь средством определить направление оси трассы, пользуясь задним направляющим огнем, совмещающ его со средней расстояния между передними.

Основанием к тому служит способность глаза отыскивать среднюю расстояния между двумя точками, а также оценивать десятые доли этого расстояния. Оценка десятой доли расстояния с успехом производится если это расстояние не слишком велико с другой стороны, оно не должно быть слишком малым, и если оно усматривается под углом зрения менее 15°, то оценка расстояния может быть сделана лишь до 0,2 доли расстояния.

Насколько глаз способен оценивать десятые доли больших угловых расстояний, можно установить только опытным путем.



Фиг. 5

В известных пределах для угла зрения между какими-либо точками считается, что глаз способен оценивать расстояния между этими точками до 0,1 доли, т.е. точность отсчета выражается величиной 0,05 доли расстояния. Еще лучше глаз оценивает среднюю расстояния между двумя точками. На этом и основана принципиальная сторона прицельного створа (фиг. 5).

А — задний направляющий огонь;

х — линия створа

В и С — передние огни;

y — наибольшее отклонение от оси створа;

k — СВ — разност передних огней;

d — междустворное расстояние.

1. Угол зрения между передними знаками не должен быть менее 15°.

2. Передние створные точки должны лежать на перпендикуляре к оси створа и в равном удалении от оси.

3. Желательно расположение всех трех точек на одной высоте в самом ответственном месте створа.

Зависимость угла зрения  $\alpha$  между точками В С при разное этих точек равно k на расстоянии x от них выразится:

$$2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{k}{x}$$

При практическом пользовании этим створом необходимо, чтобы зрительное впечатление образовало бы искаженно-визуально симметричного расположения точек А В С.

Оно будет обнаружено глазом наблюдателя в том случае, если точка А сместится в сторону точки В или С на величину, равную 0,1 величине ВС=k. Из подобия треугольников АВО и А В<sub>1</sub>О<sub>1</sub> получим

$$\frac{y}{x+d} = \frac{0,1k}{d} \quad y = 0,1k \frac{x+d}{d}$$

откуда

$$d = \frac{0,1kx}{y - 0,1k} = \frac{kx}{10 \frac{y}{k} - 1}$$

$$x = \frac{d(y - 0,1k)}{0,1k} = \frac{dy}{0,1k} - d$$

где  $\alpha$  обозначает отклонение наблюдателя от оси в метрах;  
 $k$  — разное знаков в метрах;  
 $d$  — междустворное расстояние в километрах;  
 $x$  — расстояние наблюдателя от передних знаков в километрах.

По указанной формуле были вычислены отклонения  $\alpha$  для дистанций  $x=1, 2, 3, 4, 5$  км и междустворного расстояния  $d=0,3, 0,6, 1,0$  км при разное знаков  $k=100, 60, 40, 20, 10, 8$  м. Наблюдения производились невооруженным глазом и при помощи 6-кратного бинокля, днем и ночью, на макете 1/100 в Орудьево и в натуре в Химках при  $d=0,3; 0,6$  км и  $k=8$  м.

В прилагаемой таблице приводятся данные ночных наблюдений невооруженным глазом для  $d=1; 0,7; 0,3$  км при разное огней  $k=8; 10,9$  м. Отклонения отсчитывались при заметном смещении среднего знака от оси:

Дистанция в км	Отклонение расчетное по ф-ле Струйского	Отклонение, наблюдаемое на макете	Отклонение, наблюдаемое в натуре
$d = 0,3 \quad k = 8$			
1	3,2	2	2,5
1,6	5,1	—	4,8
2	5,6	6	—
3	8,0	7	—
3,5	10,1	—	10,0
4	11,2	8	—
5	14,2	10	13,0

$d = 0,6 \quad k = 8$

1	2,1	2	1,7
1,6	2,9	—	2,0
2	3,5	4	—
3	4,8	5	—
3,5	5,5	—	3,0
4	6,1	6	—
5	7,5	8	7,0

$d = 1,0 \quad k = 100$

1	20	17
2	30	25
3	40	36
4	56	46
5	60	55

Данные опыта показали, что применение прицельного створа на прямолинейных участках канала возможно, но вносит путаницу в систему одновременной установки шеевых створов, вызывает затруднение в почтении передних знаков на кривых (знаки приходится удалять от трассы), удорожает стоимость обстановки.

Поэтому применение их как самостоятельных створов нецелесообразно, но рационально применить задний прицельный знак, как направляющий, в сочетании с перспективным створом.

**Перспективный створ** (цель воротных огней). Целью воротных огней или перспективным створом называется перспектива ряда парных огней, установленных на одной и той же высоте над горизонтом воды, на равных расстояниях друг от друга и в равном расстоянии от оси канала. Судоводитель, уклонившись от оси створа, наблюдает искажение этой перспективы, на основании чего и направляет судно по оси трассы канала. (Фиг. 1).

Никаких теоретических расчетов подобный створ не имеет, кроме данных немецкой литературы об опытах по наблюдению за уклонением от оси канала, пользуясь перспективной системой парных огней. Данные опытов следующие.

Разнос огней по горизонтали 228,4 м, расстояние между парами огней 675 м. Опыт производился над двумя парами огней и над уклонения от оси:

На дистанции	8,675 м	5,80 м	При данных, проверенных на макете в Орудьево	6,5
	5,150 м	4,50 м		6,5
	3,440 м	3,60 м		4,5
	1,720 м	2,70 м		3,0

#### Данные опытов

Опыт заключался в наблюдении отклонения от оси створа при фиксации искажения перспективы (нарушения равенства углов  $\alpha$  и  $\beta$ ). (Фиг. 2).

Наблюдения производились на макете в Орудьево в М 1 : 100 с дистанцией 1, 2, 3, 4, 5 км и с различным междустворным расстоянием  $d = 1, 1, 2, 3$  км.

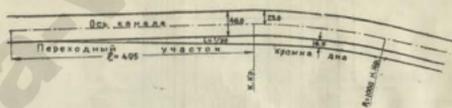
Разнос огней  $k$ , применяясь к условиям канала, брались без изменения везле 100 м. Данные опытов ночью и невооруженным глазом сведены в таблицу:

Дистанция в км	Междустворное расстояние в км	Отклонение, наблюдаемое на макете, в метрах
1	1	7,5
	2	7,5
	3	7,0
2	1	10,0
	2	8,0
	3	8,0
3	1	9,0
	2	8,0
	3	8,5
4	1	9,0
	2	9,5
	3	9,5
5	1	9,5
	2	11,0
	3	9,0

В натуре перспективный створ не поверялся, но данные макета позволяют заключить, что применение перспективного створа на данных прямолинейных участках канала при установке огней на кромке беченика или берме с расстоянием между парами огней в 1 км (обуславливающим хорошую видимость двух пар огней с 2 километром, при применении автономных электрических огней Шекина-Синичина) вполне целесообразно; но желательно, для удобства удержания направления рулевым, дополнение перспективного створа прицельным огнем.

Давать расчетную формулу до проверки ее в натуре затруднительно.

Из рассмотренных данных, подтвержденных опытным путем, ясно, что целесообразно пользоваться шеевым створом в пределах длины его до 5—6 км, после чего шеевой створ не является средством, гаран-



Фиг. 6

тирующим безопасное судоходство в искусственных прорезах канала. На участках 6 км и более, целесообразно применять перспективный створ, при чем комбинация его со шеевым или даже с простым створом является средством, уточняющим возможность вести судно по оси трассы.

Створ прицельный, являясь частным случаем створа шеевого, применим как вспомогательное средство к перспективному створу на всех дистанциях. Эта система створов и принята за основу при обстановке прямых участков пути канала.

#### б) Криволинейные участки пути канала (путевые огни)

Криволинейные участки пути канала имеют радиус закругления, как правило, не меньше 1000 м; соответственно этому делается и уширение по дну.

Таблица элементов уширений на кривых и переходных участках:

Радиус в м . . .	1000	1200	1300	1500	2000	2500	3000	3500	4000
Уширение по дну	16,5	13,0	12,0	10,0	6,5	4,5	3,0	2,0	0,0
Переходы, уз-к при односторон. уширении для 130 м . . . . .	495	390	360	300	195	135	90	60	0

Схема разбивки кривой на трассе при радиусе  $R = 1000$  м (фиг. 6). Принимая во внимание длину букирного вожа до 800 м, надо дать возможность судоводителю, идя по кривой, оценивать на глаз середину оси трассы, что можно создать перспективными парными огнями, расположенными на откосах канала на равных расстояниях от оси.

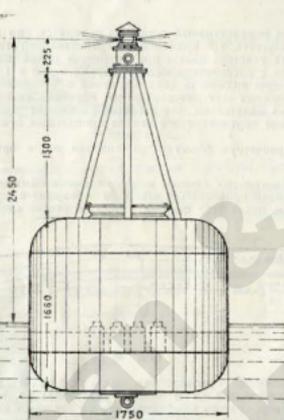
Наблюдением установлено отклонение от оси симметрии при следовании вдоль незаполненного водой канала от 2 до 5 м. Пользование огнем второй пары, как прицельным, облегчает сохранение направления (фиг. 7).

На озёрных участках кривые с пологими прорезями ограждаются парными буйми речного типа, обозначающими подошву дна канала. Парные буй ставятся через 250 м. Аппаратура буйв электрическая, питание от сухих элементов типа ВДА-400. Буй заряжается на 210 дней. Включение и выключение буйв с наступлением темноты и света производится посредством селенового фотоэлемента и чувствительного реле.

**в) Водохранилища и озёрные участки**

Подходный путь к каналу со стороны Ивановского озера.

Р. Волга от дер. Омутыя и до Ивановского аванпорта протекает по довольно измененному месту, которое будет затоплено водой при подлоре реки Ивановской плотинной. Образуя своим течением на этом пространстве 5 колен, довольно пологих, затопленная река представит довольно трудные условия судоходства, так как пологие берега будут естественными препятствиями для судоходства, ограждение которых пловучей обстановкой является весьма сложным и несласким делом. Осенний деловой



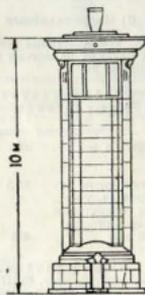
Фиг. 8.

довольно крупная волна при северо-западных ветрах, при широком водном пространстве, создают озёрные условия плавания на этом участке.

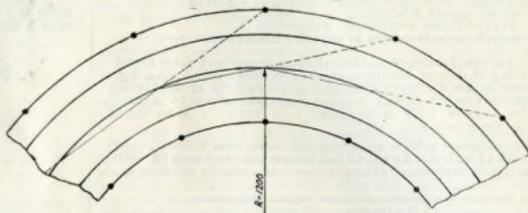
Из этих соображений вполне целесообразно сделать ход по р. Волге от д. Омутыя до Ивановского аванпорта прямым и ориентированным по створу двух маяков, установленных в Ивановском аванпорте (фиг. 9 и 10).

Этот ход около 10,5 км от поворотного буйа около д. Омутыя и до ширины западного волнолома аванпорта пять раз пересекает Волгу на ее изгибах и проходит по затопленным горизонталям, являющимся опасными для судоходства, начиная с горизонтали 118. Таким образом, учитывая небольшую навигационную сработку водохранилища до 121,7, будем иметь наименьшую судоходную глубину этого года 121,7—118=3,7 м. Из предосторожности надо считать наименьшую судоходную глубину на этом створе 3 м. По длине створного хода, который запроектирован на ширину 200 м, встречаются сомнительные места, лежащие за пределом 100-метровой ширины судоходного хода.

Все эти точки ограждаются светящими буйми, справа — красными мигающими, слева — белыми.



Фиг. 9

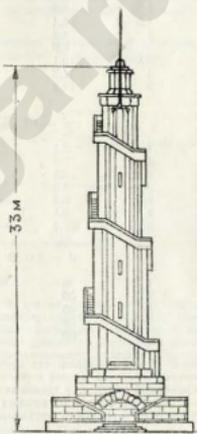


Фиг. 7

Створные маяки устанавливаются: передний — на голове ширины западного волнолома, а задний — на квалыере на поперечнике канала 3,5-30.

Маяки представляют собой железобетонные сооружения с маячными электрическими устройствами. Вход в аванпорт с северо-запада обозначен двумя противоположными знаками, установленными на западном конце дамбы № 212 — зеленый мигающий огонь, и на западной дамбе № 211 — северный конец — красный мигающий огонь. Бетонная плотина № 32 (водоспуска) обозначена флюоресцентными предупредительными огнями.

Плавание по этому фарватеру будет происходить следующим образом. Подойдя сверху от Калинин, у д. Омутыя, к поворотному буйу № 1 (пикет 0,0) ложатся на створ ивановских маяков, оставляя слева буй № 2 (пикет 3,2), справа буй № 3 (пикет 5,4), слева буй № 4 (пикет 7,8) и слева буй № 5 (пикет 8,9), откуда поворачивают влево между противоположными знаками западного входа в аванпорт. Далее по аванпорту обстановка пути — общего типа, принятого на канале.



Фиг. 10

**Расчет элементов створа ивановских маяков**

1. Поверный расчет междуворотного расстояния по формуле Красильникова для створа огней с длиной 12-15 км (Записки по гидрографии\* 1929, т. LVIII):

$$d = \frac{0,73 D^2 + 2,92}{p - 0,73 - 1,46}$$

$$D = 10,704 \text{ км, округленно } 10,7 \quad p = 30 \text{ м;}$$

$$d \text{ расч.} = \frac{0,73 \times 10,7^2 + 2,92}{50 - 0,73 \times 10,7 - 1,46} = 2,125 \text{ км}$$

$$d \text{ факт.} = 2,639 > d \text{ расч.} = 2,125 \text{ км;}$$

$$p \text{ соответствующее } d = 2,7;$$

$$p = \frac{0,73}{d} D^2 + 0,73 D + \frac{0,73}{d} \times 2(2 + d);$$

$$p = \frac{0,73}{2,7} \cdot 10,7^2 + 0,73 \times 10,7 + \frac{0,73}{2,7} \times 2(2+2,7) = 40,0 \text{ м.}$$

2. Расчет высоты огня переднего маяка над самым высоким горизонтом воды:

$$h_m = 3 \text{ м} \quad a = 5 \text{ м}$$

$$h_0 = (0,26 D - \sqrt{a})^2$$

$$h_0 = (0,26 \times 10,7 - \sqrt{5})^2 = 0,29 < h = 3 \text{ м}$$

$$h_1 = 0,29 D^2$$

при  $\beta = 2'$   $h_1 = 0,29 \times 10,7 \times 2 = 6,2 \text{ м}$  (высота огня от основания маяка)  
 $h = h_1 + h_m = 6,2 + 3 = 9,2 \text{ м}$ .

3. Расчет высоты огня заднего маяка над самым высоким горизонтом воды:

$$N = (D + d) \cdot \left( \frac{h - a}{D} + 0,068 d + 0,29 a \right) + a$$

при  $a = 4'$   $N = (10,7 + 2,64) \frac{9,2 - 5}{10,7} + 0,068 \times 2,67 + 0,29 \times 4 + 4 = 27,9$

$H_1 = N - H_m$   
 $H_1 = 27,9 - 3 = 24,9 \text{ м}$ .

Проверка достаточности  $N$  для  $D_0$ :

$$D_0 > \frac{d(h-a)}{D(0,063d+0,29a)} = \frac{2,64(9,2-5)}{10,7(0,063 \times 2,64 + 0,29 \times 4)} = 0,785.$$

$D_0$  факт. = 1,408 км.

4. Проверка максимального вертикального угла зрения  $\alpha$ , под которым будут устремляться огни в какой-либо точке  $x$  створа:

$$\alpha_{\text{max}} = \frac{3,44 \left( \sqrt{H_1} - \sqrt{h} \right)^2}{d}$$

$H_1 = N - a = 27,9 - 5,0 = 22,9$   
 $h_1 = h - a = 9,2 - 5,0 = 4,2$

$$\alpha_{\text{max}} = \frac{3,44 \left( \sqrt{22,9} - \sqrt{4,2} \right)^2}{2,64} = 9,6$$

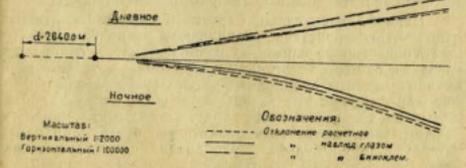
$x$  — расстояние точки  $x$  от переднего маяка

$$x = \frac{d \sqrt{h}}{\sqrt{H_1} - \sqrt{h}}$$

$$x = \frac{2,64 \sqrt{4,2}}{\sqrt{22,9} - \sqrt{4,2}} = 1,98 \text{ км}.$$

- Условные обозначения, принятые в расчете:
- $D_1$  — длина ходовой части створа в км;
  - $D_2$  — расстояние от ближайшей точки ходовой части до первого маяка в км;
  - $D$  — расстояние от наиболее удавленной точки ходовой части створа до первого маяка в км;
  - $d$  — междустворное расстояние в км;
  - $r$  — наибольшее допустимое уклонение от оси створа в м;
  - $h_m$  — возвышение основания переднего маяка в м над наивысшим горизонтом воды в бьефе;
  - $a$  — высота глаза судоводителя в м над горизонтом воды;
  - $h_0$  — возвышение над горизонтом воды точки, видимой с расстояния  $D$  при высоте глаза наблюдателя  $a$ ;
  - $h_1$  — высота переднего маяка в м над основанием;
  - $h$  — высота переднего маяка в м над наивысшим горизонтом воды;
  - $H$  — высота заднего маяка в м над наивысшим горизонтом воды;
  - $H_1$  — высота заднего маяка в м над основанием;
  - $H_m$  — возвышение основания заднего маяка в м над наивысшим горизонтом воды.

Данные опытов  
 Опыты над иваньковскими створами проводились на макете М 1:100 диаметром и высотой.



Фиг. 11

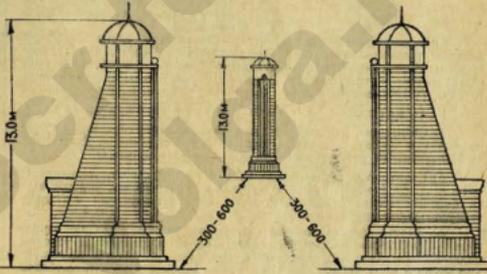
Наблюденные данные помещены на графике отклонения (фиг. 11) Устья канала, где трасса проходит через водные пространства с широким зеркалом воды, можно подразделить на два вида:

- а) участки озерные, с фарватером, проходящим по естественному водоему;
- б) участки озерные, с фарватером, проходящим через плес, но в прорез.

Первые участки не представляют особых затруднений в смысле устройства на них обстановки. На этих участках можно ограничиться применением обычного створа огней с обозначением близлежащих опасностей и тоек сопряжения створов буями, красными и белыми соответственно правой и левой стороне течения канала.

Вторые участки представляют собой весьма большие сложности в обстановке пути ввиду того, что подводные прорезы являются самой большой опасностью для судоходства и должны быть так ограждены, чтобы гарантировать суда от попадания на них.

На этих участках применяются щелевые створы (фиг. 12). Точки поворотов или сопряжений створов обозначаются соответствующими буями. Вход в искусственный канал из водохранилища обозначается парными опознавательными знаками (фиг. 13 и 14) с автономным питанием от огней для цели обеспечения входа судна с водохранилища в канал в случае аварии в сети освещения и, следовательно, отключения створа. Вход с водохранилища в канал в описанных выше условиях и при соблюдении известных предосторожностей — вполне возможен.



Фиг. 12

г) Шлюзы и заградительные ворота

1. Сигнализация, устанавливаемая на шлюзе, разделяется на две группы:

- а) сигнализация, ограждающая суда от попадания на препятствия (обстановка пути);
- б) сигнализация, разрешающая вход и выход в камеру и из камеры шлюза (путевая сигнализация).

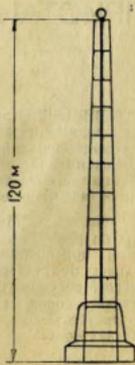
К первой предъявляются требования обстановки пути те же, что и на всех остальных участках канала; ко второй группе предъявляются следующие требования:

1. Вход судна из камеры может быть разрешен только при опущенном сегментном затворе или открытых воротах, смотря по тому, в какую сторону шлюзуется судно. Этот сигнал одновременно является разрешением судну следовать дальше из шлюза в соответствующий бьеф канала.
2. Вход судна в камеру может быть разрешен только при опущенном сегментном затворе или открытых воротах, при чем, при отсутствии этого условия, разрешающий сигнал не может быть подан, что достигается соответствующей блокировкой в схеме управления сигналами.

3. Выше и ниже шлюза устанавливаются сигналы (светофоры дальнего действия), разрешающие или запрещающие слежение судна из бьефа к шлюзу, с лучом, направленным в сторону бьефа. Сигналы даются от рук. Сигнал должен быть виден на большое расстояние. Все запрещающие сигналы шлюза включаются автоматически с закрытием ворот, а разрешающие — только дежурным персоналом шлюза по его усмотрению.

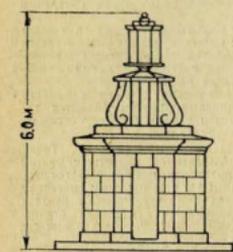
4. Ошибочно позванный сигнал разрешения может быть в любой момент переведен на сигнал запрещения.

5. Сигналы разрешения и запрещения подхода судна к шлюзу (светофор дальнего действия) из соответствующего бьефа должны быть видны отчетливо днем и ночью на расстоянии двух километров от голов шлюза.



Фиг. 12-а

6. Сигналы, разрешающие вход судна в камеру шлюза, с дучом, направленным в сторону бьефа, должны быть видны на расстоянии 0,3 км от места их установки. Сигналы внутри камер шлюза обеспечивают их видимость в пределах камеры.



Фиг. 1

7. Установка сигналов в отношении вертикального угла зрения обеспечивает их видимость с любой точки траектории, начиная с дистанции 20 м от сигнала и далее, при подвесе их на высоте от 2 до 8 м от горизонта воды.

II. Выбор значности и типов сигнальной аппаратуры.

В связи с приведенными техническими заданиями для путевой сигнализации, выбраны следующие огни:

- а) В отношении значности: 1) на подходах к шлюзу и внутри камер трехзначные огни с зеленым—разрешающим, красным—запрещающим, и желтым—предупреждающим сигналами; 2) для ограничительных огней внутри камер—однозначные красные огни;

б) В отношении вида: для путевой сигнализации взяты светофоры железнодорожного типа, снабженные линзами Френеля, как лучшим образом удовлетворяющими условиям видимости. Для обстановочной сигнализации внутри шлюзов применяются вертикальные газосветные трубки, установленные в нише парапета, с дучом в сторону шлюза.

III. Расстановка светофоров и высота подвеса.

а) Светофоры, разрешающие или запрещающие следование судна из бьефа к шлюзу, устанавливаются с правой стороны по ходу судна за бечеником на расстоянии около 400 м от головы шлюза.

б) Светофоры, разрешающие вход в камеру шлюза, устанавливаются у ворот камеры с правой стороны на крошечных, укрепленных на боковых стенах буюд механизмов, либо встраиваются в парапет бажоводов управления.

в) Высота подвеса фонарей светофоров, разрешающих или запрещающих следование из бьефа к шлюзу, в 8,5 м, определяется из условий видимости сигналов при освещенном шлюзе (высота подвеса светильников около 6 м от уровня земли) и условия видимости их на расстоянии в 2 км от места установки.

г) Высота подвеса фонарей светофоров, разрешающих или запрещающих следование в камеру (устанавливаемых у ворот), принята в 3 м, так как малая дистанция их действия не вызывает опасения за нарушение видимости их при наличии освещения в шлюзе.

д) Ограничительные сигналы—красные огни внутри камер шлюза по обоим сторонам для указания линии остановки форштевя

и хвостовых судна в камере шлюза—расположены на расстоянии 5 метров от оси вращения сегмента (для верхней головы) и линии конца швартов поворотного ворот (для нижней головы); высота установки на 1 метр выше наибольшего горизонта воды в шлюзе.

Основные требования к схеме:

1. Разрешающие сигналы—входа в камеру или выхода из камеры—могут быть поныи только при опущенном сегменте при шлюзовании сверху, или при открытых воротах при шлюзовании снизу. Начало работы сегмента или ворот должно исключать возможность подачи разрешающего сигнала, и автоматически должен зажаться запрещающий сигнал.

2. Сигнал разрешения должен подаваться от руки.

3. Сигнал разрешения или запрещения на следование судна из бьефа к шлюзу (в зону причальной линии) подается вне зависимости от положения ворот от руки.

4. Схема должна предусматривать возможность перевода сигнала разрешения на сигнал запрещения в любой момент.

5. Блокировка между сигналами светофоров верхней и нижней голов шлюза отсутствует в силу того, что механическая часть голов блокирована между собой, и одновременно не может быть поан сигнал разрешения с обеих бьефов.

IV. Заградительные ворота.

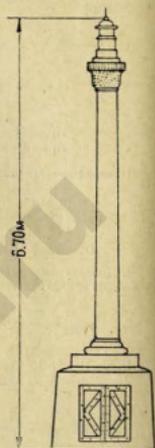
Сабажогами светофорами дальнего действия—двухзначными—по обе стороны ворот. Закрытие ворот автоматически включает красные огни, запрещающие прохода. Зеленые огни, разрешающие прохода, включаются при открытых воротах от руки. Требования блокировки управления те же, что и для светофоров шлюзовых ворот.

е) Мосты и плотины

Мосты обозначаются в центрах пролетов зелеными двоясными фонарями с обеих сторон моста, помещенными на круглых желтых щитах для обозначения оси судового хода днем и ночью.

На бетонных плотинах у водоспусков устанавливаются лицевые фонари флюгелетного вида, указывающие запретную зону для судоводов.

В приведенной статье даются только общие принципиальные положения по вопросу обстановки пути канала Москва—Волга, при чем в основных своих частях эти положения уже проверены опытным путем. Описание устройств электроаппаратуры и установки ее на трассе будет нами дано в последующих статьях.



Фиг. 14

## ПРИСТАНИ НА КАНАЛЕ МОСКВА-ВОЛГА

II. А. ПОМОРЦЕВ

ГЛАВНЕЙШЕЙ задачей судоходства является перевозка по водным путям грузов и людей, состоящая из двух крупных операций: 1) собственно перевозок на судах и мепропий для ее осуществления (устройство причалов, обстановка, сигнализация), и 2) собственно погрузочных операций (перемещение грузов из судов в склады и обратно).

На канале Москва-Волга для совершения перегрузочных операций устраивается ряд оборудованных специальными приспособлениями пунктов—пристаней, которые должны будут перерабатывать свою долю грузооборота всего Московского порта и в то же время будут представлять собою архитектуру законченные сооружения, соответствующие всему комплексу сооружений канала Москва-Волга.

Пристань „Волга“ при входе в канал располагается в аванпорте неподалеку от входа в канал и предназначается главным образом для пассажирских операций; площадка

этой пристани будет художественно оформлена соответственно значению всего сооружения; устроенная у откосов канала пристань будет иметь плочувый причал более удобный ввиду значительных колебаний горизонта воды в этом месте,—поэтому и высадка пассажиров и выгрузка багажа будет производиться на лебкерлер—баржу с соответственными вокальными надстройками.

Первой значительной грузовой пристанью канала надо считать пристань „Запрудню“, расположенную на восточной стороне канала на 25-ом километре от входа в канал, в районе тяготения г. Талдома, а также двух крупных местных предприятий: стекольного завода и фарфоровой фабрики; эти заводы получают с канала необходимый им кварцевый песок, соду, алебастровый камень, а также разные другие грузы, которые будут приходить частью в таре (сульфат, удобрения, с.-х. грузы), частью же в открытых баржах (лесоматериалы). Шпатель, кварц, алебастровый камень, кварцевый песок и лесоматериалы

терналы будут прибывать на пристань с вожских и других карьеров на открытых баржах и подлежат выгрузке и хранению на открытой территории.

Продовольствие, ширпотреб, посуда, сода, сульфаты, бумага, удобрения и сельскохозяйственные грузы будут прибывать в мешках или кулах, в бочках, а пресованное сено — в кипах, и будут храниться в крытых складах.

Ориентировочно грузооборот пристани в 1937 г. намечен в 15 тыс. т, а в 1942 г. — в 25 тыс. т.

Площадь территории пристани имеет 5000 м<sup>2</sup> и на ней возведены склад для штучных грузов, навес для леса и алебастрового камня и пассажирский павильон с кассой; все складочные здания красивой архитектуры, и по высоте окаймляются ушренными площадками (рампами) вокруг зданий для облегчения перегрузочных операций, которые будут производиться посредством двух жесткокожкранов-дерриков грузопъемностью в одну тонну, так как всякое другое оборудование будет менее выгодно с точки зрения стоимости перегрузки одной тонны груза при сравнительно незначительном грузообороте пристани. Один кран будет обслуживать склад, другой — навес; суточная производительность каждого из этих кранов может быть доведена до 240 т. Суда устанавливаются под кранами-дерриками, которые захватывают груз посредством площадок или ящиков и относят на нужное место в складе.

Второстепенные перегрузочные операции производятся с такими навалочными грузами, как цемент и кварцевый песок, и частично со штучными грузами — помощью двух катучих ленточных перегрузателей, производительностью каждый в 540 т в сутки при 18 часа работы. Перемещение грузов внутри складов будет производиться вручную на двухколесных тележках и на твинвейерах.

Для проведения в действие всех перегрузочных механизмов требуется электроэнергия до 30 квт, которая будет подана по подземным проводам.

Технический персонал по обслуживанию пристани будет размещен в расположенном неподалеку от пристани двухэтажном жилом здании, устроенном со всеми удобствами и расположенном наиболее выгнршно на возвышенности вблизи самой пристани, в красивом зеленом окружении.

Пристань "Торфяная" расположена на западной стороне канала на 38 километре от входа в канал в районе крупных торфоразработок Дьяково-Петровских торфяных болот, разделяемых каналом на две части. Торфоразработки в районе, примыкающем к пристани, будут направлять свою продукцию через пристань Торфяную вниз по каналу для снабжения этим низкосортным топливом различных предприятий Московской области. Для сообщения через канал — неподалеку от пристани устраивается паромная переправа для гужевого движения и автотранспорта и для пешеходов.

Грузооборот пристани Торфяной предположительно в 1937 г. составит до 34.000 т, а в 1942 г. — свыше 50.000 т, при чем это количество значительно может возрасти в зависимости от эксплуатации этих торфоразработок Главторфом.

Площадь территории пристани равна 10400 м<sup>2</sup>, и на ней располагаются склад и навес для штучных грузов. Этим зданиям придан приятный архитектурный облик; устроенные над ними втеритивные крыши придают им особенно нарядный вид.

Погрузка торфа, поступающего с торфоразработок в штабеля на территории пристани, будет производиться посредством двух стационарных ленточных транспорте-

ров, расположенных между штабелями и подающих торф в судно при помощи двух катучих ленточных транспортеров.

В дальнейшем, при развитии грузооборота пристани и уточнении способов транспортировки торфа с торфоразработок, погрузка торфа будет производиться посредством конвейерной ленты, проходящей по эстакаде, с которой торф по лоткам будет поступать прямо в судно.

Продукты сельского хозяйства, продовольствие, грузы и ширпотреб будут доставляться в мешках, кулах, ящиках и бочках, сено — пресованное в кипах, и будут выгружаться или помощью тех же катучих транспортеров, или вручную, так как установка более дорогих мехперегрузателей нерентабельна при сравнительно незначительном грузообороте этого рода грузов.

Общая потребность в электроэнергии определяется в 14 квт, не считая расхода энергии на электрическое освещение.

Центральная пристань канала "Дмитров", расположенная на 68 километре от начала канала, предназначена для обслуживания всего Дмитровского района, в котором находятся промышленные предприятия: два механических завода, перчаточнотрикожная фабрика и около 40 мелких кустарнокооперативных предприятий. Здесь имеются перспективы отправки сельскохозяйственных грузов по каналу, а также гравия, булыги и трепела с прилегающих к г. Дмитрову карьеров.

Общий грузооборот пристани Дмитров намечен в 86500 т для 1937 года и в 131500 т для 1942 г.; пассажирооборот ожидается до 10.000 тыс. чел. в навигацию. Для переработки такого довольно значительного количества груза площадь территории пристани Дмитров составляет 14000 м<sup>2</sup>, при чем из них на грузовую пристань падает до 8500 м<sup>2</sup> и на пассажирскую 5500 м<sup>2</sup>.

На этой территории устроено крытое складочное помещение площадью 330 м<sup>2</sup> и пассажирский павильон-вокзал площадью 440 м<sup>2</sup>, где пассажиры могут с удобством отдохнуть в ожидании прихода пассажирских судов. Выход из пассажирского павильона на Рогачевскую улицу оформляется в виде колоннады, и неподалеку от пристани среди зеленых насаждений поставлены жилой дом с конторой для технического персонала, дом для служащих обстановки и другие хозяйственные и служебные здания.

Выход с пристанской территории запретирован и непосредственно на Рогачевскую улицу.

Подача гравия, булыги и др. навалочных грузов с берега в судно будет осуществляться двумя моторными гусеничными кранами посредством грейферов из штабелей, расположенных вблизи причальной линии.

Другие грузы (сельскохозяйственные, трепел в таре) доставляются к кордону пристани на электрокарах с прицепами тележками, а выгрузка соли, удобрений, продовольствия и ширпотреба, прибывающих в таре, будет производиться на пристань теми же моторными гусеничными кранами посредством различных захватных приспособлений (деревянных площадок, раскрывающихся бадей ящиков и др.); перемещение грузов внутри склада производится вручную на двух- и четырехколесных тележках и твинвейерах.

Пристань "Якром" расположена на 62 км от канала. Основным грузополучателем будет Якрская текстильная фабрика, для которой предполагается подавать в 1937 году 20.000 тонн торфа водою в открытых баржах с пристани Торфяная, затем до 10.000 тонн дров для снабжения рабочих фабрики дровами и, наконец, до 1.500 тонн дело-

вой древесины, и прочих грузов (хлопок и др.) до 2000 тонн; для отправления будет предвзяты на пристани Яхрома продукция фабрики в виде сурьва, идущая на расположенные по р. Москве фабрики: Трехгорную, Ситцеваивную и Саярдовскую.

В общем грузооборот пристани Яхрома составит в 1937 г. до 39.000 тонн, состоящих в основном в получении торфа и дров; в 1942 г. грузооборот дойдет до 50.000 тонн, т. е. увеличится прибытие этих основных грузов и прибытие и отправление остальных грузов.

Перегрузка торфа, дров, леса и прочих грузов производится двумя моторно-гусеничными кранами грузоподъемностью от двух до шести тонн, производительностью 25 тонн в час; торф и дрова через особый бункер транспортируются по стационарному ленточному транспортеру возвышенного типа, с которого сбрасываются на открытые площадки, расположенные по обеим сторонам склада, находящегося в расстоянии 12 м от причальной линии.

Перемещение стучных грузов внутри складов производится на твинверях или вручную на двухколесных тележках, а укладка в штабеля—специальными штабелеукладчиками; таким же путем происходит погрузка из склада на транспортные средства.

Выгрузка из судна торфа производится кранами помощью грейферов, а стучных и тарных грузов—посредством стропов и площадок.

Площадь территории пристани Яхрома составляет 14600 кв. метров, из них грузовой территории 8600 м<sup>2</sup> и пассажирской территории 6000 м<sup>2</sup>. На пристани устроены крытый склад площадью 300 м<sup>2</sup>, пассажирское здание площадью 440 м<sup>2</sup> и двухэтажный жилой дом с конторой. Все эти здания своим внешним оформлением связываются в одно целое с водной территорией канала и с зелеными насаждениями в виде парка и аллей на территории пассажирского павильона.

На 81 километре от начала канала на восточном берегу расположена пристань „Икша“, расположенная на берегу Икшанского водохранилища. В районе этой пристани находятся значительные месторождения гравия, который и будет основным грузом для этой пристани. Грузооборот этой пристани предположен на 1937 г. в 42.000 т, а на 1942 г.—112.800 т; в основном увеличение грузооборота падает на рост вывоза гравия с 350.000 т в 1937 году до 100.000 т в 1942 году. Остальные грузы будут состоять из сельскохозяйственных грузов и удобрений.

Гравий поступать будет на грузовую пристань с карьеров по узкоколейной или по подвесной жел. дороге и будет разгружаться на отведенной открытой площадке пристани непосредственно в штабеля. Погрузка гравия с берега в трюмы судов будет производиться двумя стационарными и двумя катучными транспортерами; в дальнейшем при развитии грузооборота погрузка гравия в суда будет производиться конвейерной лентой, проходящей по высокой эстакаде, откуда по лоткам гравий пойдет прямо в трюмы судов.

Пристань „Пирогово“, расположенная на восточном конце Клязьминского водохранилища, предназначена для обслуживания прилегающей Мытищенско-Щелковско-Болшевской группы промышленных предприятий. Общий

грузооборот этой пристани (химгрузы, лесоматериалы и пр.) намечается пока в самых ориентировочных цифрах в 15.000 т на 1937 г. и 120.000 т на 1942 г.

С судов в склад-навес груз будет передаваться при помощи двух жесткоконых кранов-деревков грузоподъемностью в одну тонну, перекидывающих вылетом своих стрел баржу и подающих груз прямо на рампу склада посредством площадок, ящиков, контейнеров и др. захватных приспособлений. В дальнейшем при увеличении грузооборота и увеличении числа складов вместо кранов-деревков должны быть устроены гусеничные или порталные краны, а перемещение грузов будет происходить на электрокарах с прицепами тележками.

Как на всех грузовых пристанях для внутрискладских предприятий и для трючных работ в баржах, на пристани Икша предложена установка транспортера-твинвейера, состоящего из двух спиральных труб, приводимых в действие специальной приводной станцией с мотором, смонтированной на двухколесной тележке в виде тачки, что позволит легко передвигать секция твинвейера длиной по 24 м с одного места на другое.

Склад-навес на пристани Пирогово спроектирован в очень удачной конструкции, совмещающей в себе одновременно и склад и навес, при чем последний архитектурно обработан в виде изящной колоннады.

Пассажирской пристани особой здесь не устраивается, и в дальнейшем при развитии пассажирооборота место пристани намечено в некотором отдалении по близости к платине. Также возле платины расположен и двухэтажный жилой дом с конторой.

В заключение характеристики пристаней канала Москва-Волга остается еще упомянуть о пассажирской пристани „Влахерская“, расположенной на 66 километре от начала канала на западной стороне его и рассчитанной на пассажирооборот 10.000 человек. Эта пристань отличается своим выгодным положением в гористой местности, служащей издавна любимым местом прогулок для жителей г. Дмитрова. Пассажирское здание обработано в легких и стройных формах, и на фоне окружающей природы создает бодрое и жизнерадостное настроение у посетителей пристани.

Перечень пристаней канала Москва-Волга будет исчерпан, если упомянуть еще о трех основных пунктах: „Мельдино“ на 13 километре канала, „Черная“ на 84 километре—возле пристани Икша, и „Хлебниково“ на 113 километре канала. Эти основные пункты представляют собою небольшие пристани с небольшим размером грузооборота и будут служить теми новыми пунктами, возле которых станет развиваться местная промышленность.

Неподалеку от каждой пристани будут расположены паромные переправы, служащие для передачи с одного берега канала на другой пассажиров и авто и гужтранспорта, устроенные в тех местах, где экономика прилегающего района не позволяет еще приступить к устройству мостов.

Хорошее наружное освещение причального фронта, а также хорошая освещенность проездов дорог, ведущих к прилегающим местным предприятиям, будут обеспечены специальными прожекторными установками и фонарями.

# ГЛАВНЕЙШИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ПУТИ РЕШЕНИЯ ОСНОВНЫХ ЗАДАЧ ГЕОТЕХНИКИ

Целью настоящей статьи является ознакомление широких кругов проектировщиков с константами физико-механических свойств грунтов и приемами их применения для решения геотехнических задач.

При проектировании гидротехнических сооружений возникает, обычно, и много и достаточно сложных вопросов, связанных с геотехникой. Большинство из них или не освещено в литературе совсем, или не имеет достаточно полного разрешения. Не претендуем на полное решение этих вопросов в количественном отношении и настоящая работа; однако, возможно, широкий охват рассматриваемых задач и приемы комплексного их разрешения помогут проектировщику более сознательно подходить к проектированию сооружений в их геотехнической части, наряду с применяющимися утвержденными техническими условиями и нормами.

Приводимый ниже материал дает преимущественно лишь общее освещение ряда геотехнических задач, подробное же изложение каждого из затронутых здесь вопросов будет дано в последующем.

Автором настоящей статьи является коллектив Геотехнического отдела МВС; непосредственное участие в работе принимали инженеры: В. Д. ЦЫПЛАКОВ, В. Г. ЛПАЛОВ, Н. С. НЕСТЕРОВ, Н. К. РАБОТНОВ, Е. С. ЛОВЕЦКИЙ и М. М. СОКОЛЬСКИЙ.

Инженер В. Н. МАСЛОВ

Основные константы грунтов и числовые зависимости между ними

ГРУНТ может находиться в состояниях: 1) трехфазном (твердое вещество + вода + воздух); 2) двухфазном — сухой грунт (твердое вещество + воздух); 3) двухфазном — грунтовой массы (твердое вещество + вода).

Обычно воздух содержит лишь верхние растительные слои грунта. С углублением количество воздуха уменьшается, и уже на сравнительно небольшой глубине грунта находится в состоянии грунтовой массы. Поэтому строители имеют дело главным образом с третьим из перечисленных выше случаев состояния грунта — двухфазным, в виде грунтовой массы, пренебрегая наличием в грунте небольшого % воздуха.

В дальнейшем изложении под термином „объем грунта“ подразумевается объем частиц и объем пор вместе.

1) Удельный вес грунта  $\Delta$  есть отношение веса частиц грунта к весу воды в объеме, занимаемом самими частицами.

2) Объемный вес грунта  $\gamma$  есть вес грунта и воды, находящейся в порах, в объеме  $1 \text{ м}^3$  при определенном состоянии грунта (естественное состояние, состояние грунтовой массы под заданным давлением или при заданной порозности и т. д.).

3) Вес скелета в единице объема  $\delta$  есть вес твердых частиц при определенном состоянии грунта.

4) Порозность грунта в долях единицы объема  $n$  есть число, показывающее объем пор в единице объема грунта. Следовательно, содержание твердых частиц  $= (1-n)$ . Порозность может быть также выражена в %.

5) Коэффициент порозности  $\epsilon$  есть отношение объема пор к объему скелета. Таким образом:

$$\epsilon = \frac{n}{1-n} \text{ и } n = \frac{\epsilon}{1+\epsilon} \dots \dots \dots (1)$$

6) Исходя из этих данных, можно получить зависимость между удельным весом, весом скелета в единице объема и порозностью:

$$\delta = \Delta (1-n) \dots \dots \dots (2)$$

$$n = \frac{\Delta - \delta}{\Delta} \dots \dots \dots (3)$$

откуда:

Подставляя в формулу (2) выражение  $n$  через  $\epsilon$ , получаем:

$$\delta = \frac{\Delta}{1+\epsilon} \dots \dots \dots (4)$$

7) Весовая влажность грунта  $W$  есть отношение веса воды в порах к весу скелета.

Зависимость между весовой влажностью и порозностью при полном насыщении пор водой:

$$W_0 = \frac{n}{(1-n)\Delta} = \frac{\epsilon}{\Delta} \dots \dots \dots (5)$$

8) Коэффициент насыщения  $G$  есть число, показывающее отношение действительной влажности грунта к его предельной влажности, в состоянии грунтовой массы:

$$G = \frac{W}{W_0} = W \cdot \frac{\Delta}{\epsilon} = \frac{W\Delta}{\epsilon} \dots \dots \dots (6)$$

$G$  может быть выражен в долях единицы и в %.

9) Объемная влажность грунта  $W_n$  есть объем воды, заключенной в 1 куб. единице грунта.

Вес этой воды равен  $W_n \cdot 1$

Так как отношение веса воды к весу скелета есть весовая влажность

$$W = \frac{W_n \cdot 1}{\delta} \text{ то } W_n = W \cdot \delta \dots \dots \dots (7)$$

10) Пластичностью называется свойство грунта изменять под влиянием усилий свою форму без изменения объема и без разрушения материала и сохранять ее после удаления нагрузки.

11) Верхний предел пластичности (по Атербергу) или нижний предел текучести  $F$  определяется обычно по методу Охотина или методу Казагранда.

По определению Охотина предел текучести есть такая весовая влажность грунта, при которой края грунта, разделенного бороздой, шириною в 2 мм, слипаются на высоту в 1 мм при ударе чашки с грунтом о жесткую подставку после падения с высоты 40 см.

По определению Казагранда это есть та влажность, при которой слипаются края грунта при 25 ударах чашки с грунтом о твердую подставку, при высоте падения 1 см и при частоте ударов — 2 удара в секунду.

12) Нижний предел пластичности (по Атербергу) или предел выкатывания  $A$  есть такая весовая влажность грунта, при которой нить из грунта толщиной 3 мм при раскатывании начинает разрываться на части — крошиться.

13) Число пластичности  $\Phi$  характеризует тот диапазон влажности, в пределах которого грунт обладает пластическими свойствами:  $\Phi = F - A$ .

Число пластичности служит показателем степени глинистости грунта.



Таблица пластичности грунтов

Наименование грунтов	A	F	Ф
Глина	22-50	44-100	22-50
Суглинок	16-22	26-44	10-22
Супесь	18-16	19-26	1-10
Песок	—	В сред. 20	0

14) Консистенцией грунта называется его состояние, характеризующееся количеством заключенной в нем влаги. Аттерберг различает следующие формы консистенции:

- а) твердая при  $W < A$
- б) туго-пластичная при  $A + \frac{\Phi}{4} > W > A$
- в) мягко-пластичная  $A + \frac{\Phi}{2} > W > A + \frac{\Phi}{4}$
- г) очень мягко-пластичная  $A + \frac{3}{4}\Phi > W > A + \frac{\Phi}{2}$
- д) текуче-пластичная  $F > W > A + \frac{3}{4}\Phi$
- е) текучая при  $W > F$ .

Понятие о консистенции относится к связным грунтам (глины, суглинки, супеси), для которых число пластичности не 0.

Для несвязных грунтов (пески), где число пластичности = 0 и которые не могут находиться в пластическом состоянии, понятие консистенции не имеет места.

15) Действующий диаметр  $d_w$  определяется тем условием, что общий вес зерен с диаметром меньше  $d_w$  составляет 10% всего веса грунта.

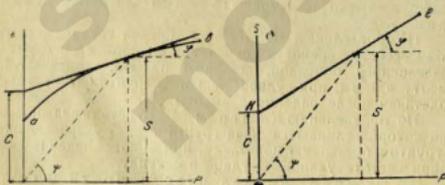
16) Угол внутреннего сопротивления скольжению (угол сдвига) есть угол, тангенс которого равен отношению силы, срезающей грунт, к силе, сжимающей его.

$$\text{Таким образом: } K = tg \psi = \frac{S}{P}$$

Физическая сущность сопротивления сдвигу еще не совсем ясна.

В общем случае сопротивление сдвигу определяется: 1) сцеплением, которым обладает грунт под водой при наличии сжимающей его силы  $P$ , и 2) трением между частями грунта.

Зависимость силы сдвига  $S$  от нагрузки  $P$  может быть в общем случае представлена кривой  $ab$ , изображенной на фиг. 1.



Фиг. 1

Фиг. 2

Согласно теории Кулона эта зависимость выражается некоторой прямой ( $KI$ , фиг. 2), не проходящей через начало координат, и аналитически может быть представлена в виде:

$$\begin{cases} S = P tg \varphi + C \\ \text{или } S = \frac{P}{f} + C \end{cases} \dots (8)$$

где  $f = tg \varphi$  — коэффициент внутреннего трения и  $C$  — сцепление принимаются постоянными, независщими от нагрузки.

Опыты зависимости Кулона в общем случае не подтверждается, но численно, в области нагрузок, больших  $1 \text{ кг/см}^2$ , дает удовлетворительные результаты.

Для определения угла сдвига по Кулону аналитически и, необходимо разделить обе части уравнения (8) на  $P$ . Тогда:

$$\frac{S}{P} = f + \frac{C}{P} = K \dots (9)$$

Зная  $f$  и  $C$ , находим  $K = tg \psi$ ,  $\psi = arc tg K$ , соответственно заданной нагрузке  $P$ ;  $S$ ,  $P$  и  $C$  выражаются в  $\text{кг/см}^2$  или в  $\text{т/м}^2$ .

17) Понятие о статическом и гидродинамическом угле внутреннего сопротивления скольжению (угле сдвига).

В лаборатории угол сдвига определяется в условиях равновесия внешней, сжимающей образец грунта, силы и внутренних сил, при некоторой определенной, отвечающей данному давлению, влажности, когда осадка от действия внешней силы прекращается. Угол сдвига, определенный в таких условиях, называется статическим ( $\psi_{\text{стат}}$ ).

Угол сдвига, определенный в условиях избыточной, в сравнении с соответствующей внешнему давлению, влажности, называется гидродинамическим ( $\psi_{\text{гидр}}$ ). Такое название объясняется тем, что вода, заключенная в грунте, в период, пока не достигнуто равновесие между внешними и внутренними силами, находится в движении.

На гидродинамический эффект влияет ряд обстоятельств: из них в первую очередь нужно отметить влажность. С ее повышением гидродинамический эффект возрастает, т. е. отношение

$$\frac{tg \psi_{\text{гидр}}}{tg \psi_{\text{стат}}} = \frac{K_{\text{гидр}}}{K_{\text{стат}}}$$

убывает.

Далее то же явление имеет место при понижении коэффициента фильтрации.

Наконец, гидродинамический эффект повышается по мере возрастания разницы между конечной и начальной нагрузками ( $P_{\text{кон}} - P_{\text{нач}}$ ).

В общем виде формула гидродинамического эффекта может быть выражена:

$$tg \psi_{\text{гидр}} = \mu \cdot tg \psi_{\text{стат}} \dots (10)$$

Предельные значения  $\mu$  соответствуют определенным типам грунтов в определенном состоянии.

1)  $\mu = 1$  — отсутствие гидродинамического эффекта будет иметь место при наличии одного из следующих условий:

а) При  $P_k = P_n$ , когда, следовательно, установившееся равновесие в грунте не нарушается.

б) При очень больших значениях коэффициента фильтрации, соответствующих пескам, когда вода имеет свободу передвижения. В качестве предельно большого значения  $k$ -та фильтрации, при котором гидродинамические явления прекращаются, принято значение  $K = 0,01 \text{ см/сек}$ .

в) При низких влажностях, когда поры грунта частично заполнены воздухом, и, следовательно, вода имеет свободный выход в поры.

За предельно-малую влажность, при которой гидродинамические явления прекращаются, принято  $0,75 W_{\text{крит}}$ . Критическая влажность  $W_{\text{крит}}$  равна пределу вытеснения для связных грунтов и  $0,75$  предела текучести для несвязных.

2)  $\mu=0$ —полная гидродинамика отвечает совместному наличию следующих условий:

а) Грунт имеет достаточно малый коэффициент фильтрации. В качестве такого предельно-малого коэффициента принимается  $-0,01 \text{ см/сек}$ .

б) Влажность этого грунта должна быть на пределе текучести:  $W=F$ .

в) Начальное давление равняется нулю:  $P_n = 0$ .

Поставленным выше предельным условиям удовлетворяет формула:

$$\mu = 1 + \sqrt{\frac{P_n - P_n}{P_n} \cdot \frac{2 + \lg k}{7} \cdot \frac{W - 0,75 W_{сп}}{1,25 W_{сп}}} \quad (11)$$

Здесь:

$P_n$  — нагрузка, обуславливающая начальную порозность грунта;

$P_n$  — нагрузка, обуславливающая конечную порозность его; то и другое в  $\text{кг/см}^2$ ;

$\lg k$  — десятичный логарифм  $k$ -та фильтрации  $k$  ( $k$  — в  $\text{см/сек}$ );

$W$  — начальная влажность грунта;

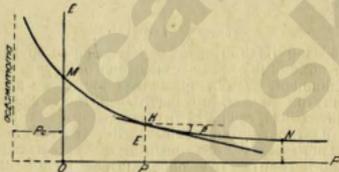
$W_{сп}$  — критическая влажность, равная для связных грунтов пределу выкатов  $A$ , а для несвязных грунтов  $0,75 F$ , где  $F$  — предел текучести.

Корень кубический взят из тех соображений, чтобы, для среднего грунта в средних условиях влажности и давления,  $\mu$  имело среднее значение между 0 и 1, т. е. равнялось 0,5.

Значение коэффициента  $\mu$  можно снимать с соответствующей номограммы (фиг. 18).

Приведенный прием количественного учета гидродинамического эффекта, будучи лишь оценочным, позволяет тем не менее установить порядок цифр рассматриваемого явления.

18) Компрессионная кривая  $MN$  выражает зависимость между давлением  $P$  и коэффициентом порозности  $e$  (фиг. 3).



Фиг. 3

Уравнение этой кривой может быть представлено в виде:

$$e = A - B \ln(P + P_c) \quad (12)$$

где  $A$ ,  $B$  и  $P_c$  суть некоторые постоянные для данного грунта числа, определяемые из данных опыта\*).

Для несвязных грунтов, которые могут быть получены только в нарушенной структуре, нужно иметь ветви нагрузки, разгрузки и вторичной нагрузки, при начальной влажности массы, отвечающей естественной порозности.

Первая нагрузка должна соответствовать давлению, отвечающему естественным условиям залегаания грунта и равному  $\gamma H$ , где  $\gamma$  есть средний объемный вес грунта,

залегающего выше точки взятия образца, а  $H$  — глубина залегаания образца в естественных условиях.

Геотехническим отделом разработан альбом компрессионных кривых в зависимости от естественной порозности грунта, верхнего предела и числа пластичности. С помощью этого альбома, располагая вышеперечисленными константами грунта, можно получить компрессионную кривую помимо опыта, камеральным путем.

Модуль упругости грунта  $E$ , соответствующий давлению  $P$ , есть предел отношения:

$$E = \lim \left[ \frac{\Delta P}{\Delta \varepsilon} \right]_{\Delta \varepsilon \rightarrow 0} = \frac{dP}{d\varepsilon} = ctg \beta \quad (\text{Фиг. 3})$$

Коэффициент уплотнения  $\alpha$ , соответствующий тому же давлению, есть предел отношения:

$$\alpha = \lim \frac{\Delta \varepsilon}{\Delta P} = \frac{d\varepsilon}{dP} = tg \beta$$

Очевидно, что  $E = \frac{1}{\alpha}$ .

Из уравнения компрессионной кривой имеем:

$$\frac{d\varepsilon}{dP} = \alpha = - \frac{B}{P + P_c} \quad (13)$$

или по абсолютной величине:  $\alpha = \frac{B}{P + P_c}$ , откуда:

$$E = \frac{P + P_c}{B} \quad (14)$$

Таким образом, модуль упругости изменяется в зависимости от давления по закону прямой (фиг. 4).

Модуль упругости характеризует жесткость грунта: чем больше  $E$ , тем больше жесткость.

19) Коэффициент фильтрации  $k$  есть скорость прохождения воды сквозь массу грунта при градиенте, равном единице. Он имеет размерность скорости:  $\text{см/сек}$  или  $\text{м/сут}$ . Определение коэффициента фильтрации производится или на приборе Тима—Каменского, усовершенствованном Н. Г. Кудрявцевым, без давления, при порозности, соответствующей максимальному разбуханию, или на приборе Терраги при любой заданной порозности, обусловленной давлением; последнее ближе отвечает фактическому состоянию грунта в тех или других условиях.

Значение коэффициента фильтрации под давлением достаточно точно определяется камерально помощью графиков для связных и несвязных грунтов, разработанных Геотехническим отделом, где коэффициент фильтрации дается как функция числа пластичности  $\Phi$  и коэффициента порозности  $e$  (см. журнал „Москвовагострой“ № 12, 1935 г., —график для связных грунтов), или как функция действующего диаметра  $d_w$  и коэффициента порозности  $e$  (журнал „Москвовагострой“ № 5, 1936 г., —график для несвязных грунтов).

20) Виды грунтовых воды.

Вода, заключенная в порах, имеет несколько разновидностей.

Однако, в целях упрощения, ниже дается схематизированная классификация грунтовой воды.

А. Связная вода—это вода, не подчиняющаяся силе тяжести. Она может быть удалена из грунта центрифугированием или высущиванием.

\* Метод определения их см. журн. „Москвовагострой“ № 2 за 1936.

Она имеет две разновидности: а) капельно-жидкая вода и б) пленочная вода.

Капельно-жидкая вода удаляется центрифугированием с ускорением от 1 g до 20000 g.

Пленочной называется вода, остающаяся после центрифугирования образца грунта при ускорении, большем 20000 g. Количество этой воды остается почти неизменным при увеличении ускорения до 70000 g.

В. Свободная или гравитационная вода. Это — обычная вода, подчиняющаяся как силе тяжести, так и прочим физическим законам, свойственным воде.

21) Максимальная молекулярная влагоемкость есть такое максимальное количество влаги, которое удерживается в грунте силами молекулярного притяжения и не может быть отделено центробежной силой с ускорением 20000 g — 70000 g. Таким образом это есть пленочная вода.

По опытам проф. Лебедева влажность грунта, соответствующая максимальной молекулярной влагоемкости, численно равна числу пластичности  $\Phi$ . Следовательно, при влажности, равной числу пластичности, вся вода в порах будет пленочной.

22) Объемный вес взвешенного и насыщенного (в состоянии грунтовой массы) грунта.

а) Несвязный грунт, находящийся ниже уровня грунтовых вод, полностью взвешен, так как взвешена каждая его частица.

Удельный вес частиц взвешенного грунта:  $\Delta - 1$ .

Объем частиц при порозности  $n$  равен:  $1 - n$

Объемный вес взвешенного грунта:  $\gamma' = (\Delta - 1)(1 - n)$

или заменяя  $n = \frac{e}{1+e}$  (15)

получаем:  $\gamma' = \frac{\Delta - 1}{1 + e}$  (16)

б) Когда грунт находится в состоянии грунтовой массы, т. е. все поры его заполнены водой и при этом он не взвешен, его объемный вес сложится:

из веса скелета  $\Delta(1 - n)$

веса воды  $1n$

и, следовательно, полный вес будет:

$$\gamma''' = \Delta(1 - n) + n = \frac{\Delta + e}{1 + e} \quad (17)$$

Зависимость между весом взвешенного грунта и весом грунтовой массы:

$$\gamma' = \gamma + 1 \quad (18)$$

в) Если не все поры грунта заполнены водой, то объемный вес его будет:

$$\gamma''' = \Delta(1 + W) = \frac{\Delta}{1 + e}(1 + W) \quad (19)$$

или, заменяя  $W$  через  $\frac{e}{\Delta} G$  (формула 6), получаем:

$$\gamma''' = \frac{\Delta + e \cdot G}{1 + e} \quad (20)$$

23) Объемный вес грунта, взвешенного частично, и давление столба воды на исследуемом горизонте рассматриваемого пласта грунта.

При исполнении количественных оценок ряда технических явлений иногда приходится вводить в расчет вес столба земли над рассматриваемой площадкой, расположенной внутри исследуемого пласта грунта; в некоторых случаях, когда над поверхностью земли имеется горизонт воды, возникает вопрос о введении в расчет также и ее веса.

Если рассматриваемый пласт грунта представляет собой песок, когда его поры заполняет в основном гравитационная вода, несвязанная молекулярными силами с его частицами и являющаяся в отношении последних сре-

дой подвижной, то давление на некоторую расположенную ниже горизонта воды площадку определяется лишь весом полностью взвешенного в воде грунта.

То же имеет место и в отношении любого сыпучего тела, частицы которого, при достаточной их крупности, расположены в заполняющей поры тела подвижной среде.

Если же упомянутая среда неподвижна в отношении частиц тела (металлический кубик и др.), то напряженное состояние внутри такого погруженного в воду тела определяется весом его части, расположенной выше рассматриваемой площадки, сложением с весом столба воды над поверхностью тела.

В случае однородного, не имеющего трещин, связанного грунта, междукастичная вода, в зависимости от размера заполняемых ею пор, является в отношении частиц грунта средней или подвижной, или неподвижной. Размеры пор уменьшаются с увеличением дисперсности грунта, т. е. степени мелкости его частиц и плотности взаимного их расположения. Показателем первого из упомянутых факторов служит число пластичности грунта или  $\Phi$ , а второго — отношение  $\frac{0.5A}{W}$ , где  $W$  — весовая влажность, отвечающая полному заполнению пор водой, и  $A$  — нижний предел пластичности грунта.

Влажность 0.5  $A$  может быть принята в качестве предельно-малой, когда дальнейшее сжатие грунта, не сопровождаемое раздроблением частиц, прекращается, а поры грунта получают минимальные размеры.

Предельно-большое число пластичности минеральных грунтов равно или несколько больше 50. Грунт, имеющий число пластичности  $\Phi = 50$ , при предельной плотности его, т. е. при порозности  $n = W\Delta = 0.5A\Delta$ , когда расстояние между частицами такого грунта не превышает 0,1 микрона, представляет собой грунтовую массу, междукастичной средой которой является лишь несвязанная вода, прочно связанная с частицами грунта.

Внутри такого грунта, если он предохранен некоторой пригрузкой от разбухания, напряженное состояние в сечении, расположенном ниже горизонта воды, так же, как и в случае любого тела, составленного из частиц, прочно связанных некоторой средой, должно находиться в зависимости от полного объемного веса самого тела, включая связанную воду в его порах, и веса столба воды над его поверхностью.

Объемный вес такого грунта, хотя бы и расположенного под горизонтом воды, выражается, согласно формулы (18):

$$\gamma_{\text{взв.}} = \gamma_{\text{взв.}} + 1$$

Таким образом объемный вес: невзвешенного грунта, определяется объемным весом взвешенного грунта, сложением с единицей. Если напряженное состояние рассматривается внутри грунта, имеющего некоторое среднее значение числа пластичности и находящегося в состоянии средней плотности, то объемный вес этого грунта должен быть средним между объемным весом взвешенного и невзвешенного грунта, т. е. определяться путем прибавления к единице весу взвешенного грунта некоторой доли единицы.

Прибавляемая доля единицы должна находиться в прямой зависимости от отношения фактического числа пластичности к предельному, за которое принимается в долях единицы — 0.5, и в прямой же зависимости от отношения предельной плотности к фактической. Вместе с тем при влажности, равной пределу текучести, любой грунт под водой должен быть полностью взвешен.

Таким образом для оценки частичной взвешенности грунта возникает формула:

$$\gamma_{\text{ч. взв.}} = \gamma_{\text{взв.}} + 1 \cdot \frac{\Phi}{0.5} \cdot \frac{0.5A}{W} \cdot \frac{F - W}{F - 0.5A} = \gamma_{\text{взв.}} + \frac{A \cdot \Phi}{W} \cdot \frac{F - W}{F - 0.5A} = \gamma_{\text{взв.}} + \beta$$

следовательно и давление столба воды на квадратную единицу поверхности такого грунта может быть выражено формулой:

$$H_{\text{чст.}} = H_{\text{полн.}} \cdot \frac{A \cdot \Phi}{W} \cdot \frac{F - W}{F - 0,5 A} = H_{\text{полн.}} \cdot \beta$$

Значение поправки  $\beta$  может быть снято с графика фиг. 17. Как видно из схемы построения приведенных выше соотношений, поправка  $\frac{A \cdot \Phi}{W} \cdot \frac{F - W}{F - 0,5 A}$  имеет пределами 1 и 0.

Не претендуя на исчерпывающее разрешение рассматриваемого вопроса о частичной взвешенности грунтов, изложенные выше соображения, основывающиеся на некоторой предварительной проработке этого вопроса, приведены главным образом в порядке постановки задачи, в целях мобилизации внимания к этому вопросу.

### II. Естественные условия залегания грунта

Для целей проектирования наибольший интерес представляют те свойства грунтов, которыми он обладает в естественном состоянии, так как именно с этими свойствами приходится в первую очередь сталкиваться строителю.

Из этих свойств наиболее интересными являются:

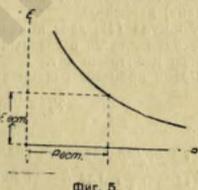
- 1) Объемный вес в естественном состоянии:  $\gamma_{\text{ест}}$ . Объемный вес грунта должен быть определен по образцу, взятому без нарушения естественной структуры грунта (моноклиту). Образцы моноклита берутся или из блоков, вырезанных в слое грунта, или взятых грунтокомом, т. е. специальным металлическим цилиндром определенной емкости (см. инструкцию МВС по взятию проб грунта при бурении и шурфовании).
- 2) Вес скелета пробы в единице объема  $\delta_{\text{ест}}$  определяется после удаления воды высушиванием.
- 3) Естественная порозность грунта  $\mu_{\text{ест}}$  определяется по формуле:  $\mu_{\text{ест}} = \frac{\Delta - \delta_{\text{ест}}}{\Delta}$
- 4) Естественная весовая влажность грунта  $W_{\text{ест}}$  определяется одновременно с определением веса скелета по весу воды, удаленной высушиванием.

Естественная влажность представляет одну из важнейших констант: поэтому нужно принимать все меры к тому, чтобы она не получалась искаженной. Для этого необходимо:

- а) Определить ее немедленно по извлечении образца. Иначе грунт, если между моментом взятия его и моментом испытания пройдет долгое время, может высохнуть.
- б) Тщательно закрывать торцы грунтоноса парафином немедленно по извлечении моноклита в случаях направления образца на анализ в Центральную лабораторию.
- в) При невозможности взять моноклит — отправлять пробы для определения влажности в плотно закупоренных бутылках.
- г) Немедленно после извлечения определять и вносить в паспорта образцов их консистенцию: это дает возможность, если есть сомнения в правильности определения влажности, установить последнюю по Аттерберговским пределам, указанным в п. 14 разд. 1.

5) Естественное давление  $P_{\text{ест}}$  есть давление, эквивалентное действующим в грунте силам сжатия от вышележащих слоев и внутренних сил.

На компрессионной кривой ему соответствует естественная порозность (фиг. 5).



Фиг. 5.

### III. Качественное использование констант

В некоторых случаях, когда нет путей получить в числовом выражении ответ о явлениях, происходящих в грунте, можно осветить эти явления с качественной стороны, основываясь на тех или иных характеристиках грунта.

Одной из важных в этом отношении характеристик является естественная влажность грунта в сравнении с Аттерберговскими пределами: текучести  $F$ , выкатывания  $A$  и числом пластичности  $\Phi$ , а именно:

- 1) Предел насыщения водой, при котором сопротивление грунта внешним условиям резко меняется, называется «критической влажностью» и в связных грунтах совпадает с пределом выкатывания  $A$ . В несвязных грунтах критическая влажность равна 75% предела текучести.
- 2) Критическая влажность указывает, до какого предела путем дренажа должна быть уменьшена влажность грунтов, чтобы можно было придать им достаточную устойчивость.

3) Если грунт находится в состоянии грунтовой массы и влажность его близка к числу пластичности, то а) он становится практически водонепроницаемым; б) физические свойства воды, содержащейся в порах, перестают отвечать свойствам свободной воды.

Вода в этом случае находится в пленочном состоянии. 4) Согласно данным большого числа опытов, для грунтов с числом пластичности  $\Phi > 22$  предел выкатывания совпадает с числом пластичности. Следовательно, предел текучести для этих грунтов равен двойному значению числа пластичности.

Для грунтов с числом пластичности, меньшим 22, предел выкатывания всегда больше числа пластичности.

Для этих грунтов предел выкатывания изменяется в пределах следующих значений: — при  $\Phi$  равно: 10 — 22  
А соответственно равно: 18 — 16 — 22

достига минимуму = 16% при числе пластичности  $\Phi = 10$ %. Для грунтов с числом пластичности от 0 до 8 — 10 пленочная вода никогда не может заполнить всех пор. В этом случае в порах всегда имеется гравитационная вода или воздух, чем объясняется легкая размокаемость этих грунтов.

5) Естественная влажность грунта близка к пределу текучести, то грунт обладает очень незначительным сопротивлением на срез (гидродинамический угол внутреннего сопротивления сдвига близок к нулю).

6) Для песков предел текучести 10—14 соответствует морскому береговому песку и другим видам песка с округленными зёрнами, которые легко сползают. Предел текучести 30—35 указывает на присутствие шероховатых и угловатых частиц, благодаря чему сползание происходит не так легко.

7) Обычно естественная влажность лежит между пределами текучести и выкатывания. Зная их и консистенцию грунта, можно ориентировочно судить о состоянии естественной влажности грунта (см. пункт 14 раздела I).

Этот прием дает возможность приблизительно определить % влажности в случаях, когда грунт попал на исследование явно не в естественном состоянии.

С этой целью в бланке грунтовых характеристик введен показатель «форма консистенции грунта».

8) Для качественного сравнения жесткости грунта может быть использована компрессионная кривая. Чем выше кривая, т. е. чем меньше угол, составленный касательной в данной точке кривой с осью абсцисс, тем жестче грунт и тем больше модуль упругости.

Градации жесткости следующие:

- а) Мягкие грунты при  $E < 50 \text{ кг/см}^2$
  - б) Средние грунты при  $E$  от 50 до 150  $\text{кг/см}^2$
  - в) Жесткие грунты при  $E > 150 \text{ кг/см}^2$
- Вообще говоря, пески жестче глин. Пески относятся к категориям б) и в), а глина к категориям а) и б), и лишь в редких случаях особо плотных континентальных глин — к категории в).

V. Использование физиконстант для целей инженерного расчета

1. Оценка несущей способности грунта

Диаграмма осадки фундамента в зависимости от нагрузки имеет следующие характерные точки (фиг. 6):

а) Точка, отмеченная давлением  $p_p$ , носит название предела пропорциональности, так как для всех значений нагрузки от 0 до  $p_p$  существует прямая пропорциональность между осадкой и напряжением.

б) Точка, отмеченная давлением  $q_{пр}$  после которой осадка начинает быстро увеличиваться, представляет собою временное сопротивление грунта, по переходе через которое начинается разрушение основания.

Если фактическое напряжение в основании сооружения не превышает предела пропорциональности, чрезмерных осадок не будет. Поэтому предел пропорциональности нужно рассматривать, как предельное допустимое давление на грунт.

Предел пропорциональности составляет некоторую дробную часть от временного сопротивления:

$$p_p = \lambda q_{пр}$$

где  $\lambda$  — правильная дробь.

По Терцаги  $\lambda = 0,50$  для плотного песка, и  $\lambda = 0,25$  для слабых глин.

Определение временного сопротивления и предела пропорциональности лабораторным или полевым путем на моделях фундамента не приводит к цели, так как до настоящего времени неизвестен закон моделирования напряженного состояния грунта. Поэтому для определения временного сопротивления и предела пропорциональности приходится руководствоваться теоретическими или эмпирическими формулами.

В качестве теоретического приема для оценки несущей способности может быть предложена специальная работа Геотехнического отдела (будет приведена в последующем; см. также журнал „Москваловстрой“ № 2 за 1935 год).

Константы грунтов, необходимые для оценки несущей способности грунтов:

компрессионная кривая;

$\varphi$  — угол внутреннего трения в градусах;

$C$  — сцепление в  $m/\mu^2$ ;

$W$  — естественная весовая влажность грунта в долях единицы;

$K$  — коэф. фильтрации при  $v_{сст}$  в  $см/сек$ ;

$A, F$  и  $\Phi$  — пределы и число пластичности в долях единицы;

$\gamma$  — объемный вес в естеств. состоянии в  $m/\mu^2$ ;

$\lambda$  — истинный удельный вес;

$d_{60}$  — действующий диаметр в  $мм$  (для песков);

$n$  — процент порозности или  $e$  — число порозности, в долях единицы.

Из проекта берутся:  $b$  — половина ширины фундамента,  $t$  — глубина заложения фундамента.

В случае напластования в основании разнородных пород нужно иметь вышеуказанные данные для всех слоев на глубину до 2  $b$ .

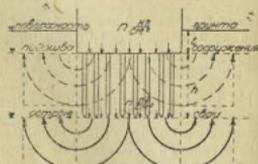
В этом последнем случае допускаемые напряжения определяются особо, по способу, изложенному в указанной выше записке.

2. Расчет несущей способности свайных оснований

При недостаточной несущей способности естественного основания устраиваются искусственные основания, а в частности — свайные.

Расчет свайного основания сводится к оценке несущей способности основания в плоскости острия свай (фиг. 7). В остальном расчет ведется как для случая естественного основания.

Устройством свайного основания достигается искусственное заглубление плоскости, воспринимающей нагрузку, на глубину забивки свай, что увеличивает значение предела пропорциональности  $p_p$ , а, следовательно, тем самым увеличивается несущая способность основания.



Фиг. 7

Для того, чтобы судить о достаточности уплотнения грунта в области, занятой сваями, и о способности свай принять и перенести нагрузку от сооружения с отметки его подошвы на отметку острия свай, необходима опытная свайная бойка.

Предварительно рассчитывается та нагрузка, которая приходится на 1 сваю в сооружении, и по ней определяется по формуле Герсеванова необходимый отказ (см. Инструкцию о пробной бойке свай).

Пробная бойка дает нам глубину забивки, при которой этот отказ достигается. Отметка острия свай покажет нам тот горизонт, на который сваями может быть передана нагрузка. На этом горизонте производится проверка несущей способности, и в неудовлетворительных случаях глубина погружения свай должна быть увеличена. Окончательная длина свай устанавливается так, чтобы удовлетворены были оба требования: получение необходимого отказа и удовлетворительные результаты при расчете несущей способности.

3. Расчет осадок сооружений

Расчет осадок отдельных точек фундамента, принимаемая его предварительно неестким, производится по формуле:

$$\Delta h = \sum \frac{\Delta e_i h_i}{1 + e_{сп}} \quad \rho = \sum \frac{(e_n - e_k) h_i}{1 + e_{сп}} \cdot \rho \dots (21)$$

$$\text{или: } \Delta h = \sum \frac{\Delta p \cdot h}{(1 + e_{сп}) \cdot E} \cdot \rho \dots (21')$$

Здесь  $e_k$  есть коэффициент порозности грунта, соответствующий расчетным условиям;  $e_n$  — коэффициент порозности, который имел место до возведения сооружения, но после отрывки котлована, с учетом возможного разбухания;  $h_i$  — толщина отдельных слоев, составляющих основание сооружения;  $\rho$  — поправка за счет моделирования компрессии и гидрогеологических условий залегающих пластов.

Значения коэффициентов порозности  $e_n$  и  $e_k$  снимаются с компрессионной кривой, соответственно начальному (открытие котлована) или конечному (строительная работа окончена) давлению.

Формула (21) дает конечную величину осадки. Процесс осадки длится в связных грунтах годами, десятилетиями, а иногда и сотнями лет.

Время процесса осадки вычисляется по формуле:

$$T_0 = \frac{1.702 \cdot h_0^2}{k^2 E} \dots (22)$$

Здесь:

$T_0$  — время осадки в годах;

$h_0 = \frac{h}{1 + e}$ , где  $h$  — толщина рассматриваемого слоя

в  $см$ , и  $e$  — коэффициент порозности в долях единицы, соответствующий среднему давлению;

$k_0$  — приведенный коэффициент фильтрации;  $k_0 = \frac{k}{1 + e}$

где  $k$  — полевой коэффициент фильтрации в  $см/год$ ;

$E$  — модуль упругости в  $т/см^2$ , соответствующий среднему давлению.

Полевой коэффициент фильтрации грунта (в его естественном залегании) оценивается по формуле:

$$k_{нас} = k_{доб} (1 + 800 \Phi) \quad (23)$$

где  $k_{доб}$  — коэффициент фильтрации, определяемый или по графику, или на приборе Терцаги под давлением, равным конечному давлению;  $\Phi$  — число пластичности грунта в долях единицы.

Таким образом, для расчета величины и времени осадок необходимо располагать следующими константами: компрессионной кривой;

$\gamma$  — объемом весом грунта всех слоев геологического разреза в естественном состоянии в  $m/m^3$ ;

$b$  — весом скелета в единице объема в  $m/m^3$ ;

$\Delta$  — истинный удельный весом;

$e$  — естественной порозностью в долях единицы;

$k_{доб}$  — коэффициентом фильтрации в  $cm/sec$ ;

$A, F$  и  $\Phi$  — пределы и число пластичности в долях единицы.

Детали — см. специальную Методическую записку по осадкам сооружений.

#### 4. Расчет устойчивости откосов земляных сооружений

Проверка устойчивости откосов производится по круглоцилиндрической поверхности скольжения. Коэффициент устойчивости в общем случае определяется по формуле:

$$K = \frac{M_{уд.}}{M_{сдв.}} \quad (24)$$

где  $M_{уд.}$  — момент удерживающий;

$M_{сдв.}$  — момент сдвигающий;

$$M_{сдв.} = g_1 r_1 + g_2 r_2 + \dots + g_n r_n$$

(алгебраическая сумма моментов для сил справа от вертикали  $OA$  со знаком (+), слева — со знаком (-)).

При проверке устойчивости откоса в земляной плотине сдвигающий момент должен быть увеличен на величину гидродинамического момента, создаваемого фильтрационным потоком в теле откосов:  $M_{гидр.} = \omega \cdot i \cdot r$ , где  $\omega$  — объем грунта, подверженный действию фильтрационного потока,  $i$  — градиент,  $r$  — плечо силы от относительно центра  $O$  (см. Методическую записку). Удерживающий момент  $M_{уд.}$  в общем случае определяется по формуле:

$$M_{уд.} = M_{тр.}^2 + M_{сц.}^2 \quad (25)$$

где:  $M_{тр.}^2 = R \Sigma N \operatorname{tg} \varphi$  — момент, воспринимаемый трением ( $R$  — радиус кривой скольжения,  $N$  — нормальная составляющая  $= g \cos \alpha$ );

$M_{сц.}^2 = R \Sigma L c$  — момент, воспринимаемый сцеплением;  $L$  — длина дуги элемента кривой скольжения (см. Методическую записку).

Расчет производится по схеме таблицы 1.

№№	$g$	$r$	$gr$	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$g \cos \alpha$
1	1,20	-8,40	-10,08	0,840	0,542	0,65
2	6,00	-7,0	-42,00	0,700	0,714	4,28
3	9,05	-8,0	-72,40	0,500	0,896	8,35
4	12,44	-5,0	-62,20	0,300	0,954	11,96
5	14,29	-1,0	-14,29	0,100	0,985	14,21
			-151,94			
6	15,28	+1,0	+15,28	0,100	0,995	15,20
7	15,43	+3,0	+46,29	0,300	0,954	14,70
8	14,65	+5,0	+73,25	0,500	0,866	12,68
9	12,50	+7,0	+87,50	0,700	0,714	8,92
10	4,78	+8,5	+40,63	0,850	0,527	2,51
11	2,99	+9,35	+27,80	0,995	0,336	0,99
			+287,54		$\Sigma N = 04,29$	
			$M_{сдв.} = 135,60$			

Примечания: В таблице приведен конкретный пример.

Во всех случаях расчета устойчивости откоса должна быть установлена наиболее опасная поверхность скольжения (центр и радиус), дающая минимальное значение коэффициента устойчивости  $K_{мин}$ . В наиболее простых условиях (прямолинейный откос и однородные грунтовые условия) центр и радиус могут быть найдены по разработанным Геотехническим отделом расчетным графикам и таблицам (см. Пояснительную записку к методу нахождения наиболее опасной поверхности скольжения). В остальных случаях необходимо установить наиболее опасную поверхность путем пробных расчетов. Подробный расчет откосов канала земляных плотин в строительных, эксплуатационных и ремонтных условиях — см. Метод. записку по расчету устойчивости откосов.

Для проведения расчета необходимо иметь определенные Грунтовой лабораторией константы грунтов откоса и его основания:

$\Delta$  — истинный удельный вес скелета;

$e$  — коэффициент порозности в долях единицы;

$A, F$  и  $\Phi$  — пределы и число пластичности в долях единицы;

$k$  — коэффициент фильтрации, соответствующий порозности залегания в  $cm/sec$ ;

результаты определений компрессионных свойств (для связных грунтов — экран и поура); данные исследований грунтов на сдвиг.

Кроме того, для грунтов основания (ненарушенная структура) определяется весовая влажность  $W$  — к моменту взятия грунта.

#### 5. Расчет откосов насыпей и выемок из условия прочности основания.

Когда напряжения в основании достигают значения временного сопротивления, в части  $AB$  (фиг. 9) основания произойдет осадка, а в частях  $AC$  и  $BD$  — выпор грунта основания. То же произойдет с соответствующими частями насыпи. Точки перегиба  $K$  и  $A$  в этой расчетной схеме предельно называются в средине откоса.

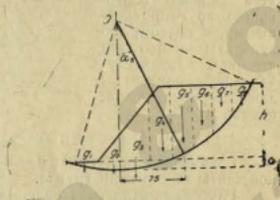
Среднюю часть насыпи между точками  $A$  и  $B$  (соответств.  $K$  и  $A$ ) принимаем за нагрузку, приводя к равноудаленному прямоугольнику  $AMBV$  высотой  $h$  (фиг. 10).

Боковые треугольники  $AKC$  и  $BLD$  являются пригрузкой, распределяемой на всю ширину призмы выпирания  $ab$ , после замены их равноудаленными прямоугольниками, заштрихованными на чертеже, высотой  $t$ . Окончательная расчетная схема дана на фиг. 10.

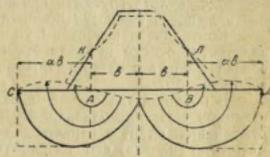
Дальнейший расчет несущей способности производится как для сооружения полосовой формы, имеющего основание шириною в  $2b$  и нагрузку на квадратную единицу основания, равную  $\gamma h$ , тем же методом, который принят и для бетонных и каменных фундаментов.

Константы, необходимые для расчета несущей способности оснований насыпей, те же, что и для бетонных и каменных сооружений. Затем та же проверка делается, принимая точку  $K$  в  $1/4$  и  $3/4$  откоса, считая от низа. В расчет принимается наименьшее значение  $n_r$  из полученных.

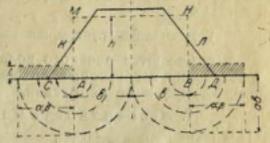
Расчетная схема для расчета в выемке подобна схеме для насыпи.



Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10

Именно точка перегиба  $L$ , как и прежде, намечается в середине откоса, в  $1/4$  и  $3/4$  от низа, соответственно этой точке прямоугольник  $OMNH$  высотой  $h$ , равновеликий трапеции  $O \sim TB$ , берется в качестве нагрузки, а прямоугольник с основанием  $ab$  и высотой  $t$  — в качестве пригрузки основаниям (фиг. 11).

### 6. Назначение степени уплотнения грунтов

При уплотнении грунтов решающим фактором уплотняемости их является состояние влажности.

При избытке влаги в грунтах они неуплотнимы, при недостатке — уплотнение требует излишних затрат. Следовательно, при назначении степени уплотнения необходимо прежде всего исходить из оптимального для каждого грунта состояния влажности.

Оптимальной влажностью является влажность, отвечающая нижнему пределу пластичности  $A$ . Подробно об этом см. «К вопросу об уплотнении грунтов», журнал «Москвалогострой» № 2/18, 1936 г.

Вес скелета грунта в единице объема, до которого грунт должен быть уплотнен при оптимальной влажности ( $A$ ), определяется по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta}{1 + A \cdot \Delta}$$

где  $\delta$  — вес скелета грунта в единице объема,  $\Delta$  — удельный вес.

Вес скелета грунта в единице объема и его оптимальная влажность являются нормативами уплотнения грунтов.

Контроль за качеством уплотнения дамб и плотин ведется на основе периодического определения влажности и веса скелета в единице объема в сравнении с заданными проектом.

В большинстве случаев влажность грунтов в естественном залегании близка к  $A$ . В случае же значительного отклонения, грунт в карьере должен быть, примерно за месяц до начала его разработки, приведен в состояние влажности, близкой к оптимальной  $A$ , с точностью до 1—2%.

Для этой цели в случаях переувлажнения он должен быть осушен открытыми канавами, в случае недостаточной влажности — увлажнен.

В обоих случаях карьеры связанных грунтов в порядке производства работ должны вскрываться постепенно во избежание пересушки в жаркую погоду и переувлажнения в дождливую.

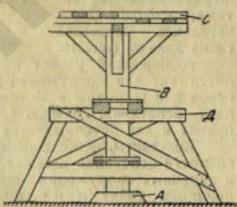
### В. Испытание грунтов непосредственной нагрузкой

Применяются двоякого рода испытания грунта непосредственной нагрузкой: а) поверхностные испытания (грибом); б) глубинные испытания.

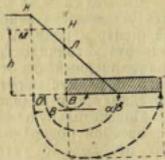
#### 1. Поверхностные испытания

Испытания производятся помощью нагрузки металлического штампа  $A$  (фиг. 12). Нагрузка штампа производится загрузжением платформы  $C$ .

Наблюдаются осадки, соответствующие различным нагрузкам. На основании отсчетов осадок, соответствующих нагрузкам, строится диаграмма, имеющая вид, указанный на фиг. 13, где по оси абсцисс откладываются давления  $P$ , а по оси ординат — соответствующая каждому давлению осадка.



Фиг. 12

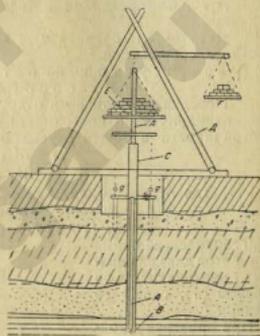


Фиг. 11

Из диаграммы можно усмотреть, что до некоторого давления  $P_0$  осадки  $h_p$  растут примерно пропорционально давлению, а затем «начинают расти значительно быстрее» (фиг. 13). Эта нагрузка  $P_0$   $\text{кг/см}^2$  принимается как максимально допустимое давление на данный грунт. Ценность полученных данных значительно падает из-за невозможности перенесения их на сооружение, вследствие неизвестности закона моделирования явлений, происходящих в грунте.

Действие штампа в глубину невелико, и в случае однородных оснований этот способ может быть рекомендован лишь как средство сравнительной оценки прочности грунта.

Сооружение, имеющее гораздо большие размеры, нежели штамп, распространяет свое влияние не только на верхний слой, но и на подстилающие его породы, обладающие нередко совершенно другими свойствами, и поэтому результаты испытаний штампом в этих случаях неприменимы и для сравнительной оценки.



Фиг. 14

### 2. Глубинные испытания

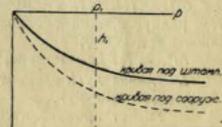
Глубинные испытания преследуют цель установить константы компрессии грунта.

Глубинная установка (фиг. 14) состоит из штанги  $A$ , оканчивающейся штампом  $B$ , которая опускается в обсадную трубу  $C$ .

Штанга снабжена нагрузочной платформой  $E$  и противовесом  $F$ , уравновешивающим вес самой штанги. Осадка штампа фиксируется прогибомерами  $G$ , установленными в шурфе под точкой привеса штанги.

Диаграмма осадки штампа под нагрузкой имеет вид иной, нежели диаграмма осадки гриба; приращение осадки в данном случае с увеличением нагрузки заступает вместо возрастания при испытании грибом (фиг. 15) Это объясняется тем, что под штампом гриба в момент предела пропорциональности начинается выпирание грунта в стороны. При глубинных испытаниях такого выпирания быть не может в виду значительного заглубления штампа, а происходит спрессовывание грунта. Вследствие этого плотность грунта увеличивается и нарастание осадки замедляется (см. также журнал «Москвалогострой» № 2 за 1935 г.).

Глубина, при которой прекращается выпирание, а проявляется лишь сжатие нижележащих слоев, носит название критической глубины (по Терзаги). Результаты глубинных испытаний могут быть использованы для определения величины констант компрессии, входящих в формулы осадки. Нахождение констант компрессии в естественных условиях предпочтительнее перед лабора-



Фиг. 15

торным, но оправдывается в виду громоздкости и длительности опыта лишь в случаях, когда при проектировании вопрос о величине осадки является решающим.

Кроме того, здесь возможны несоответствия расчетных результатов с действительной осадкой, вследствие перенесения результатов опыта со штампом, где  $\frac{t}{b}$  весьма значительно, на сооружение, где  $\frac{t}{b}$  мало ( $t$  — глубина залегания слоя,  $b$  — ширина штампа или сооружения).

### VI. Испытание свай

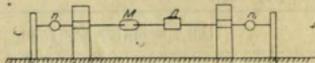
#### 1. Испытание свай на вертикальную нагрузку

Целью забивки и испытания свай может быть:

- 1) определение опытным путем сопротивляемости свай запроектированной длины в данных геологических условиях;
- 2) определение потребной длины свай по заданной ее сопротивляемости;
- 3) выявление степени расхождения данных опыта с предварительным расчетом сопротивляемости свай.

Испытания свай бывают трех видов:

- 1) пробная бойка свай с определением отказа;
- 2) добойка забитых ранее свай после „отдыха“, с определением отказа от каждого удара бабы;
- 3) испытание забитых свай статической нагрузкой с постепенным увеличением давления, вплоть до получения так называемого предельного давления.

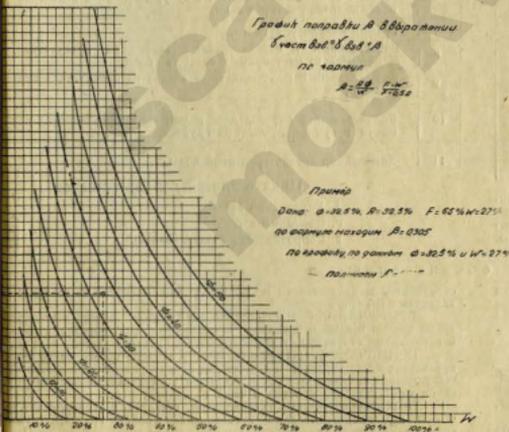


Фиг. 16

Два первых испытания представляют динамическое испытание, третье — статическое.

Обработка данных динамических испытаний производится по формуле Герсеванова, статических испытаний — по диаграммам испытания свай.

Подробности см. в Инструкции по забивке и испытанию пробных свай.



Фиг. 17

#### 2. Испытание свай на горизонтальное усилие

#### Номерная Коэффициента широтности $M$ .

Для определения сопротивления свай горизонтальным усилиям, две сваи, забитые на расстоянии друг от друга на длину свай (фиг. 16), стягиваются железным тросом, имеющим натяжную муфту  $M$ . В систему включен динамометр  $D$ . Точки прикрепления троса соединяются с прогибомерами  $\Pi$ .

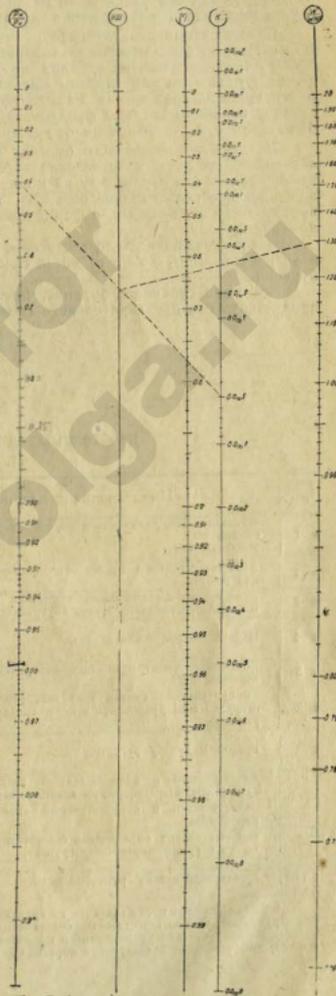
Одновременно отсчитываются показания динамометра и прогибомеров. По данным отсчетов вычерчиваются графики деформации, где по оси абсцисс откладываются показания динамометра, а по оси ординат — соответствующие прогибы. До некоторого значения силы прогибы ей пропорциональны.

При этом после разгрузки прогибы в значительной мере восстанавливаются, и остаточный прогиб невелик. Предел пропорциональности зависит от рода грунта, его влажности и пр. Допустимое на сваю горизонтальное давление не должно ни в коем случае превосходить предела пропорциональности.

#### VII. Указания по производству бурения

Ясность и четкость в разработке, оформлении заданий и их исполнении являются необходимыми условиями полного и качественного освоения строительных свойств грунта в основных сооружениях.

Для этой цели могут быть предложены два варианта.



Фиг. 18



1) По первому из них, организации, производящей бурение, дается сначала задание на разведочно-бурение, с указанием плана расположения скважин и глубины их.

Следует различать глубокие и менее глубокие скважины. Первые закладываются в количестве 15—20% от общего числа скважин на глубину не менее ширины подошвы фундамента или глубины выемки, считая от отметки подошвы сооружения или дна канала, вторые—на глубину половины ширины фундамента или половины глубины выемки, но не менее 5 м от указанных выше отметок.

По данным разведочного бурения составляется геологический профиль, на основании которого выдается задание Геологическому отделу на исследовательское бурение, имеющее целью взятие образцов, и Лаборатории—на производство анализов их, в форме Единого Задания (приложение 2).

Число скважин исследовательского бурения берется в количестве от 1/3 до 1/2 от числа скважин разведочного бурения.

Если, при срочности бурения, последнее приходится производить без предварительного геологического профи-

ля, то следует придерживаться второго варианта, который заключается в следующем:

2) После того как пробурено от 3 до 5 скважин, в несколько выясняется картина геологического строения местности,—геолог, производящий бурение, сам, по собственной инициативе, назначает места взятия проб грунта имея целью наилучшее освещение всех слоев, слагающих данный геологический профиль.

Пробы берутся из специально закладываемых для этой цели скважин (монолитах\*), при чем определяются естественная влажность и консистенция грунта; эти полевые данные вносятся в паспорта, сопровождающие образцы.

Исключения составляют несвязные грунты, которые могут быть взяты в нарушенной структуре.

Только взятые таким путем образцы и направляются в Лабораторию для исследования.

Количество грунта при взятии образцов назначается по инструкции.

\* Для оснований сооружений; для насыпей и засыпок образцы берутся в нарушенной структуре.

ТАБЛИЦА  
необходимых данных по испытанию свойств грунта в Лаборатории.  
1. Основания бетонных и ржавых сооружений.

Цикл анализов для песков		Цикл анализов для глины	
№№ пп		№№ пп	
• 1	Объемный вес, влажность и порозность в естественном состоянии**).	• 1	Верхний и нижний пределы пластичности и число пластичности.
• 2	Угол естественного откоса в воздушно-сухом состоянии и под водой.	• 2	Объемный вес, влажность и порозность в естественном состоянии. Удельный вес.
• 3	Угол сдвига в насыщенном состоянии под нагрузками 1,3 и 5 кг/см <sup>2</sup> . Сцепление и угол внутреннего трения по Кулому.	• 3	Статический угол сдвига для образцов в естественном состоянии под нагрузками 1,3 и 5 кг/см <sup>2</sup> . Сцепление и угол внутреннего трения по Кулому.
• 4	Полный механический анализ.	4	Полный механический анализ.
• 5	Коэффициент фильтрации под нагрузкой при естественной порозности**).	• 5	Коэффициент фильтрации под давлением при естественной порозности.
• 6	Компрессионная кривая нагрузки, разгрузки и вторичной нагрузки с ее уравнением в виде трехкоэффициентной логарифмики.	• 6	Компрессионная кривая для образцов с ненарушенной структурой с применением 4 стр. и с ее уравнением в виде трехкоэффициентной логарифмики.
• 7	График модуля упругости.	• 7	График модуля упругости.
8	Качественный и количественный анализ на присутствие: а) пиритов, б) растворимых солей, в) серы.	8	Качественный и количественный анализ на присутствие: а) пиритов, б) растворимых солей, в) серы.
9	Качественный и количественный анализ на присутствие карбонатов.	9	Качественный и количественный анализ на присутствие карбонатов.
10	Количественное определение содержания органических веществ в гумифицированных грунтах.	10	Количественное определение содержания органических веществ в гумифицированных грунтах.
11	Химический анализ грунтовой воды.	11	Химический анализ грунтовой воды.

\*\* Если образец песка извлечен не грунтососом, т. е. с нарушенной структурой, то под естественным состоянием условно подразумевают образец, искусственно увлажненный и сделанный нагрузкой, отвечающей глубине залегания исследуемого образца под дневной поверхностью.

Условные обозначения:

• — анализы, необходимые для расчета несущей способности грунта в основаниях сооружений и осадок.  
П. Ц. П. 1. 4 — предварительный цикл анализов для песков; анализы №№ 1 и 4 (см. примечание 4).

П. Ц. Г. 3 — предварительный цикл анализов для глинистых грунтов; анализ № 3.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Для засыпки за стены нужно иметь те же физико-механические и химические свойства грунтов, что и для оснований сооружений, определенные для образцов с нарушенной структурой, уплотненных до плотности, отвечающей ручной трамбовке.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Исследование грунтов в основании земляных плотин и дамб производится в соответствии с таксами для бетонных

Цикл анализов для известняков

1. Химический анализ.
2. Объемный вес.
3. Сопротивление раздавливанию.

сооружений за исключением п. п. 8—11 для песков и п. п. 8—11 для глинистых грунтов.

ПРИМЕЧАНИЕ 3: Исследования для грунтов, идущих в тело земляных плотин и дамб и в понуры, производятся над образцами грунта с нарушенной структурой и обрабатываются как это указано в прим. 1.

ПРИМЕЧАНИЕ 4: Перечисленные в таблице исследования носят предварительный характер и служат для проектирования; окончательные исследования производятся после вскрытия котлована и служат для уточнения уже готового проекта в части основания.

Объем окончательных исследований остается в основном тот же, что и при предварительных исследованиях свойств грунта, и служит, если в этом имеется необходимость, для уточнения данных предварительных исследований над образцами из буровых скважин.

*Москвалыстров*

Приложение II.

Для Геологического отдела

**ЕДИНОЕ ЗАДАНИЕ № \_\_\_\_\_**

Заказчик \_\_\_\_\_

Геологическому отделу и Лаборатории ГТО на \_\_\_\_\_ мес. 193 г.

Сооружение \_\_\_\_\_

(выдается одновременно в оба адреса)

Назнач. грунта \_\_\_\_\_

№№ по порядку				Ориентировочные отметки, с которых должны быть взяты образцы, и ожидаемый род грунта*)		Срок сдачи геологических профилей заказчику	Срок сдачи образцов для лабораторий	№ сопроводит. документа и дата	№ или литер скважин	Передано Лаборатории Геотехотдела			Род и состояние улаковки	Примечание		
1	2	3	4	5	6					7	8	9			10	11
Литерные обозначения скважин в пасп. св-ии		Литерные обозначения скважин в пасп. св-ии		Связанный	Несвязанный					№ образца	Фактическая отметка взятых образцов	Наименование	Полевая влажность	Консистенция		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Схема расположения буровых скважин в плане

**ПРИМЕЧАНИЯ:** 1. Количество образцов и отметки их залегания даны предварительные согласно напластований по разведочным геологическим профилям. В порядке уточнения последних, число образцов, равно как и отметки их, могут изменяться, в связи с чем Отделом геологии фактически могут быть направлены в лабораторию образцы с других отметок при одновременном условии освещения всех проходных бурением пластов.

2. При однородности проходимого бурением пласта и достаточности его простирания в плане ограничить отбор проб грунта при бурении с тем, чтобы: а) пробы отбирались не более чем из 1/5 до 1/3 общего числа скважин, проходивших данный пласт; б) в каждой из упомянутых выше скважин отбирать по одному комплекту образцов согласно Инструкции по отбору проб грунта, утвержденной Главным инженером Строительства 14/II 1935 года. В случае большой мощности данного пласта, количество комплектов образцов может быть доведено до трех, из коих один должен отвечать отметке залегания подошвы сооружения.

При многослойном напластовании эти указания должны быть распространены на каждый из проходимых пластов.

Задание дано  
19\_\_ 3 г.

\*) Графы заполняются при наличии разведочных геологических профилей

Зам. Глав. Инж. по Текстуру  
Председатель Грунтовой Комиссии

Начальник Проектного Отдела  
Начальник отделения

Для Лаборатории ГТО

**ЕДИНОЕ ЗАДАНИЕ № \_\_\_\_\_**

Заказчик \_\_\_\_\_

Геологическому отделу и Лаборатории Геотехотдела на \_\_\_\_\_ мес. 193 г.

Сооружение \_\_\_\_\_

(выдается одновременно в два адреса)

Назнач. грунта \_\_\_\_\_

№№ по порядку				Ориентировочные отметки, с которых должны быть взяты образцы, и ожидаемый род грунта*)		Срок исполнения задания**)	Получено Лабораторией ГТО от Геологического отдела			Передано заказчику		Примечание					
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11		12				
Литерные обозначения скважин		Литерные обозначения скважин		Связанный	Несвязанный	Для чего предполагается использовать грунт (составление св-ий и т. п.)	№ сопроводит. документа	№ или литер скважин	№ образца	Фактическая отметка взятых образцов	Наименование	Полевая влажность	Консистенция	Род и состояние улаковки	Исходящий № лабораторной и дата	Мас характеристик	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

**ПРИМЕЧАНИЕ:** 1. В дополнение к § 8 инструкции по отбору проб грунта, утвержденной ГИСТР 14/II 1935 г., Лаборатория следует после получения образцов производить согласование цикла анализов, конкретно принимаемых к исполнению, как с Отделом-заказчиком, так и с Геологическим отделом.

2. Влажность и объемный вес грунта в естественном состоянии, равно как и сведения о консистенции его, сдаются Геологическим отделом особо и вписываются в паспорт образца.

\*) См. такую же сноску в прилож. II.  
\*\*) Результаты анализов направлять в три адреса: ГИСТР-3, Начальнику отдела, выдавшему задание и Начальнику работ района.

\*\*\*) Условные обозначения отдельных анализов:  
П.Ц.Г.—4 Предварительн. цика для глин—пункт 4  
П.Ц.П.—7 " " для песков № 7

Зам. Глав. Инж. по Текстуру  
Председатель Грунтовой Комиссии

Начальник Проектного Отдела  
Начальник отделения

# ЧИСЛОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СВЯЗНЫХ ГРУНТОВ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛЕЙ

Инж. В. Д. ЦЫПЛАКОВ

**М**ЯГКИЕ, нескальные грунты, с которыми чаще всего приходится иметь дело инженеру - строителю, в технике делятся на две основных группы: связные (глинистые) и несвязные (пески).

Пески и глины в чистом виде по своим свойствам глубоко различны. Глины пластичны, в известных условиях водонепроницаемы, обладают значительным сцеплением, при высыхании уменьшаются в объеме и растрескиваются, при увлажнении разбухают. Пески непластичны, водонепроницаемость их значительна, они не имеют сколько-нибудь заметного сцепления, не разбухают.

В природе наиболее часто обе группы грунтов смешаны, в силу чего свойства, присущие им, проявляются различно, отражая в основном свойства той из них, ближе к которой, в зависимости от степени смешанности, тот или иной грунт находится.

Грунты, стоящие ближе к пескам, получили наименование супесей; стоящие ближе к глинам, именуются суглинками.

Построенная на основании этих определений классификация грунтов далеко не совершенна для инженерных целей.

Проф. Н. М. Герсеванов в своей работе «Основы динамики грунтовой массы» отмечает, что выработанные геологами классификации грунтов (пески, супеси, глины, суглинки) неудовлетворительны, «так как, с одной стороны, не охватывает всех оттенков чрезвычайного разнообразия грунтовых свойств, а с другой стороны — вносит в этот вопрос неопределенность, являющуюся зачастую лишь источником крупных недоразумений».

Для инженерных расчетов необходимо, чтобы принятая классификация грунтов была заменена числовой оценкой их свойств.

В общем случае грунт представляет сложное тело, состоящее из твердых минеральных частиц (скелет), воды в различных состояниях и воздуха.

Степень дисперсности (мелькости) твердой составляющей, форма ее частиц, состояние поверхности частиц и наличие в порах грунта воды являются основными факторами, определяющими род грунта.

Следовательно, в основу характеристики грунтов должно быть положено свойство, численно отражающее влияние всех этих основных факторов.

Известно, что механический анализ в лучшем случае дает представление лишь об одном из этих факторов — степени мелькости частиц, составляющих грунт, не отражая ни формы его частиц, ни состояния поверхности их, ни свойств, проявляемых ими в присутствии воды.

Вместе с тем, вода в порах грунта является решающим фактором в этих свойствах.

Наиболее ярким свойством связных грунтов является пластичность. Пластичность — свойство грунта изменять под влиянием внешних условий свою форму и сохранять ее по удалении внешнего воздействия, не изменяя при этом объема — признака глинкам с той или иной степенью глинистости. Чистые пески совершенно непластичны.

Пластическими свойствами грунты обладают в определенной для каждого грунта диапозоне влажности, конечные значения которого определяются как верхний (текучести) и нижний (раскатывания) пределы пластичности.

Как верхний, так и нижний пределы пластичности численно определяются отношением веса воды к весу скелета, выраженным в процентах.

Диапазон влажности, в пределах которого грунт пластичен, Аттербергом назван числом пластичности. Число пластичности определяется как разность верхнего и нижнего пределов пластичности.

Пластичность грунта зависит от степени дисперсности, так и в сильной степени от формы и состояния поверхности его частиц.

Грунт пластичен, когда входящие в его состав частицы представляют мелкие, упругие чешуйки. Частицы в виде чешуек, по исследованию Терцаги и, свойственны глинам. Чем больше глинистых частиц содержит грунт, тем он пластичней, тем больше диапозон влажности, характеризующий пластичность, т. е. тем больше число пластичности.

Следовательно, число пластичности есть производная количества частиц различной степени дисперсности, формы и состояния поверхности и воды, находящихся в порах грунта, т. е. основных факторов, определяющих его свойства.

По исследованиям А. Ф. Лебедева, число пластичности численно равно максимальной молекулярной влагоемкости, а максимальная молекулярная влагоемкость определяет верхнюю границу пленочной воды, которая замерзает при температурах ниже нуля, в которой отсутствует гид-

Таблица 1

Средние значения пределов пластичности

Количество образцов	Число пластичности	Средние значения верхнего (F) и нижнего (A) пределов пластичности	
57	1,0	17,5	18,5
45	2,0	17,6	19,6
37	3,0	18,2	21,2
29	4,0	17,5	21,5
42	5,1	18,8	21,8
55	6,1	16,2	22,3
36	7,0	14,9	21,9
54	8,0	15,7	23,7
54	9,1	15,4	24,5
53	10,0	15,3	25,3
44	11,0	15,0	26,0
31	12,1	17,0	29,1
28	13,0	17,5	30,5
19	14,1	17,4	31,5
29	15,0	18,2	33,2
42	16,0	18,8	34,8
30	17,0	19,2	36,2
19	18,0	20,7	38,7
15	18,9	19,7	38,6
44	20,0	20,7	40,7
26	21,0	22,3	43,3
30	22,0	22,2	44,2
29	23,0	24,0	47,0
13	24,0	23,5	47,5
21	25,0	23,4	50,4
8	26,0	26,0	52,0
10	27,0	26,0	53,0
8	28,0	28,1	56,1
10	29,0	29,5	58,7
10	30,0	30,0	60,0
9	31,0	33,4	64,4
10	32,1	32,6	64,7
12	33,0	32,9	65,9
12	34,1	34,3	68,4
12	35,0	34,2	69,2
14	36,0	36,1	72,1
9	37,0	36,6	73,6
18	38,1	38,8	76,3
21	39,1	40,1	79,2
14	41,0	42,3	82,4
16	42,0	41,8	82,3
12	42,0	41,0	83,0
12	43,0	42,8	85,8
12	44,0	43,8	87,8
3	45,1	45,6	90,7
9	45,9	44,4	90,3
2	47,2	44,4	92,5
3	48,3	48,1	96,4

ростатическое давление, удельный вес которой больше единицы и т. д.

Это косвенно указывает на то, что пределы пластичности тесно связаны с факторами, обуславливающими свойства грунтов, а следовательно — должны быть определенной для каждого из грунтов величиной.

Иными словами, число пластичности не может быть разностью различных значений уменьшаемого и вычитаемого, а разностью только одной пары для каждого грунта вполне определенных значений предела текучести и предела раскатывания.

Сказанное с достаточной убедительностью иллюстрируется данными лабораторных определений этих констант для каждого числа пластичности, приведенными в таблице. В таблице приведено количество образцов, послуживших для определения средних значений пределов для каждого из чисел пластичности. Вся таблица составлена по 1152 образцам грунтов различных геологических возрастов, с различным содержанием карбонатов, органических веществ и т. д.

В процессе обработки материала было замечено, что некоторые определения дают резкие отклонения пределов пластичности от своих средних значений. Эти отклонения в первую очередь правильнее было приписать методике определения пределов пластичности, нежели каким либо иным причинам. И, действительно, определения пределов пластичности, проведенные в лаборатории Геотехнического отдела для этих же грунтов, но по несколько измененной, в сравнении с обычно принятой, методике, дали значения или равные средним, или отклоняющиеся от них в пределах одного процента, тогда как все остальные образцы, дававшие при прежней методике значения, близкие к средним величинам, сохраняют их и при определении по измененному методу.

Изменения метода состояли в том, что до определения грунт не подсушивался и не растирался в порошок, как это обычно принято делать, а добавлением к естественной его влажности дистиллированной воды приводился в состояние влажности, несколько большей границы текучести, и протирался рукой через сито для отделения крупных включений.

В дальнейшем определении велось общепринятым порядком.

Над методикой определения пределов пластичности необходимо работать и дальше, но теперь это можно делать, имея исходным, корректирующим материалом прилаженный график, составленный на основе данных, приведенных в таблице 1.

Рассматривая кривые пределов пластичности, необхо-

димо обратить внимание на то, что кривая верхнего предела пластичности делает довольно резкий поворот в точке, соответствующей числу пластичности 10, и менее резкий в точке, отвечающей числу пластичности 22.

Эти перемены кривых могут быть приняты как граница перехода супесей в суглинки и суглинков в глины.

Кривая нижнего предела пластичности (границы раскатывания) сначала падает, а затем изменяет свой наклон на обратный при числе пластичности 10 и сопрягается с прямой на ординате числа пластичности 22.

Отрезки ординат между кривыми верхнего предела пластичности (границы текучести в толстом слое) и нижнего (раскатывания) дают значения влажности, в пределах которой грунт пластичен.

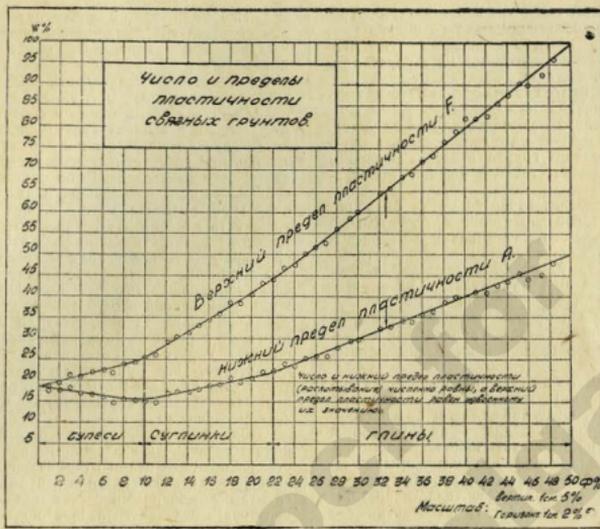
Начиная с числа пластичности 22 и далее, эта ордината равна половине ординаты верхнего предела пластичности: таким образом, предел текучести численно равен двойному значению предела раскатывания или числа пластичности.

Как уже указывалось, число пластичности численно равно максимальной молекулярной влагоемкости, т. е. тому наибольшему количеству воды, которое удерживается молекулярным притяжением частиц, достигающих десятки тысяч атмосфер.

Прочной связью между пределом пластичности совпадают можно объяснить то, что грунты с числом пластичности больше 22, при влажности, равной или меньшей числа пластичности, будучи при этом в состоянии грунтовой массы, практически не фильтруют.

Значения нижнего предела пластичности совпадают с так называемой критической влажностью, при которой сопротивляемость грунта внешним усилиям резко меняется; так, увеличение влажности сверх нижнего предела пластичности ведет чрезвычайно интенсивно к потере устойчивости грунта, влажность на пределе раскатывания является оптимальной при укатке грунтов и т. д.

Для грунтов с числами пластичности меньше 22 предел раскатывания всегда больше числа пластичности. Разность между ними увеличивается с уменьшением числа пластичности. Отношение  $F$  к  $\Phi$  (текучести к числу пластичности) быстро растет, достигая 18 вместо 2 для грунтов с числом пластичности 22. Таким образом, для этих грунтов вода в плеченочном состоянии составляет уже не 0,5, а уменьшаясь доходит, при числе пластичности 1, до 0,055 общего количества воды, отвечающего пределу пластичности грунта. Следовательно, только относительно небольшая часть пор грунта занята водой, связанной с



Фиг. 1

частицами; остальная часть содержит или воздух, или гравитационную воду. Этим объясняется потеря прочности и легкая размокаемость у грунтов с числами пластичности, меньшими 22, а особенно меньшими 10, в случаях заполнения водой пор, ранее занятых воздухом.

На пределе текучести все грунты обладают очень незначительным сопротивлением на сдвиг.

Сравнение естественной влажности грунта с его пределами пластичности позволяет инженеру сделать первую оценку возможного поведения грунта в рассматриваемом состоянии и дать пути количественной оценки происходящих в нем явлений.

Следовательно, число пластичности может быть положено в основу инженерной характеристики грунтов; оно позволяет всю гамму связных грунтов, начиная от песков с пластичностью „0“ до глин с числом пластичности 50, расположить в непрерывный, по возрастающей степени глинистости, ряд. При этом могут отпасть на именовании их связных грунтов—сулеси, сулгинки, глины.

Это открывает самые широкие перспективы как в области изучения различных свойств грунтов, так и в деле непосредственного использования их в инженерных расчетах.

В самом деле, найдя количественные выражения некоторых явлений, необходимых для решения инженерных задач для двух грунтов с предельно малым и большим числами пластичности в одинаковых для обоих состояниях, можно, путем интерполяции, получить количественные выражения этого явления для любого из грунтов, число пластичности которого занимает в их ряду промежуточное положение, или, при одинаковых числах пластичности,— количественно оценить свойство грунта по степени его влажности.

## ЦЕНТРОБЕЖНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ В ГРУНТАХ ОСНОВАНИЙ И ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ

При расчете оснований сооружений и при проверке устойчивости подпорных стенок, земляных плотин, откосов, выемок и насыпей приходится учитывать физико-механические свойства грунтов, определяемые экспериментальным путем в лаборатории.

Главнейшими из этих свойств, прямо или косвенно влияющими на прочность и устойчивость сооружений, являются: вес единицы объема, угол внутреннего трения, силы сцепления, влажность, порозность и Аттерберговские пределы пластичности.

Чрезвычайная простота сложения земной коры и особенно поверхностных пластов сравнительно небольшой мощности, являющихся обычно основаниями сооружений, откосами выемок или резервами грунтов, вызывает особые трудности для расчетов, так как физико-механические свойства грунтов весьма различны.

Если к тому же иметь в виду большое значение грунтовой воды, в значительной степени влияющей на свойства грунтов, очевидной становится трудность решения задачи проектирования с обоснованными запасами прочности и коэффициентами устойчивости.

В значительной мере по указанным причинам область техники, касающаяся грунтов, недостаточно разработана с теоретической стороны, и большинство производимых расчетов дает, по существу, лишь качественную оценку явлений, происходящих с грунтами в основаниях и в земляных сооружениях в процессе строительства и эксплуатации.

Все это отражается в первую очередь на стоимости возводимых сооружений, так как, стремясь к устойчивости и прочности земляных сооружений, и в особенности оснований,—проектировщики, в виду неопределенности вопроса, принимают часто из осторожности излишние запасы прочности. И, однако, несмотря на это, в строительной практике имеется достаточное количество случаев разрушений оснований, что с наглядной убедительностью гово-

ряет о неумении пока при проектировании оценить весь сложный комплекс имеющих место в грунтах зависимостей.

В ряде областей техники при решении сложных задач огромную помощь оказывает моделирование, т. е. воспроизведение условий задачи в масштабе, значительно меньшем, чем в действительности.

Испытание методом моделирования земляных сооружений и оснований под сооружения, откосов насыпей и выемок и решение ряда других задач геотехники, связанных с определением напряжений и деформаций в грунтах, возможно лишь при условии умения увеличить объемный вес материала модели во столько раз, во сколько раз размеры модели менее размеров действительного сооружения, а свойства материала модели должны при этом в точности соответствовать свойствам грунтов. Подобных материалов нет. Поэтому моделирование напряжений и деформаций не могло быть осуществлено, пока не был предложен способ достижения необходимых значений объемного веса грунта и сохранения одновременно физико-механических свойств его неизменными.

В 1932 г. почти одновременно и независимо один от другого, инж. Бекки в США, проф. Н. И. Давиденко в Ленинграде и проф. Г. И. Покровский в Москве предложили метод моделирования напряжений и деформаций.

Идея метода заключается в том, что увеличение объемного веса достигается применением центробежной силы. Модель сооружения, построенная из тех же грунтов, которые будут в действительности в сооружении, помещается в центрифугу с вертикальной осью вращения, причем необходимое увеличение значения объемного веса достигается подбором соответствующей угловой скорости\*).

\*) История вопроса, теория центробежного моделирования и области применения метода изложены в книге проф. Г. И. Покровского: Центробежное моделирование. Изд. ОНТИ, 1935.

В. Г. ГАЛЛОВ и С. А. ПЕРШИН

Угловая скорость вращения модели  $\omega$  подсчитывается в зависимости от масштаба моделирования  $n$  и расстояния от центра тяжести модели до центра оси центрофуги  $R$  по следующей формуле:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{R} \sqrt{n^2 - 1}}$$

В этой формуле  $g$  — ускорение силы тяжести, равное  $9,81 \text{ м}^2/\text{сек}$ . Из этой же формулы — масштаб моделирования  $n = \sqrt{\frac{R\omega^2}{g^2} + 1}$ .

где  $\omega = \frac{\pi N}{30}$  и  $N$  — число оборотов в минуту.

Весьма ценным является то обстоятельство, что распределение грунтовых вод и высота поднятия капиллярной воды в грунте моделируются на центрифуге в одинаковом масштабе с силой тяжести. Это дает возможность воспроизводить всю сложность гидрогеологических и гидрологических факторов, обуславливающих физико-механические свойства грунтов, залегающих в естественных условиях на различных глубинах. Кроме этого, имеется возможность моделировать гидротехнические сооружения в различных условиях

возведения и эксплуатации их, как-то: в строительный период, при наполнении водою, при сбросе воды и т. д. Распределение напряжений в грунтах от нагрузки, явления деформаций, а равно и изменение физико-механических свойств грунтов под влиянием нагрузок и действия грунтовой воды происходят не мгновенно, а требуют иногда очень длительного периода времени. Метод центробежного моделирования и в этом отношении является чрезвычайно удобным, так как время на моделях моделируется в отношении  $t_n = \frac{t}{n^3}$

где  $t_n$  — время центрифугирования;  
 $t$  — изучаемый период времени;  
 $n$  — масштаб моделирования.

Например, желая изучить деформации сооружения за десятилетний период на модели, в 100 раз меньшей действительного сооружения, центрифугировать модель потребуется только

$$\frac{10}{100 \cdot 100} \text{ года, или } 8,64 \text{ часа.}$$

Все эти обстоятельства способствуют тому, что метод центробежного моделирования за последнее время завоевывает прочное место, как метод экспериментального исследования ряда проблем геотехники и метод экспериментальной проверки проектных расчетов.

В настоящее время имеются установки центрифуг в Институте водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной геологии (ВОДГЕО), в Военно-инженерной Академии (ВИА) и Институте оснований и фундаментов (ВИОС).

В октябре 1935 года, к XVIII годовщине Октябрьской революции, закончена установка большой центро-

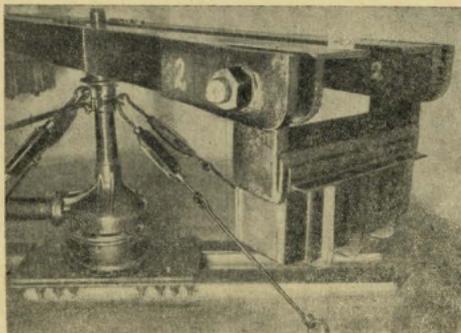


Фото 1

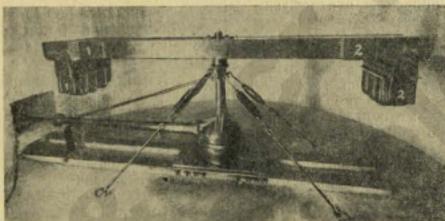


Фото 2

готовлены сваркой из котельного 13-мм железа и углового железа № 4. Вес каждой каретки — 51 кг, а с грунтом около 80 кг. Каретка к корытцу подвешивается на болтах диаметром 50 мм. Корытцу прикреплено болтами к ступице, поставленной на шпильке на ось центрифуги. Между ступицей и кожухом оси установлен роликовый подшипник, а ниже роликового — упорный шариковый подшипник.

Опорной частью центрифуги (фиг. 1, дет. А) является переконструированный задний мост грузового автомобиля Форд марки АА. Правая полуось автомобиля служит осью центрифуги, а дифференциал и карданный вал после некоторой переделки используются для трансмиссии. Вал конической шестерни, помещенный в кожухе заднего моста, соединен карданным валом с коробкой скоростей (фиг. 1, дет К) от того же автомобиля, а вал коробки скоростей соединен жесткой муфтой с валом электромотора (фиг. 1, дет. М).

Центрифуга и электромотор установлены на двухваловых балках, залитых в бетонные фундаменты.

Для большой устойчивости центрифуги верхняя часть кожуха оси расчлена четырьмя тугами, закрепленными в фундаменте.

Для точного регулирования числа оборотов центрифуги служат реостаты к мотору, а измерение числа оборотов центрифуги производится счетчиком оборотов (фиг. 1, дет. Б).

Электромотор — переменного трехфазного тока с контактными колесами, мощность 14,7 кв. при 950 об/мин.

Коробка скоростей поставлена в обратном положении по сравнению с автомобилем. Благодаря этому при 950

\*) По сообщению проф. Г. И. Покровского центрифуга МВС является самой большой из работающих в СССР и других странах.



# АРХИТЕКТУРА ВОСТОЧНОГО РАЙОНА

Виктор ШВЕДЕР



Пестовский водоспуск

Арх. Д. С. РЕВЕНКО

**ГИДРОТЕХНИЧЕСКАЯ** сущность участка канала в пределах Восточного района четка, ясна и неопровержима: две мощных земляных плотины, Акуловская и Пироговская, преграждая свободное течение рек Учи и Клязьмы, образуют два водохранилища—Учинское и Клязьминское. Две дополнительные плотины, Пяловская и Пестовская, пересекающие—первая р. Учи в верхнем течении, а вторая—приток р. Учи Вязь, отделяют от Учинского водохранилища два меньших водоема—Пяловский и Пестовский.

Водохранилища Пестовское, Пяловское и Клязьминское являются судоходными и своими запасами воды питают Судоходный канал. Учинское водохранилище служит резервуаром-отстойником для снабжения водой Москвы посредством Водопроводного канала.

Гидротехнические задачи решены, гидротехнические задания выполнены.

Плотины переупрямили природу, и за их гранью налились полноводные озера. В тело плотины врезались железобетонные массивы, армированные скелеты водосбросов и водоспусков.

Плотины были голо-геометричны, гидротехнический бетон суров, аскетичен и сугубо утилитарен. Следующее слово принадлежало архитекторам.

Нужно заданную кубатуру влить в гармонично-красивые формы надземных и надводных сооружений, оживить хмурый бетон, нарушить геометрическую оголенность плотины, нарядив их архитектурной выдумкой, выткать зеленоцветные орнаменты газонов, клубов, партеров, парков, связать сооружение в единое архитектурное целое с окружающей природой:

— дать архитектурное оформление.

Основных узлов оформления четыре, по числу плотин: пестовский, пяловский, пироговский и акуловский.

Пестовский узел выразителен своей лаконичностью: семсотметровая земляная плотина, проецирующаяся водохранилище, и два сооружения—водосброс и башня водоспуска.

Архитектура обоих сооружений (архит. Ревенко) монументальна без тяжеловесности и нарядна без из-

лишней декоративности, четко воспринимается на большом расстоянии. Размещенная на водосбросе скульптура (две группы и две фигуры) и стройные обелиски фонарей оживляют и обогащают архитектурный силуэт.

Круглая башня водоспуска эффектно подчеркивается циркулярной же подпорной стенкой и двумя лестницами, веерно сходящимися к воде.

Цоколя сооружений облицованы естественным камнем, стены обработаны терразитом. Расцветка—коричнево-красная с серовато-белыми выступающими частями и белыми кессонами арок.

Пяловский узел так же прост по своему содержанию. Такая же земляная плотина, как и Пестовская, только несколько меньшей протяженности, переходящая в продолжении своем в направленную под углом земляную дамбу. На середине плотины прямоугольная башенка водоспуска.

Архитектурное оформление сооружения (архит. Евиневич) четкое и простое, что гармонирует с геометрической ясностью очертаний плотины. Последняя прочищена по кромкам бетонными поребриками, а по откосам прорезана двумя бетонными лестницами. Элементами малых архитектурных форм являются нарядные чугунные фонари и скульптурной работы вазы.

Пироговский узел расположен на Клязьминском водохранилище. Водохранилище это, узкое и длинное, изрезанное оврагами, заливами и мысами, вытянулось с запада на восток по течению р. Клязьмы. Восточная оконечность водохранилища замыкается километровой земляной подпорной плотиной с водосбросом-водоспуском в ней.

Пироговский водосброс-водоспуск (архит. Быстров) доступен массовому зрителю как с водной поверхности водохранилища, так и со стороны парка, разбитого у подножия плотины по берегам р. Клязьмы. Это обстоятельство еще более повышает требования к архитектуре данного объекта.

Выразительность по формам, объем надземного сооружения в меру массивен. Симметричные парадно-монументальные лестницы композиционно связывают здание с тя-



желовесными массами гидротехнического бетона. Слитность сооружения с телом плотины подчеркивается бетонными парапетами, заканчивающимися обелисками и фонарями. Наружная поверхность стен отделывается штукатуркой с мраморной крошкой. Расцветка выдержана в спокойных тепло-серых тонах, что гармонирует с бетонными поверхностями, обработанными насечкой.

Акуловский узел наиболее разнообразный, как по комбинациям сооружений, так и по природным данным.

Учинское водохранилище, самое обширное в Восточном районе (поверхность воды 20 кв. километров), юго-восточной гранью своей упирается в массив почти двухкилометровой Акуловской плотины. На конце плотины, со стороны г. Пушкино, высятся грациозная арка Акуловского водосброса (архит. Быстров). Стройный силуэт сооружения созвучно обогащается простым чугунным узором решеток проезжей части и пешеходного мостика, эффектными чугунными столбами фонарей и парапетом, в виде цепей, по бетонным столбам. Две прямолинейно-простые бетонные лестницы сбегают по откосам по обе стороны сооружения.

К меньшим сооружениям относятся будка водоспуска и здание Акуловской гидроэлектростанции.

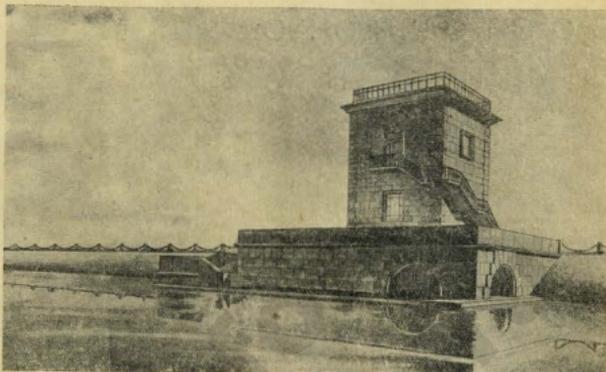
Будка водоспуска (архит. Еневич) сооружена над водой и соединяется с плотиной 50-метровым металлическим мостиком.

Здание Акуловской ГЭС (арх. Быстров) размещается у подошвы плотины по оси водоспуска, у выходного его отверстия. Такое своеобразное местоположение подсказало автору решение композиционно соединить здание с бетонной лестницей, спускающейся до уровня плоской крыши здания, а затем разветвляющейся на два марша, симметрично охватывающих боковые фасады.

Все здания отделяются снаружи штукатуркой с мраморной крошкой и выдержаны в светлых, палево-песочных тонах.

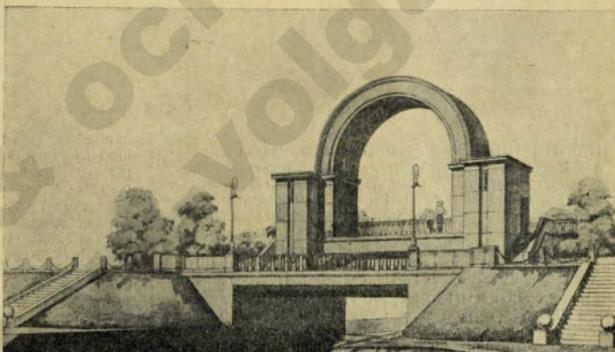
В полукиллометре от Акуловской плотины, в югозападной оконечности водохранилища, на истоке Водопроводного канала размещается Листвянская гидроэлектростанция (арх-ры Козырев и Янжул). Лаконическое по массам и прочувствованное в пропорциях здание привлекает внимание интересной обработкой световых отверстий железобетонными витражами простого и выразительного рисунка.

Светлый основной тон здания прекрасно контрастируется с темным лабиринтом цокольного этажа и белым камнем пьедесталов. Самое место-



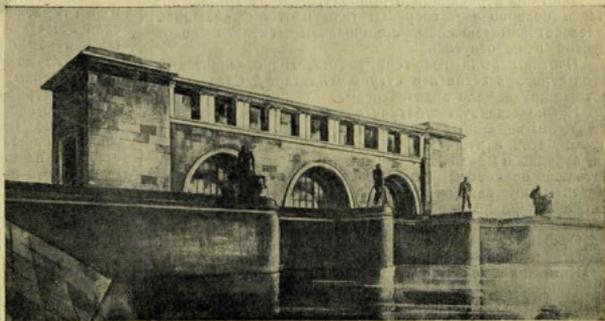
Плявский водоспуск

Арх. Н. А. Еневич



Акуловский водосброс

Арх. О. В. Быстров



Пестовский водосброс

Арх. Д. С. Ревенко

положение здания чрезвычайно выгодно. Огромный бетонный лоток Водоводного канала, выходя из-под здания, прямолинейно устремляется по дорожке в далекую перспективу, замыкаемую приземистой башней регулятора.

Очень эффектно обратная перспектива открывающая стройно-монументальный силуэт сооружения, дополненный архитектурной и зеленой декорацией.

Со стороны плотины и водохранилища здание также весьма выигрышно. Два обелиска — маячных фонаря, размещенные на выдвинутых вперед полуцилиндрических устоях, создают прекрасные высотные точки. Строгость очертаний оживляется вазами, размещенными на тумбах парапета уравнительного бассейна.

В целом сооружение дает законченный гармоничный ансамбль.

Две основных магистрали Акуловского узла — дорога от плотины и дорога от Листвянской ГЭС — пересекаясь под прямым углом, образуют небольшую площадь, прямоугольно высеченную в словом лесу.

Центр отмечен декоративным монументом. Площадь орнаментирована газонами, цветниками и декоративными насаждениями. Эта площадь, связывая планировочно два основных сооружения узла, служит в то же время парадной площадью Акуловского поселка, главной улицей которого является продолжение дороги с Акуловской плотины.

Акуловский поселок (арх. Шведер, планировка арх. Скрыпник) предназначается для расселения служебного персонала Акуловского узла и Листвянской ГЭС. Поселок включает в себя необходимый минимум зданий бытового обслуживания: столовую, магазин, амбулаторию, баню, прачечную. На площади расположен административный центр узла — контрора. Здания поселка каменные, небольшие, в 1—2 этажа, выдержаны в духе загородной коттеджной архитектуры. Квартиры в 2—4 комнаты снабжены водопроводом, ваннами, канализацией, и каждая имеет не менее одного балкона или веранды.

Поселок расположен в прекрасном смешанном лесу, почти нетронутом, за исключением необходимых порубок. Лес придает чрезвычайно живописность поселку, который, таким образом, представляет своим обитателям удобства культурного жилья на лоне полуденной природы.

Много внимания уделено садово-парковой планировке узлов (архитектор Скрыпник). Автором разработаны проекты двух основных партерных парков — акуловского и пироковского, входящих в архитектурный ансамбль одноименных узлов.



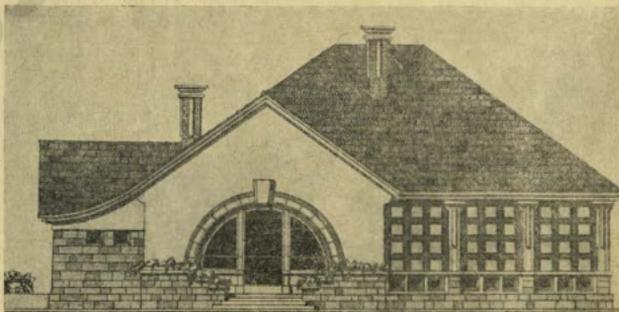
Типовой жилой дом на 8 квартир в Акуловском поселке

Арх. В. И. Шведер



Амбулатория в Акуловском поселке

Арх. В. И. Шведер



Столовая в Акуловском поселке

Арх. В. И. Шведер

Размещаются парки у полошвы плотин, по берегам рек Учи и Клязьмы и водоотводящих каналов. Для придания паркам большей живописности, всесторонне использован рельеф местности и другие природные данные. Зеленая архитектура получила разнообразное применение в виде древесных насаждений, живых изгородей, декоративных посадок, газонов, ковровых цветников, клумб. Скульптурный элемент вводится в виде ваз, акцентирующих отдельные пункты планировки.

Второстепенные узлы — Пестовский и Пяловский — имеют небольшие декоративные партеры, орнаментирующие въезды на плотины.

Говоря об архитектурном оформлении сооружений Восточного района, нельзя не коснуться, хотя бы вскользь, вопроса общей планировки прилегающих территорий.

Канал изменил карту местности, нарушил мирный бег рек, и по логам и оврагам, среди прекрасных лесов

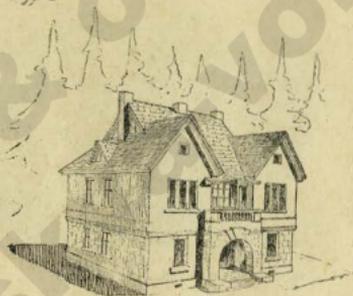
и живописных рош, вписал прихотливо-извилистые контуры новорожденных озер.

Архитектурные ансамбли на берегах этих озер разнообразны по величии и красоте грандиозного канала. Это — отдельные узлы. Но планировка местности в целом является проблемой, хотя и предпринятой принципиально, но, несомненно, практически.

Непосредственная близость к Москве (Клязьминское водохранилище граничит с московским парковым кольцом), богатые природные возможности, удобная связь железнодорожными, шоссевыми и водными путями, еще более актуализируют вопрос.

Водоохранная зона Водопроводного канала, лесные заповедники, пути сообщения, дачные поселки, санатории и дома отдыха, экскурсионные базы, водные станции — вот многое из перечня элементов, которыми придется оперировать архитектуру, решая планировку этого живописного уголка, органически связанного с нашей великой столицей.

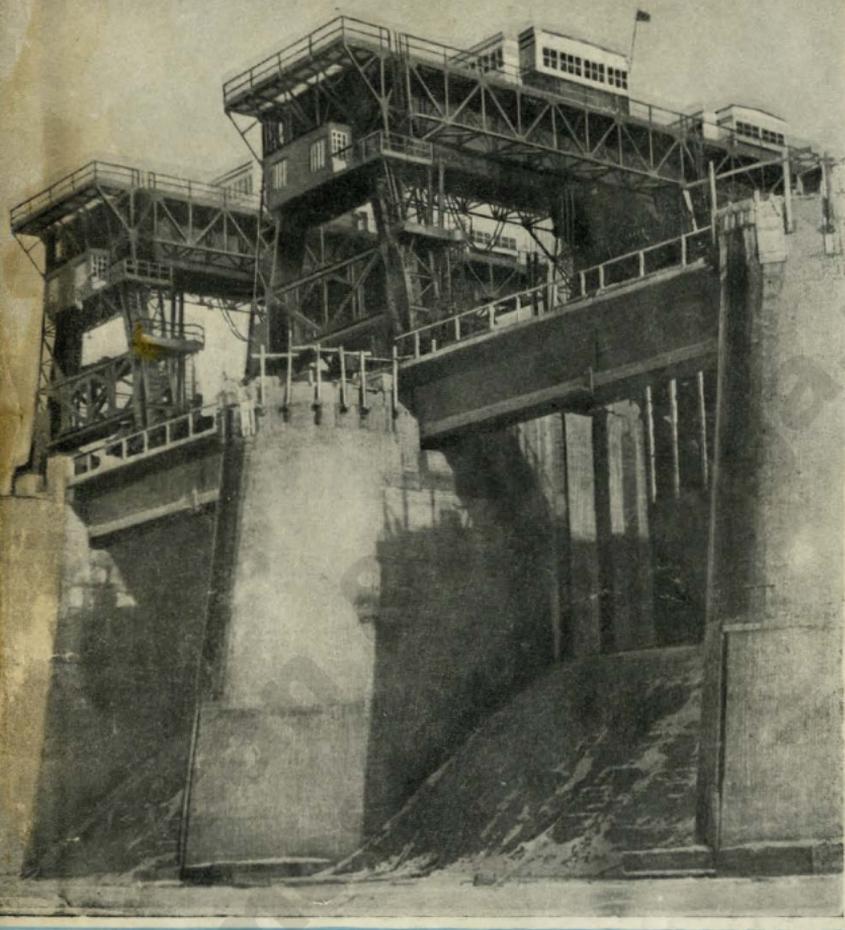
Кухонный корпус  
для 12 человек



Акуловский поселок. Контора  
Арх. В. И. Шведер

А. Морозов  
Ежедневник

363622 / 1191



Цена 3 руб.