

ДЛЯ СЛУЖЕБНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

КАНАЛ
МОСКВА
ВОЛГА

ВОДОПРОВОДНЫЕ
СООРУЖЕНИЯ
И САНИТАРИЯ

1917 - 1917








СРЕДНЕУЗДАД 1941

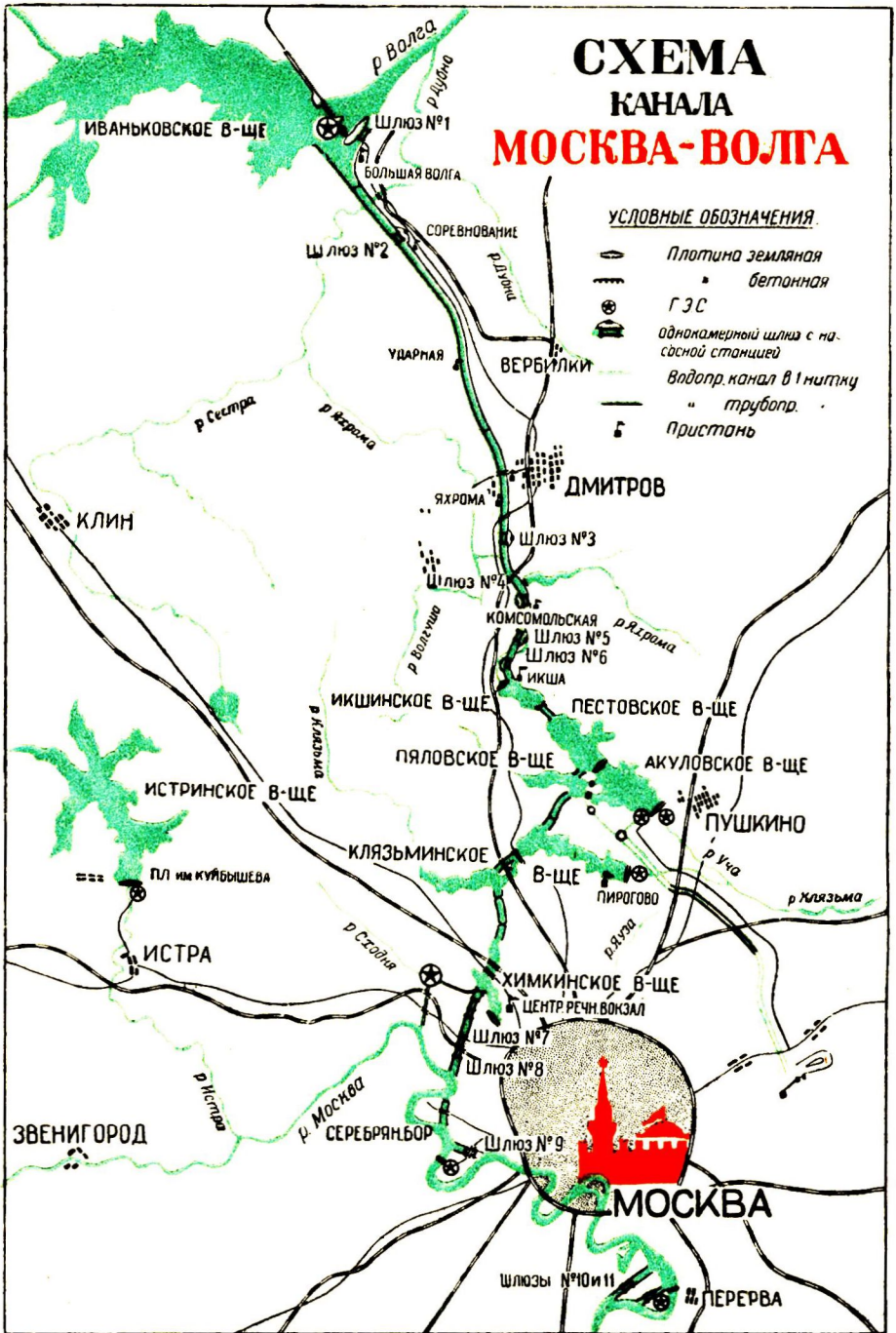
Пролетарии всех стран, соединяйтесь!



СХЕМА КАНАЛА МОСКВА-ВОЛГА

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

-  Плотина земляная
-  бетонная
-  ГЭС
-  однокамерный шлюз с та-
сисной станцией
-  Водопр. канал в 1 нитку
-  " трубой
-  Пристань



НКВД СССР

БЮРО ТЕХНИЧЕСКОГО ОТЧЕТА О СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАНАЛА
МОСКВА—ВОЛГА

*Для служебного
пользования*

№ 7

КАНАЛ
МОСКВА—ВОЛГА
ВОДОПРОВОДНЫЕ
СООРУЖЕНИЯ
И САНИТАРИЯ

1932—1937 гг.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО СТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1940 ЛЕНИНГРАД

В данном выпуске технического отчета о строительстве канала Москва—Волга описываются схема, конструкции и методы постройки Водопроводного канала и Сталинской насосно-очистительной станции. В главе VII дается описание принятых в проекте канала Москва—Волга принципиальных положений по санитарным мероприятиям и осуществление этих мероприятий строительством. Освещаются санитарное состояние Москва-реки в связи с ее обводнением из канала Москва—Волга и качество питьевой воды, подаваемой Сталинской насосно-очистительной станцией в г.Москву.

Книга рассчитана на инженеров и техников проектировщиков и производственников по гидротехническому и водопроводному строительству, а также работников в области коммунальной санитарии и гигиены.

В составлении настоящего выпуска отчета принимали участие: инж. И. П. САЗОНОВ, инж. К. К. РАДЕЦКИЙ, врач Я. А. МОГИЛЕВСКИЙ, инж. П. И. ЛОГУНОВ и др.

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

Ответственный за выпуск инж. Г. С. МИХАЛЬЧЕНКО.

Построенный по специальному заданию СНК СССР и ЦК ВКП(б) канал Москва—Волга — этот крупнейший комплекс гидротехнических и иных сооружений второй Сталинской пятилетки — призван решить три основные задачи водохозяйственной реконструкции Москвы:

1. Обеспечить бесперебойное снабжение столицы доброкачественной водой для питьевых, бытовых и промышленных целей в количестве, достаточном не только для ближайшего периода, но и для последующего развития.

2. Обеспечить коренное санитарно-гигиеническое и культурное улучшение протекающей в центре города Москва-реки и ее притоков, а также прилегающих водоемов путем подпора реки в центре города и дополнительного питания ее и ее притоков за счет водного стока других рек.

3. Соединить столицу Союза — Москву первоклассным водным путем с основной водно-транспортной артерией Союза — Волгой.

При решении этих трех основных задач была решена одновременно дополнительная задача по использованию сооружений, строящихся для водоснабжения, обводнения и транспорта, также для получения гидроэнергии.

Водоснабжение Москвы до постройки канала Москва—Волга было недостаточно. Местные водные ресурсы — Москва-река и ее притоки, а также подземные воды — не могли удовлетворить все возрастающий из года в год спрос на воду бурно растущего города.

Еще старая купеческая Московская городская управа занималась вопросом, как и откуда обеспечить Москву необходимой водой. Но она оказалась совершенно бессильной и неспособной не только в корне разрешить, но даже надлежащим образом поставить эту задачу.

«Ни старые инженеры — говорил тов. Л. М. Каганович в 1934 г. — ни старые городские деятели не могли подняться выше своего класса и охватить эту проблему так, как охватил ее рабочий класс, когда вопрос водоснабжения Москвы был поставлен перед ним гигантскими темпами роста пролетарской столицы».

Только в результате осуществления гениальной идеи великого Сталина о постройке канала, соединяющего Москва-реку с Волгой — водохозяйственная проблема Москвы оказалась разрешенной коренным образом.

При выполнении этого задания партии и правительства строительству канала Москва—Волга пришлось преодолеть немало трудностей и в ряде случаев разрешать задачи, не имевшие еще precedентов в практике советского и мирового строительства.

Так, в процессе проектирования одним из первых встал вопрос о том, как совместить водоснабженческое и транспортное назначение канала. После тщательного изучения вопроса совместно с представи-

телями Государственной санитарной инспекции, Санитарного института им. Эрисмана, Академии коммунального хозяйства и работниками водного транспорта решение было найдено и притом, как отметила Правительственная приемочная комиссия и как подтвердилось опытом истекшего периода эксплуатации канала, вполне удачное.

В результате проведения целого ряда санитарно-оградительных мероприятий — устройства специального отстойного водохранилища с забором в него воды с больших глубин судоходной части канала, отделения водоснабженческой, отстойной части водохранилища от его судоходной части специальными разделительными плотинами двухстороннего напора, введения строгой санитарной охранной зоны, тщательной очистки ложа канала и его водохранилищ, наконец допуска к плаванию по каналу лишь судов, имеющих специальные санитарные устройства, не допускающие загрязнения системы канала, и ряда других мероприятий, — опыт канала Москва—Волга доказал полную возможность совместного разрешения задач водоснабжения и транспорта в условиях нашего планового социалистического хозяйства.

В настоящем выпуске Отчета вопросам санитарного благоустройства отведен специальный раздел.

В техническом отношении опыт постройки канала Москва—Волга в водопроводной его части представляет значительный интерес. Несколько лет тому назад вопрос о допустимости подачи к городу воды для бытовых целей открытым каналом (дающим значительную экономию в средствах и материалах) казался спорным. Опыт канала Москва—Волга доказал полную возможность применения открытых каналов и для водоснабженческих целей при условии тщательного ограждения их от попадания всевозможных загрязнений — проложения по малонаселенной местности, изоляции от сточных и грунтовых вод, введения строгой санитарной охранной зоны и организации надлежащей очистки воды перед подачей ее в водопроводные магистрали.

На канале Москва—Волга в его водопроводной части применен также ряд новых в практике водопроводного строительства конструкций.

Правительственная комиссия, принимавшая сооружения канала отметила между прочим, что «Водопроводный канал по своей конструкции в целом и в отдельных частях представляет сооружение, вполне отвечающее современным требованиям водоснабжения Москвы. Канал как гидротехническое сооружение представляет несомненное достижение советской техники».

Вместе с тем Правительственной комиссией отмечено, что это обстоятельство обязывает «особо тщательно продумать и организовать эксплуатацию канала для достижения наибольшего хозяйственного эффекта».

Редакционная коллегия надеется, что настоящий выпуск Технического отчета о строительстве канала Москва—Волга поможет проектировщикам и строителям других аналогичных строек, — в особенности по водопроводным сооружениям, получающим у нас сейчас большое развитие, — использовать полученный опыт строительства канала.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ГЛАВА I

ВОДОСНАБЖЕНИЕ МОСКВЫ И КАНАЛ МОСКВА—ВОЛГА

1. РЕКОНСТРУКЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ МОСКВЫ

С постройкой канала Москва—Волга — величайшего сооружения второй Сталинской пятилетки решены одновременно три задачи:

- 1) обеспечено полное и бесперебойное снабжение водой из городского водопровода населения и промышленности столицы СССР;
- 2) создан глубоководный судоходный путь, соединяющий Москва-реку с Волгой и северными системами речных путей;
- 3) Москва-река в пределах города получила дополнительное количество воды для своего освежения и обводнения и из мелководной превратилась в глубоководную реку.

Для водоснабжения красной столицы канал Москва—Волга служит новой, надежной, рассчитанной на много лет базой. Именно на этой базе осуществляется реконструкция водоснабжения по Сталинскому генеральному плану реконструкции Москвы.

Москва-река как источник водоснабжения оказывалась недостаточной еще в дореволюционные годы. Однако буржуазно-купеческая городская дума не могла справиться с проблемой водоснабжения. В городском хозяйстве проводилась политика эксплуататорских классов. Не было заботы о благоустройстве всего города. Основные средства направлялись на благоустройство кварталов, населенных буржуазией и зажиточными людьми. Рабочие кварталы и окраины тонули в грязи; не имели света, воды, канализации, мостовых. Тяжесть же городских поборов падала на трудящееся население этих кварталов.

К 1913 г. население Москвы составляло 1 675 тыс. человек. Подавалось воды городским водопроводом 105 тыс. м³/сутки, т. е. на одного человека приходилось 62 л/сутки. Недостаток воды давал себя чувствовать. Городской думой были организованы изыскания источников водоснабжения. Предполагалось устроить водопровод с забором воды по трубам из рек Волги и Оки или создать водохранилища в верховьях Москва-реки и ее притоков, откуда подавать воду к Москве. Но все стремления деятелей Московской городской думы оказались безрезультатными. Дальше проектных предположений работы городской думы не двинулись. Октябрьская революция застала водоснабжение Москвы и особенно ее окраин в самом жалком состоянии.

По восстановлению водопровода столицы после войны и разрухи необходимо было вновь изыскивать источники водоснабжения. В 1925 г. возобновились изыскания, начатые городской думой. Снова возникли предположения о создании в верховьях Москва-реки водохранилищ-запруд.

На июньском пленуме ЦК ВКП(б) в 1931 г. Лазарь Моисеевич Каганович резко критиковал авторов так называемого запрудного варианта. Он говорил: «Существовал проект постройки ряда запруд на самой Москва-реке у Можайска, затем запруд на реке Истре и на реке Рузе. Так называемый запрудный вариант, строительство запруд на самой Москва-реке, на реке Истре, на реке Рузе и у Можайска — это только заплаты. При затрате 100 млн. руб. с лишним мы не получим полного разрешения проблемы и не обеспечим Москвы водой для нужд водоснабжения и в особенности для нужд судоходства».

«Заплатному» проекту была противопоставлена гениальная идея товарища Сталина о соединении Москва-реки с Волгой глубоководным каналом, разрешающая комплексно проблемы водоснабжения, судоходства и обводнения.

По докладу тов. Л. М. Кагановича июньский пленум ЦК ВКП(б) 15 июня 1931 г. принял следующее решение: «Наряду с проводимыми текущими мероприятиями, обеспечивающими расширение водоснабжения на ближайшие два года, ЦК считает необходимым коренным образом разрешить задачу обводнения Москва-реки путем соединения ее с верховьем р. Волги и поручает московским организациям совместно с Госпланом и Наркомводом приступить немедленно к составлению проекта этого сооружения с тем, чтобы уже в 1932 году начать строительные работы по соединению Москва-реки с Волгой».

Вскоре после этого постановления начались работы по строительству канала Москва—Волга.

Основным источником водоснабжения Москвы до постройки канала Москва—Волга была Москва-река. Лишь незначительное количество грунтовой воды подавалось из района Мытищ и получалось из артезианских скважин в городе. В 1931 г. Москва потребляла ежедневно 352 тыс. м³ воды; на 1 жителя приходилось 117 л/сутки.

В целях улучшения водоснабжения было произведено расширение городской водопроводной сети, построена новая Черепковская очистная станция и крупные водоводы в город, мощность Рублевской насосной станции увеличена и построена Рублевская плотина на Москва-реке. В 1934 г. была закончена постройкой плотина имени В. В. Куйбышева на р. Истре, которая создала водохранилище объемом 183 млн. м³. Минимальный расход Москва-реки, отрегулированный Рублевской и Истринской плотинами, повысился с 9 до 14 м³/сек. Все эти мероприятия дали возможность к 1937 г. еще до того, как были открыты канал Москва—Волга и новая Сталинская насосно-очистительная станция на волжской воде, подавать в Москву 702 тыс. м³ воды в сутки, или 195 л на человека. Эта норма водопотребления уже втрое превышала норму 1913 г. Основным недостатком московской системы водоснабжения являлись ее все же ограниченная мощность и питание водой города с одной стороны — с запада.

Сталинский генеральный план реконструкции Москвы предусматривает общую мощность Московского водопровода в перспективе в 180 млн. ведер в сутки, или 2,2 млн. м³, что дает среднесекундный расход в 25,5 м³/сек. Обеспечение такой подачи воды в Москву предусматривается от трех новых станций на волжской воде: Сталинской — в восточной части города, Северной — к северу от городской границы и Пролетарской — на юго-востоке города. Снабжение водой с запада идет от Рублевской и Черепковской станций. Таким образом Москва получает питание водой со всех четырех направлений.

Водный баланс канала Москва—Волга предусматривает возможность подачи волжской воды на нужды водоснабжения в количестве

26 м³/сек¹. Эта возможность и создает надежную многолетнюю базу развития водоснабжения Москвы при норме водопотребления в 600 л на человека в сутки.

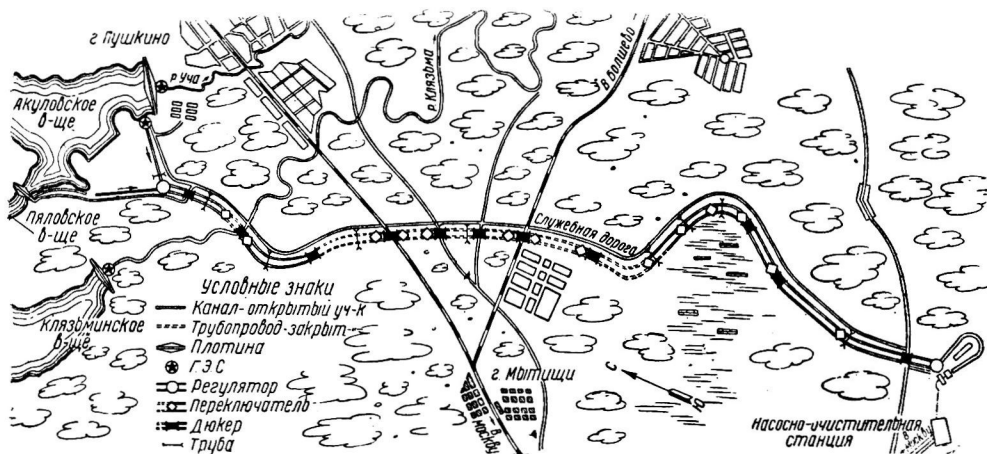
Сталинский генеральный план предусматривал своевременную подготовку Московского водопровода к приему волжской воды: в нем указывалось о постройке к 1938 г. новой водопроводной станции на волжской воде мощностью в 50 млн. ведер в сутки (600 тыс. м³) — Сталинской станции. Предначертание плана выполнено; станция построена.

Она расположилась в 8 км от восточной границы города. Целесообразность выбора места ее постройки подтвердилась немедленно с пуском первой же воды от станции в город 16 июня 1937 г. Слабо снабжавшиеся до этого водой от Рублевской станции Сталинский, Железнодорожный, Бауманский и Первомайский районы Москвы получили достаточное количество воды с хорошим напором, обеспечившим подачу воды в самые верхние этажи домов. К концу 1939 г. водоснабжение достигло 240 л на человека в сутки.

Путь волжской воды к Сталинской насосно-очистительной станции идет через систему водохранилищ водораздельного бьефа канала Москва—Волга и через специальный Водопроводный канал.

2. ЗНАЧЕНИЕ ВОДОПРОВОДНОГО КАНАЛА

Среди водохранилищ водораздельного бьефа канала Москва—Волга особое место занимает водохранилище на р. Уче с плотиной близ сел. Акулова. Из этого водохранилища питается отстойной волжской водой новая Сталинская насосно-очистительная станция Москвы.



Фиг. 2. Схема Водопроводного канала.

От водохранилища к станции построен канал, получивший название Водопроводного. Длина его 28 км. Основное направление канала немного отклоняется к востоку от меридиана (фиг. 2).

Канал этот имеет лишь одно назначение — подачу воды от Учинского водохранилища к Сталинской, а в последующем к Пролетарской водопроводным станциям. Назначение канала наряду с естественными условиями местности по его трассе определило гидравлическую схему,

¹ См. водный баланс в общем выпуске Отчета «Канал Москва — Волга».

конструкцию, устройства для управления и обслуживания и санитарный режим канала. Необходимо было создать канал значительного протяжения, пересечь им заселенные и незаселенные местности при всем разнообразии их топографических и геологических условий, выполнив при этом основные требования — сохранение качества отстоянной в водохранилище воды и создание полной гарантии бесперебойности работы. Чтобы удовлетворить этим требованиям, Водопроводный канал построен в две нитки. Близ населенных местностей он представляет собой закрытые железобетонные трубопроводы. Открытые участки канала облицованы бетонными и железобетонными плитами с соответствующей гидроизоляцией. Вдоль канала создана зона санитарной охраны.

Пропускная способность Водопроводного канала первой очереди составляет $18 \text{ м}^3/\text{сек}$; из них $2 \text{ м}^3/\text{сек}$ на потери в канале, а $16 \text{ м}^3/\text{сек}$ — полезная подача воды к Сталинской и Пролетарской станциям¹.

Подобного рода канал, несущий воду для водопроводных станций, создан в СССР впервые.

ГЛАВА II

СХЕМА ВОДОПРОВОДНОГО КАНАЛА

1. УЧИНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Из водохранилища на Волге, так называемого Московского моря, волжская вода перекачивается пятью насосными станциями в водораздельный бьеф канала Москва—Волга на высоту 38—45 м (в зависимости от уровня воды в водохранилище на Волге).

Водораздельный бьеф канала Москва—Волга представляет собой систему водохранилищ, созданных шестью земляными плотинами в долинах рек Икши, Учи, Вязи, Клязьмы и Химки. Центральную часть этого бьефа составляют водохранилища на р. Уче и ее притоке Вязи. Учинское водохранилище предназначено только для нужд водоснабжения, тогда как правая ветвь его верховьев и водохранилище на р. Вязи используются для судоходства, и поэтому отделены от Учинского водохранилища глухими земляными плотинами. Система гидротехнических сооружений этих трех водохранилищ образует Учино-Пестово-Пяловский узел, состоящий из трех земляных плотин — Учинской (или Акуловской), Пестовской и Пяловской с водосбросными и водопропускными сооружениями при них (фиг. 3).

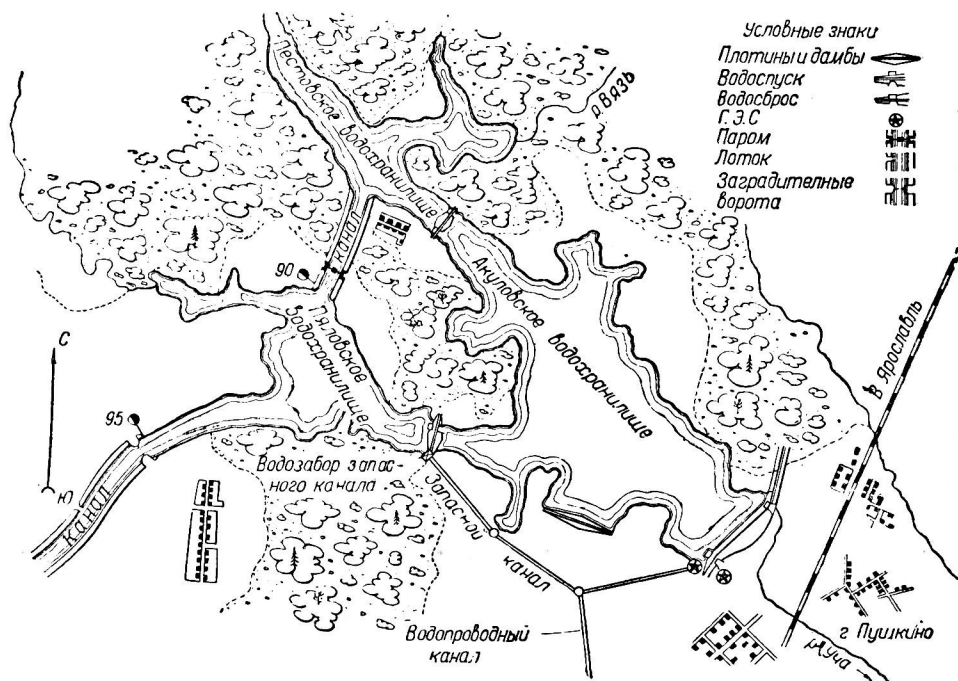
Основное сооружение Учино-Пестово-Пяловского узла — Акуловская плотина построена в долине р. Учи и замыкает с восточной стороны водораздельный бьеф канала Москва—Волга. Она расположилась в живописной лесистой местности у бывшего сел. Акулово Пушкинского района, Московской области в 3 км от ст. Пушкино Ярославской ж. д.

Акуловская земляная плотина высотой 24,3 м, напором 21,3 м, длиной 1 850 м, а вместе с сопрягающими береговыми дамбами 2 580 м создает водохранилище длиной 12 км, объемом $146,14 \text{ млн. м}^3$ и с площадью зеркала $19,34 \text{ км}^2$. Волжская вода, а также вода с водосбора р. Учи отстаивается и осветляется в этом водохранилище, прежде чем поступить в Водопроводный канал. В случае перерывов в подаче воды в водораздельный бьеф из-за порчи или ремонта насосов Учинское водохранилище может быть сработано на 2 м против нормальной под-

¹ В перспективе при доведении пропускной способности Водопроводного канала до $28 \text{ м}^3/\text{сек}$ потери приняты в $3 \text{ м}^3/\text{сек}$ (см. ниже п. 4).

порной отметки, что обеспечивает бесперебойную подачу воды к Москве летом в течение 23 суток, а зимой — 62 суток. Горизонт воды в водохранилище на отм. 162—160 м командует над всей трассой Водопроводного самотечного канала (фиг. 4).

Подъему воды в водохранилище предшествовала большая и тщательная очистка его ложа от остатков строений, мусора, кустарников, скотомогильников и пр. Очисткой преследовались цели сохранения хорошего качества воды. Вокруг водохранилища создана зона санитарной охраны¹.



Фиг. 3. Схема Учино-Пестово-Пяловского узла сооружений.

Акуловская земляная плотина возведена из местных песчаных грунтов. Основание плотины сложено из разнохарактерных сильно водопроницаемых грунтов, по преимуществу песчаных. Водоупорные грунты в основании плотины залегают на практически недоступной глубине (фиг. 5).

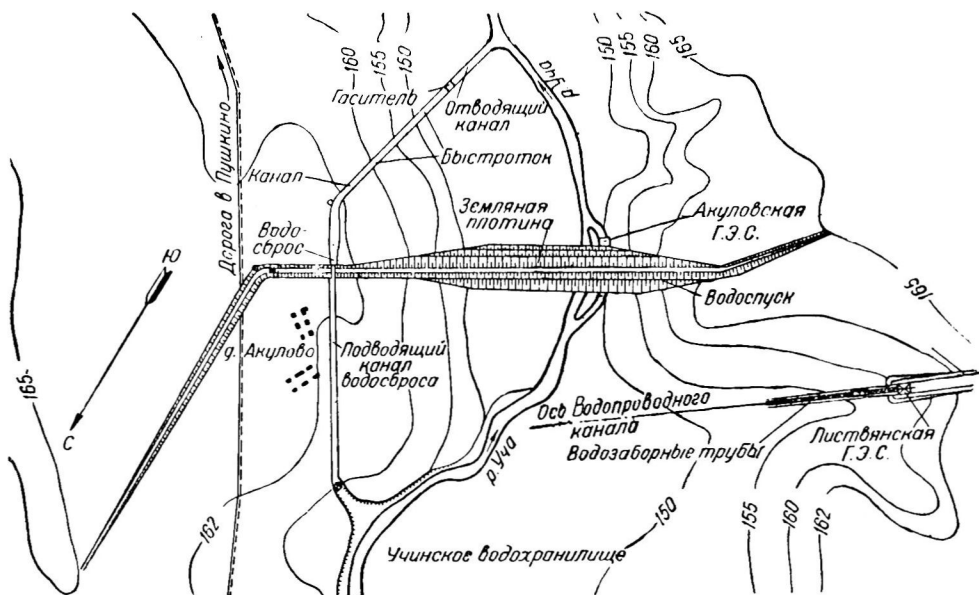
Для уменьшения фильтрации через тело и основание плотины по ее верховому откосу уложен слоистый песчано-торфяной экран, переходящий в горизонтальный песчано-торфяной понур. Опытами на модели в дамбовом лотке Гидротехнической лаборатории Строительства была установлена необходимая эффективная длина пути фильтрации в 10 напоров, считая от начала понура до входа в дренажную призму у подошвы низового откоса.

Ввиду отсутствия вблизи плотины достаточного количества суглинков для понура и экрана последний устроен из трех слоев местного торфа по 0,50 м и двух слоев песка по 0,50 м. Понур уложен из двух

¹ Подробнее о санитарии водохранилища и канала см. в главе VII настоящего выпуска.

слоев торфа по 0,50 м со слоем песка 0,50 м между ними. Лишь в самом русле р. Учи понур устроен из суглинков. Сверху экран и понур защищены песчаным слоем. У подошвы экрана забиты два деревянных шпунтовых ряда на глубину 6,0 м.

Для отвода фильтрационных вод у подошвы низового откоса плотины устроена дренажная призма из гравия и камня, выполняющая одновременно роль упора для низового откоса.



Фиг. 4. План Акуловской плотины.

По гребню плотины, имеющему ширину 10 м, устроены проезжая дорога шириной 6,50 м с гравийной одеждой и асфальтированные тротуары (фиг. 6).

Верховой откос плотины в пределах колебания горизонта воды в водохранилище укреплен каменной одеждой в 0,50 м на слое гравия. Низовой откос укреплен одерновкой в клетку с засевом травой.

В начальный период эксплуатации в нижнем бьефе плотины наблюдались выходы грунтовых вод, для отвода которых в пойме реки за плотиной был устроен дренаж. Кроме того по всей ширине поймы на протяжении 50 м была возведена песчаная пригрузка толщиной в 3,0 м.

Бетонный водосброс Акуловской плотины предназначен для сброса излишних паводковых вод и рассчитан на расход в $122 \text{ м}^3/\text{сек}$. Водосброс состоит из следующих частей: подводящего канала, головного сооружения с затвором, перепада и быстротока и отводящего канала (фиг. 7).

Донный водоспуск при Акуловской плотине выполнен в виде бетонной штольни овоидального сечения размером $4,55 \times 4,60 \text{ м}$ и длиной 111,5 м. Внутри штольни проложены два металлических трубопровода диаметром 1,30 м. Во время постройки плотины штольня служила для пропуска расходов р. Учи. При эксплуатации водоспуск предназначен для пропуска расходов на обводнение р. Учи ниже плотины. Кроме того через водоспуск может быть произведено опорож-

нение водохранилища для освежения воды или в случае ремонта сооружений.

При донном водоспуске Акуловской плотины построена гидроэлектростанция мощностью 280 квт, утилизирующая энергию воды, поступающей из водохранилища на обводнение р. Учи (фиг. 8).

Верховья Учинского водохранилища входят в судоходную трассу канала Москва — Волга, а потому по санитарным соображениям отделены от нижней отстойной части водохранилища глухими плотинами Пестовской и Пяловской. Назначение этих разделительных плотин состоит в том, чтобы пропускать воду из нижних слоев судоходной части водораздельного бьефа канала в отстойное Учинское водохранилище, устранив при этом попадание плавающих масел, нефти и других загрязняющих веществ; обеспечить возможность опорожнения отстойного водохранилища, не нарушая при этом судоходных условий канала; пропускать в случае необходимости паводковые воды из судоходной части водораздельного бьефа в Учинское водохранилище.

При одинаковых уровнях воды в отстойном Учинском водохранилище и в судоходной части бьефа Пестовская и Пяловская плотины являются лишь разделительными, не удерживающими напора; при понижении же горизонта с той или другой стороны они поддерживают напор.

Пестовская земляная плотина построена с суглинистым ядром и имеет размеры: высоту 18,0 м, напор 15,0 м, ширину по гребню 10,0 м, длину 707 м. Плотина поддерживает Пестовское водохранилище емкостью 54,38 млн. м³ с площадью зеркала 11,60 км² (фиг. 9—12).

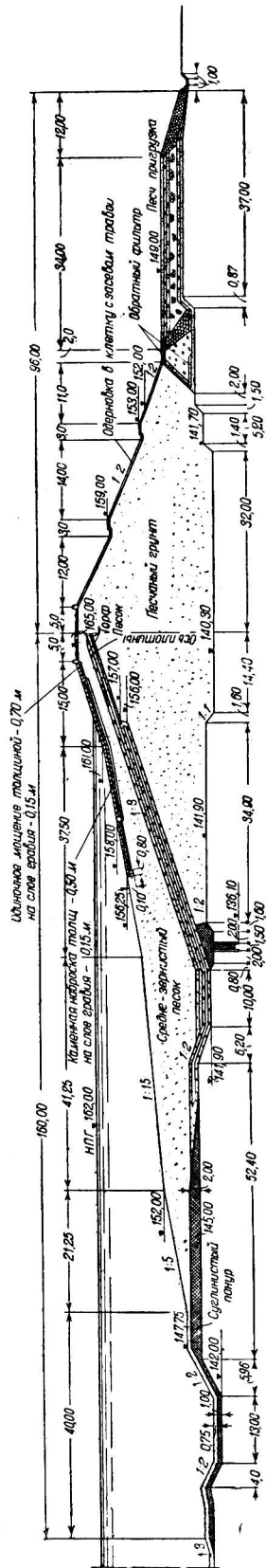
При плотине имеется донный водоспуск в виде бетонной штольни овоидального сечения размером 3,55×3,68 м, длиной 92,5 м. Бетонный водосброс рассчитан на пропуск катастрофического расхода в 170 м³/сек.

Пяловская земляная плотина такого же типа, как Пестовская, имеет высоту 16,0 м, напор 13,0 м, ширину по гребню 10 м, длину 682 м, а вместе с береговой дамбой 1 094 м.

Она поддерживает Пяловское судоходное водохранилище емкостью 18,3 млн. м³ с площадью зеркала 6,3 км².

Бетонный водоспуск при Пяловской плотине имеет штольню овоидального сечения размером 3,55×3,68 м, длиной 64 м¹ (фиг. 13—14).

¹ Более подробная характеристика основных сооружений Учино-Пестово-Пяловского узла сооружений см. в выпуске Отчета „Гидротехнические сооружения канала Москва — Волга“.



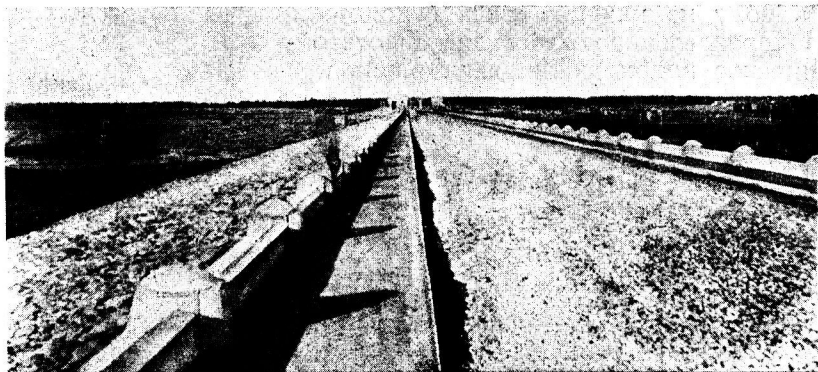
Фиг. 5. Поперечное сечение Акуловской плотины.

2. ТРАССА КАНАЛА

Основное направление Водопроводного канала определялось расположением Учинского отстойного водохранилища, предназначенного для питания канала, и Сталинской насосно-очистительной станции близ восточной границы Москвы.

Выбор трассы канала диктовался следующими основными условиями:

- 1) от Учинского водохранилища с нормальной подпорной отметкой 162,0 м и отметкой после предвесенней сработки 160,00 м и до водоприемника Сталинской станции канал должен быть самотечным;
- 2) для наибольшей надежности конструкции канал должен прокладываться преимущественно в выемках;



Фиг. 6. Общий вид Акуловской плотины.

- 3) трасса канала должна удовлетворять санитарным требованиям;
- 4) населенные пункты могли затрагиваться в минимальной мере;
- 5) на случай выключения из работы отстойного водохранилища должна быть предусмотрена возможность подачи воды в канал из водохранилищ судоходной части канала Пестовского или Пяловского.

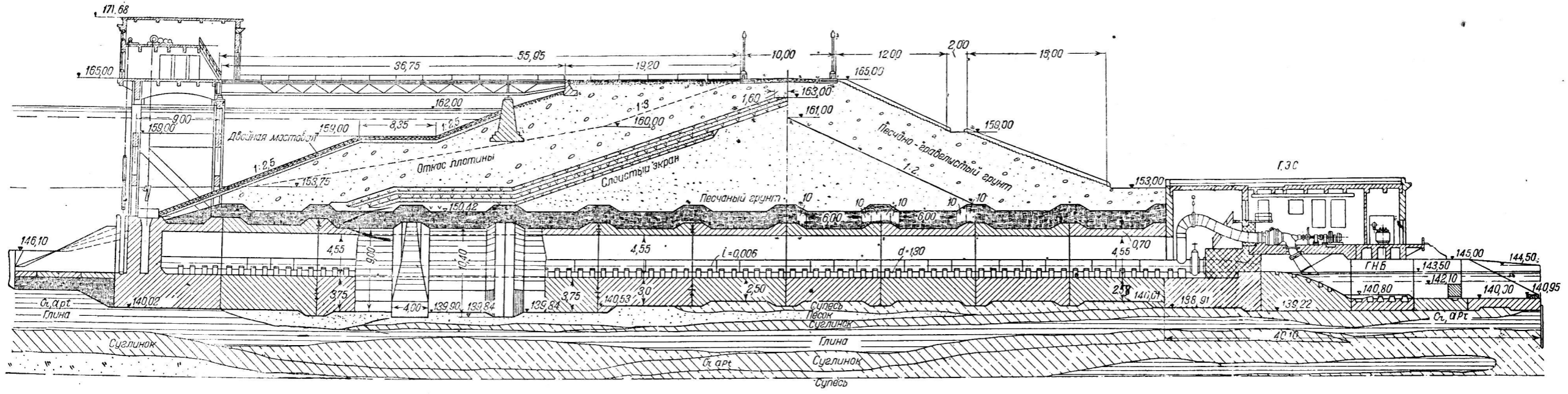
После изучения местности в полосе шириной до 12 км были намечены две резко отличающиеся по своему направлению трассы канала:

1) первая — с головной частью канала на водоразделе между реками Учей и Клязьмой и далее в направлении на юг к Сталинской насосно-очистительной станции у с. Щитниково;

2) вторая — с головной частью канала, проложенной по низким местам вдоль р. Учи в обход с восточной стороны дачных поселков Мамонтовки и Клязьмы и дальше также в направлении с. Щитниково.

От второй трассы пришлось отказаться вследствие получавшейся при этом значительно большей длины канала по сравнению с первой трассой. Кроме того по второму варианту канал проходил по густо населенным дачным местностям, что потребовало бы по санитарным условиям устройства на значительном протяжении дорогого стоящего закрытого канала. Поэтому дальнейшее проектирование велось по первой трассе.

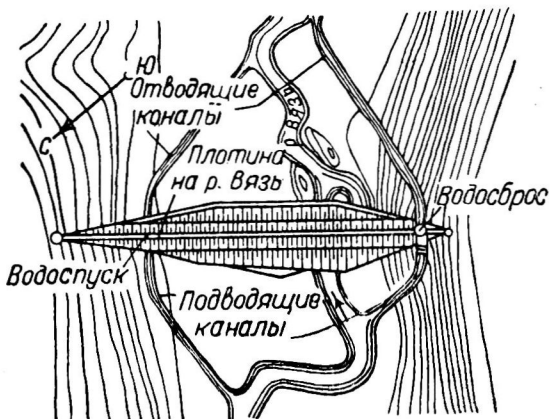
В начальной стадии проектирования весь канал предполагалось устроить открытым. Однако вследствие значительной населенности отдельных пунктов по трассе пришлось по санитарным соображениям наметить во многих местах более сложную и дорогую конструкцию закрытого канала; при этом оказалось возможным несколько сократить



Фиг. 8. Продольный разрез по оси водоспуска Акуловской плотины.

части канала имеет максимальную отм. 167,25 м (на км 1 + 500). При подходе к р. Клязьме, между селениями Черкизово и Каргашино, канал прорезает возвышенность коренного берега р. Клязьмы с максимальной отм. 151,3 м. Спускаясь в р. Клязьму на 6-м километре, канал достигает наиболее низкой по всей трассе отм. 144,5 м (дно р. Клязьмы).

Перейдя р. Клязьму и перерезав водораздел рек Клязьмы и Яузы по восточной окраине поселка Старых большевиков, трасса канала, постепенно понижаясь, пересекает низину района пос. Тарасовка, где отметка местности 152,9 м. На км 9 + 500 трасса пересекает магистральные пути Ярославской ж. д.



Фиг. 9. План Пестовской плотины.

Далее, прорезав перевал с максимальной отметкой поверхности земли 161,0 м, канал опускается в седловину с минимальной отметкой поверхности земли 149,6 м. На км 12+765 канал пересекает Щелковскую линию Ярославской ж. д.

Выйдя из низины и прорезав на км 13—15 водораздел рек Клязьмы и Яузы с максимальной отм. 160,0 м, трасса, оставляя с востока Трудкоммуну НКВД, огибает Мытищинское болото, пересекая на км 19+400 узкий перешеек болота с отметкой земли 160,2 м.

Далее, идя по водоразделу рек Яузы и Пехорки с общим направлением на с. Щитниково, трасса канала пересекает Щелковское шоссе, примерно в расстоянии 1 км к востоку от с. Щитникова и, следуя на юг, проходит еще 600 м, заканчиваясь на км 28 + 150, примерно в 2 км к западу от Мазуринского болота (фиг. 15).

На всем протяжении канала местность покрыта хвойным лесом с небольшими разрывами.

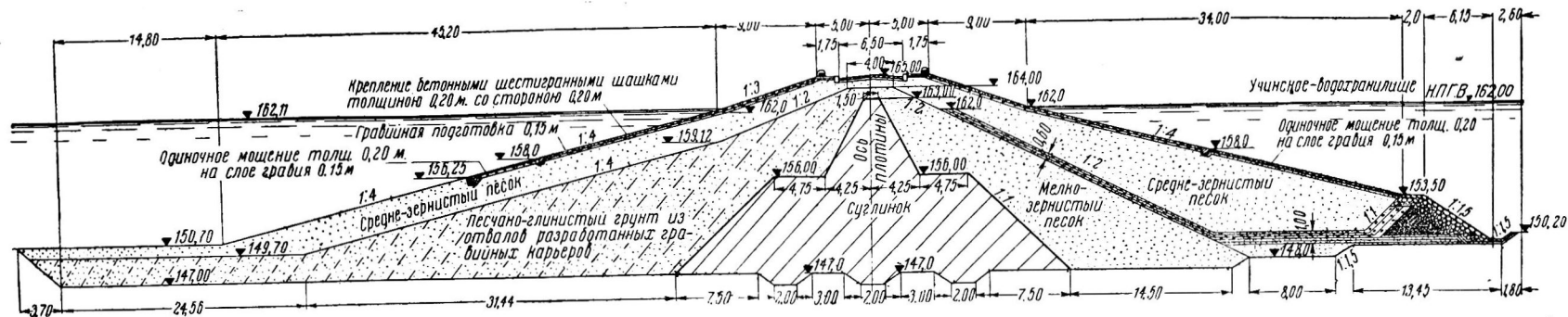
Северная половина трассы канала значительно заселена. Здесь расположены поселки: Листвяны, Звягино, Мамонтовка, Клязьма, Черкизово, Болшево, Подлипки, г. Мытищи, Трудкоммуна и др. Южная половина трассы менее заселена. Здесь имеются Мытищинское болото, лесной массив.

Геологическое строение по трассе Водопроводного канала в общих чертах следующее.

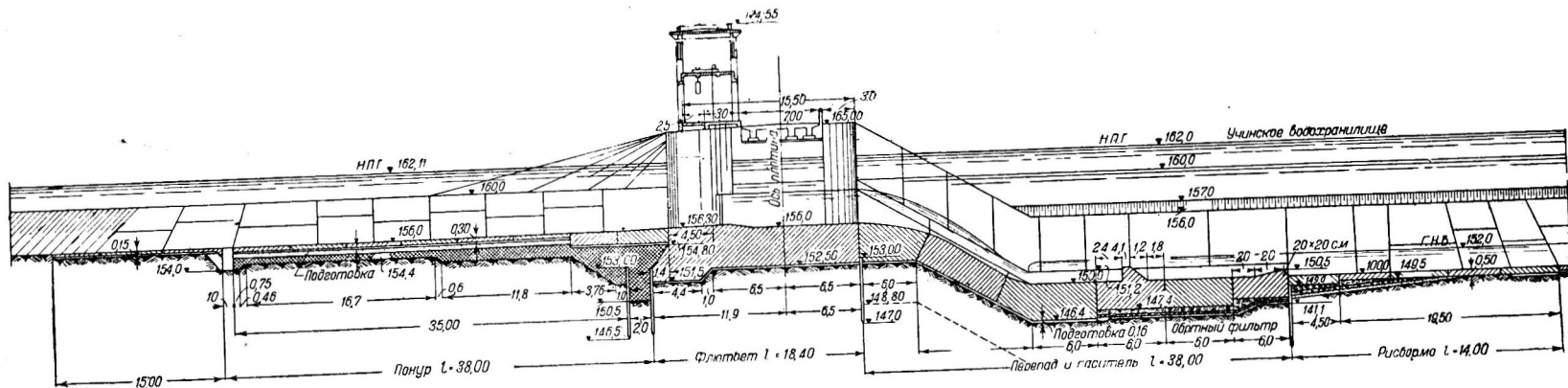
Высокий берег р. Учи в начале канала сложен желто-бурыми песками древнего аллювия с включением гравия и гальки. С км 1 + 500 местность снижается с отм. 165,0 м до отм. 158,0 м; трасса канала проходит по плато средней террасы, сложенному из песков также древнего аллювия. Пески эти сверху слабоглинистые, содержат редкую угловатую окатанную гальку. Под древне-аллювиальными песками залегают более равномерные, чистые, мелкозернистые пески предледникового происхождения (ниже дна канала) (фиг. 16).

Начиная от пересечения трассы канала со Щелковской линией Ярославской ж. д. до Мытищинского болота (км 19 + 500), залегают чистые мелкозернистые пески с редкой галькой.

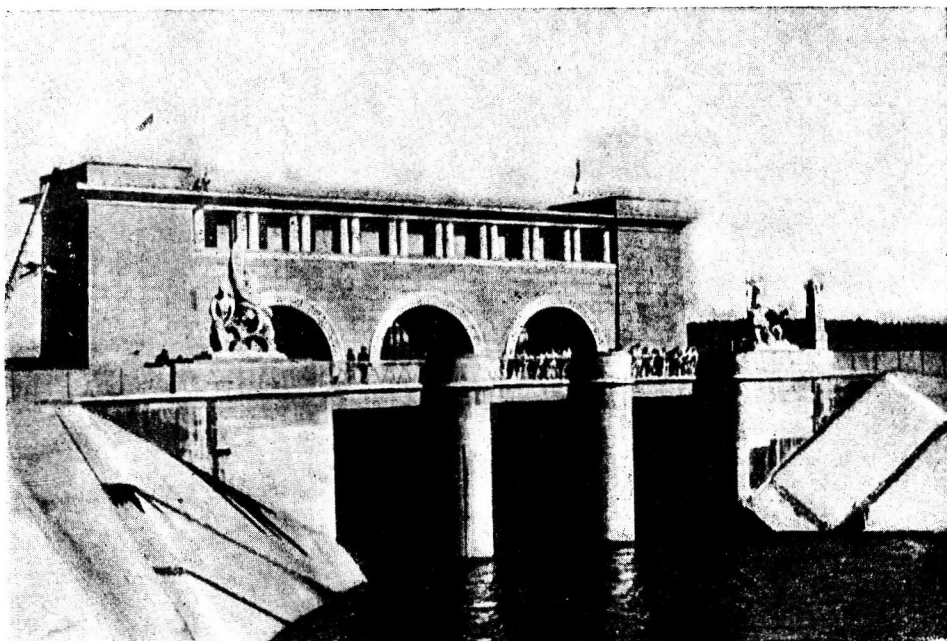
От низины Мытищинского болота (км 19 + 500) и далее до конца



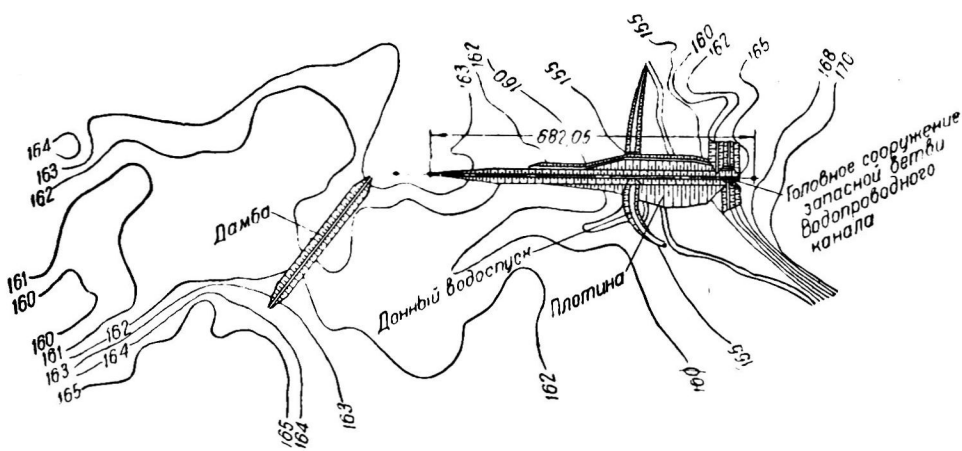
Фиг. 10. Поперечное сечение Пестовской плотины.



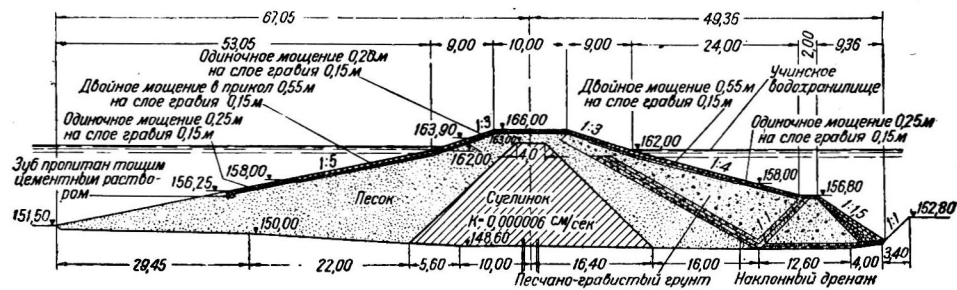
Фиг. 11. Продольный разрез по оси водосбора Пестовской плотины.



Фиг. 12. Водоброс Пестовской плотины.



Фиг. 13. План Пяловского узла сооружений.



Фиг. 14. Поперечное сечение Пяловской плотины.

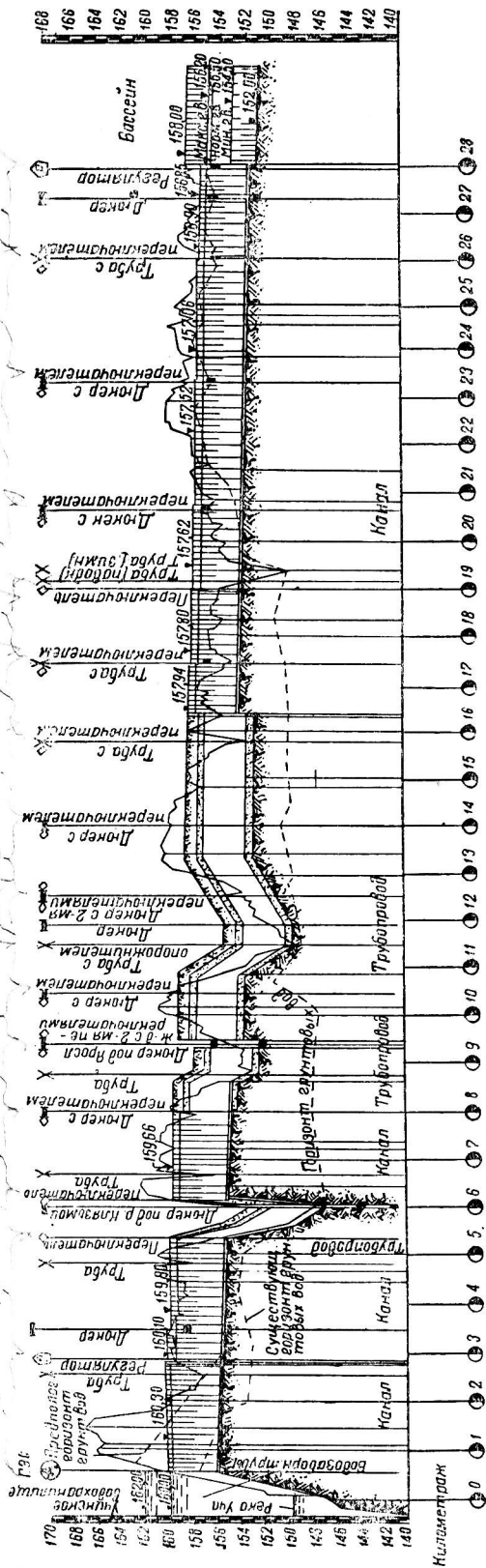
канал проходит по местности, сложенной мореной. С км 22 морена все ближе подступает к поверхности и с км 27 залегает прямо у поверхности, прикрывая лишь небольшим песчано-глинистым чехлом. Уровень грунтовых вод по трассе в основном следует за рельефом поверхности земли.

От начала канала до спуска в пойму р. Клязьмы грунтовые воды залегают в среднем на отм. 154,0 м, поднимаясь лишь на участке около км 0+600 до отм. 156,50 м. Однако режим грунтового потока после наполнения Учинского водохранилища резко изменился. В начальной части канала уровень грунтовых вод оказался подпертым до отм. 162,0 м, постепенно опускаясь до отм. 154,0 м на км 3+900.

От р. Клязьмы до Мытищинского болота (км 6—км 19+500) уровень грунтовых вод находится на отм. 147,5—151,0 м.

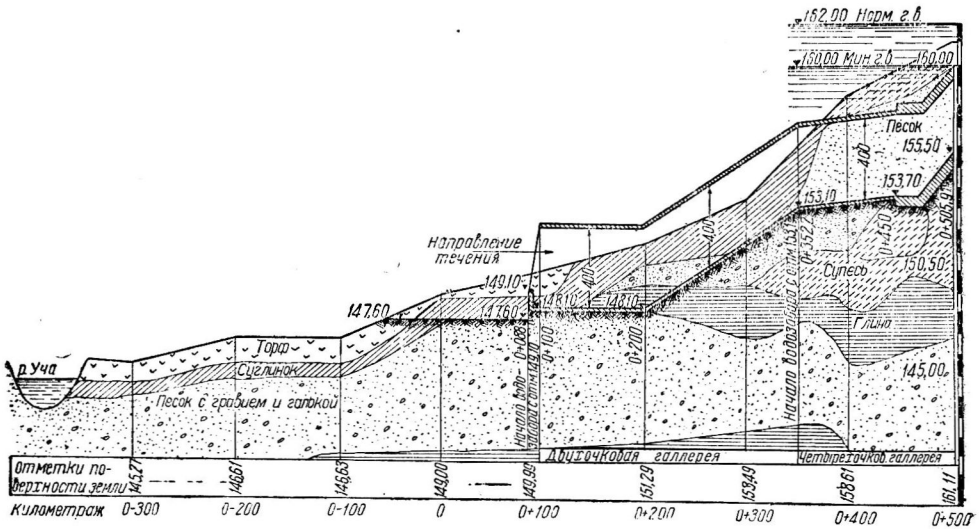
От Мытищинского болота (км 19+800) и до км 22+600 грунтовые воды поднимаются от отм. 153,5 м до отм. 157,7 м. Далее, до конца канала уровень грунтовых вод находится на отм. 157,5 и 156,0 м, залегая на глубине 1—2 м и часто выходя на поверхность в пониженных местах.

Сообразно топографическому и геологическому строению местности по трассе и санитарным требованиям Водопроводный канал построен в виде двух ниток железобетонных трубопроводов от км 5+329 до км 6+178 и от км 7+960 до км 16+450. Кроме того подводящие трубопроводы к головному сооружению уложены на км 0+100—км 0+600 (фиг. 17).



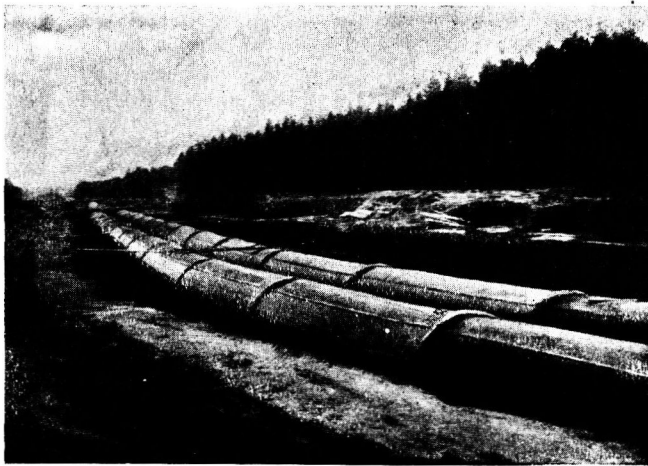
Фиг. 15. Продольный профиль Водопроводного канала.

Начальная часть Водопроводного канала от км 0 + 600 до км 2 + 764 открытая, построена в одну нитку, на остальном протяжении в две нитки (фиг. 18).



Фиг. 16. Продольный профиль по оси водозаборного сооружения.

В целях бесперебойной подачи воды во время выключения из работы Учинского водохранилища построена Пяловская запасная ветвь канала (см. фиг. 3). Эта ветвь канала позволяет производить также осмотр и ремонт головного участка канала от Учинского водо-

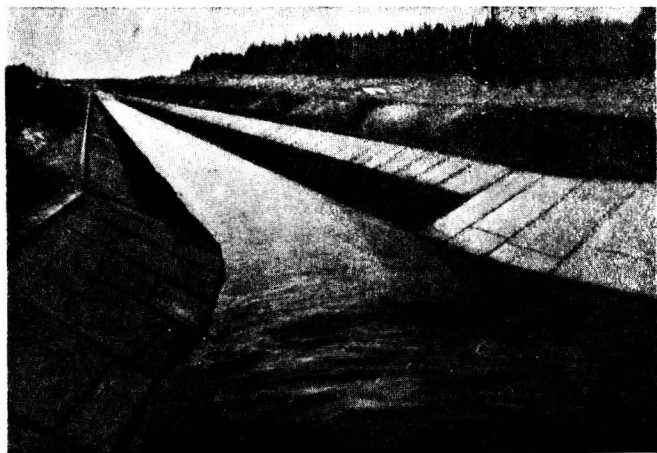


Фиг. 17. Трубопроводы в две нитки.

охранилища до км 2 + 764 в любое время, не прекращая подачи воды для водоснабжения города. Головное сооружение Пяловской запасной ветви Водопроводного канала располагается в теле Пяловской плотины (фиг. 13 и 19).

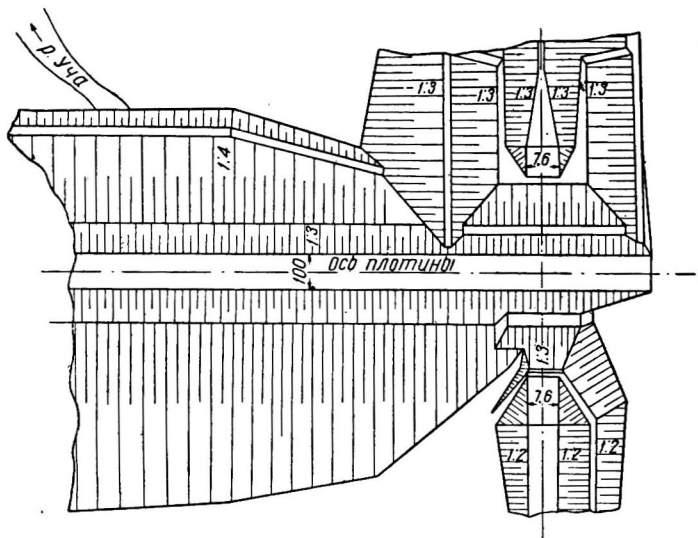
Общая длина запасной ветви канала 4 650 м. Примерно до половины своей длины, до км 2 + 640, канал проходит вдоль берега Учин-

ского водохранилища, будучи отделен от него дамбой. На км 2 + 640 построен регулятор для забора воды из Учинского водохранилища в случае выключения из работы головного участка канала. Отсюда



Фиг. 18. Открытый участок канала в одну нитку.

запасный канал имеет прямое направление к регулятору основного канала, идущего от Акуловской плотины.



Фиг. 19. План головного сооружения Пяловской запасной ветви Водопроводного канала.

3. НАЗНАЧЕНИЕ И РАСПОЛОЖЕНИЕ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛА

В Учинском водохранилище вода получает первичный отстой и приобретает следовательно лучшие качества. Нельзя допустить, чтобы при движении по Водопроводному каналу вода ухудшилась. Поэтому

проектирование канала было подчинено требованиям: сохранить приобретенное качество воды и обеспечить при этом полную гарантию бесперебойной работы канала, ибо в снабжении Москвы водой не может быть никаких нарушений.

В компоновке канала были намечены и осуществлены следующие технические мероприятия, вытекающие из двух указанных выше требований:

- а) возможность бесперебойной подачи воды при любых ремонтах;
- б) возможность опорожнения одной из ниток канала на случай ремонта;
- в) надежное в техническом и санитарном отношении устройство переходов через реки и пути сообщения;
- г) ограждение канала от проникания грунтовых вод;
- д) ограждение канала от попадания в него вод поверхностного стока;
- е) устройство автоматических сбросов воды из канала на случай его переполнения;
- ж) устройство вдоль канала служебной дороги для его охраны как государственной собственности, для удобства эксплуатационного обслуживания и осуществления санитарного наблюдения.

Сообразно первому из этих требований забор воды осуществлен в трех точках:

- 1) из Учинского отстойного водохранилища близ Акуловской плотины у Листвянской гидроэлектростанции;
- 2) из судходной части верховьев Учинского водохранилища у Пяловской плотины (запасная ветвь канала);
- 3) через регулятор на Пяловской запасной ветви канала из Учинского отстойного водохранилища.

Первый водозабор является основным. Здесь вода в канал поступает через Листвянскую гидроэлектростанцию, построенную в целях регулирования расходов по каналу и использования имеющегося перепада в 2,0 м.

Водозабор из Пяловского водохранилища непосредственно соединен с судходной частью водораздельного бьефа. Он работает в случаях невозможности получить воду из Учинского отстойного водохранилища.

На пересечении запасной и основной ветвей канала построен регулятор. Такой же основной регулятор построен в конце Водопроводного канала у водоприемника Сталинской станции. В целях аккумуляции воды при неизбежных ее колебаниях в конце канала перед водоприемником Сталинской станции устроен регулирующий бассейн. Здесь же имеется сифонный автоматический водосброс.

Помимо двух основных регуляторов на открытой части канала построено семь регуляторов-переключателей, служащих как для поддержания необходимых горизонтов воды, так и в целях выключения отдельных участков канала для ремонта или технического осмотра.

На трубопроводах построены переключатели только для целей ремонта канала.

Как переключатели, так и регуляторы-переключатели расположены в среднем через 2 км, при этом большинство из них совмещены с другими сооружениями, как-то: дюкерами и трубами под насыпями.

Всего на канале 17 регуляторов и переключателей, не считая головного сооружения (ГЭС). 11 из них снабжены выпускными отверстиями, через которые канал можно опорожнить. Головной регулятор канала кроме того снабжен специальным сифонным устройством для автоматического сброса воды.

Все пересечения канала с железными, шоссейными и грунтовыми дорогами осуществлены в закрытых железобетонных трубах.

Поверхностные воды собираются нагорными канавами и отводятся трубами, проложенными под каналом, или лотками, устроенными над закрытыми частями канала.

Вдоль всего Водопроводного канала и Пяловской запасной его ветви устроена служебная дорога с гравийной одеждой.

4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

В соответствии с ростом потребления воды водопроводом Москвы и городами, расположенными по трассе Водопроводного канала, последний построен в предположении двух периодов развития. Проектное распределение расходов канала по периодам и потребителям приводится в табл. 1.

Таблица 1

| Потребители | Расходы в м ³ /сек | |
|--|-------------------------------|-------------------------------|
| | Периоды | |
| | I | II |
| Централизованное хозяйственно-бытовое и промышленное водоснабжение | 14,0 | } { 19,0 3,5 2,0 3,0 |
| Децентрализованное промышленное водоснабжение | 1,5 | |
| Города по трассе канала | 0,5 | |
| Потери | 2,0 | |
| Всего | 18,0 | 28,0 |

Примечание. Расходы воды постоянны в течение всего года и в течение суток.

Потери воды на фильтрацию и испарение составляют в балансе канала значительную величину. На открытых участках Водопроводного канала русло его покрыто бетонной облицовкой толщиной 8 см. На закрытых участках толщина стенок трубопровода 30 см. Основываясь на результатах исследования бетонной облицовки толщиной 1,5" в США¹, где суточное уменьшение глубины воды в канале равнялось 0,28 фута, величина потери воды на фильтрацию принята равной 0,085 м³/сутки с 1 м² облицовки канала.

При общей длине открытой части канала в 18 км, среднем наполнении 3,6 м и смоченной поверхности облицовки 650 000 м² потери воды на фильтрацию через облицовку при осеннем режиме составят 55 300 м³/сутки, или 0,64 м³/сек. В зимнее время при наличии ледяного покрова толщиной 0,8 м потери уменьшаются до 44 200 м³/сутки, или 0,52 м³/сек.

По данным Ranteek потерю на фильтрацию в трубопроводе можно принять равной 0,03 м³/сутки с 1 м² поверхности трубопровода. При общей длине трубопровода около 10 км смоченная поверхность его равна 220 000 м² и потеря воды на фильтрацию через стенки трубопровода 0,08 м³/сек. Величина потерь на фильтрацию в бассейне близ Сталинской станции принята равной 0,30 м³/сек.

Потеря воды на испарение в канале и бассейне определена при коэффициенте испарения $K = 0,225$ см/сутки с 1 м² водной поверхности, что составляет при общей поверхности испарения 900 000 м² общую потерю в 0,054 м³/сек.

¹ См. журнал „Eng. News Record“, т. 88, № 11, стр. 436.

Суммарная потеря расхода воды по всему каналу от Учинского водохранилища до Сталинской станции равняется:

$$0,64 + 0,08 + 0,30 + 0,054 = 1,074 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Учитывая приближенность методики расчетов потерь воды, расчетная величина потерь принята равной $2,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Коэффициент полезного действия канала $K = 0,89$.

Распределение расчетных расходов по длине канала приведено в табл. 2.

Таблица 2

| Километр | Расходы в м ³ /сек | | | |
|------------------------------|-------------------------------|--------|---|------------------------|
| | начало участка | потери | расход на водоснабжение в конце участка | расход в конце участка |
| 0 + 600 | 18,00 | 0,40 | 0,25 | 17,35 |
| 7 + 960 | 17,35 | 0,25 | 0,25 | 16,85 |
| 16 + 450 | 16,85 | 0,25 | — | 16,60 |
| 19 + 050 | 16,60 | 0,35 | — | 16,25 |
| 26 + 076 | 16,25 | 0,75 | — | 15,50 |
| 28 + 039 и бассейн | — | 2,00 | 0,50 | — |

Водопроводный канал работает как самотечный при нормальной отметке горизонта воды в Учинском водохранилище 162,00 м и при пониженной на короткий промежуток времени перед началом паводка — 160,00 м.

Нормальный горизонт воды в бассейне перед водоприемником Сталинской станции имеет отм. 155,5 м с колебаниями между отм. 156,2 — 154,0 м.

В начальном участке от км 0 + 600 до км 2 + 702 канал имеет ширину по дну 7,3 м, двойные откосы и уклон 0,00013. Пропускная способность канала $28 \text{ м}^3/\text{сек.}$ На остальном протяжении от км 2 + 768 до км 28 + 039 канал имеет две нитки с трапециoidalной формой русла с шириной по дну 2,0 м и с двойными откосами. Уклон дна 0,00013. Максимальная толщина ледяного покрова в канале принята равной 0,8 м.

Коэффициент шероховатости облицовки канала γ в формуле Базена принят с некоторым запасом 0,46.

В зависимости от времени года канал работает в различных условиях. В летнее время в канале поддерживается горизонт воды, близкий к максимальному. В зимнее время вследствие уменьшения живого сечения и увеличения смоченного периметра при образовании ледяного покрова гидравлические сопротивления увеличиваются. Поэтому осенью перед ледоставом в канале должен быть создан осенний режим, заключающийся в установлении по каналу необходимого подпора с таким расчетом, чтобы после образования ледяного покрова толщиной в 0,8 м пропускная способность канала обеспечивала бы пропуск расчетных расходов. Подпор создается регулирующими щитами переключателей.

Таким образом при переходе от осеннего к зимнему режиму отметки горизонтов воды в нижних бьефах переключателей не меняются, а в верхних бьефах понижаются на величину разности сопротивлений русла в осенних и зимних условиях. Колебание горизонта воды в бассейне, особенно в зимних условиях, не должно влиять на горизонты воды в канале, так как это необходимо для сохранности облицовки. Это достигается регулированием горизонтов щитами в конечном регуляторе, расположенном у водоприемника Сталинской станции.

Основным расчетным случаем работы канала является пропуск полного расхода в зимних условиях при отметке горизонта воды в бассейне 156,2 м и в Учинском водохранилище — 160,00 м.

Наивысшие отметки горизонта воды соответствуют осеннему режиму.

Гидравлический расчет канала сделан для следующих случаев его работы:

- 1) зимний режим при отметке горизонта в бассейне — 156,20 м;
- 2) то же при отметке 153,75 м;
- 3) то же при отметке 155,50 м;
- 4) осенний режим;
- 5) летний режим при отметке горизонта воды в бассейне 156,20 м;
- 6) то же при отметке 155,20 м;
- 7) ремонтные случаи в летних условиях.

Расчеты летнего и зимнего режима при отметках горизонта воды в конце канала 153,75 и 155,50 м произведены в предположении зависимости колебания горизонтов воды в канале от колебания горизонта воды в бассейне. При правильной эксплуатации горизонт воды в бассейне не должен влиять на горизонт воды в канале.

Осредненный уклон свободной водной поверхности в канале при отметках горизонта воды в Учинском водохранилище 160,00 м в бассейне 156,20 м и при общей длине канала (открытой и закрытой части) 28,039 км равен:

$$i = \frac{3,8}{28\,039} = 0,000136.$$

При понижении горизонта воды в бассейне до отм. 155,5 м осредненный уклон увеличивается до:

$$i = \frac{4,3}{28\,039} = 0,000154.$$

Вследствие наличия на канале сооружений с местными потерями движение воды в канале будет неравномерным. Вычисление кривых подпоров между сооружениями произведено по формуле Бахметьева:

$$\frac{L}{h_0} i_0 = \eta_2 - \eta_1 - (1 - \beta) [B(\eta_2) - B(\eta_1)], \quad (1)$$

где L — расстояние между переключателями;

i_0 — уклон дна канала;

h_0 — глубина воды в канале при равномерном движении;

η_1 — отношение наполнения в начале участка к глубине равномерного режима $\eta_1 = \frac{h_1}{h_0}$;

η_2 — отношение наполнения в конце участка к глубине равномерного режима $\eta_2 = \frac{h_2}{h_0}$;

ного режима $\eta_2 = \frac{h_2}{h_0}$;

| № участков | Название сооружений | Пикетаж | | Длина участка в м | Местные потери в см | Отметки горизонтов воды | | | | Время протекания воды по каналу в час.—мин. | |
|------------|--|----------|----------|----------------------|------------------------|-------------------------|-----------------|------------------|-----------------|--|------------------|
| | | от км | до км | | | летние | | зимние | | летнее | зимнее |
| | | | | | | в начале участка | в конце участка | в начале участка | в конце участка | | |
| 1 | Листвянская ГЭС | 0 + 600 | 2 + 702 | 2 102 | 0,20 | 159,80 | 159,77 | 159,80 | 159,77 | 1 — 54 | 1 — 23 |
| 2 | Регулятор канала | 2 + 768 | 3 + 460 | 692 | 0,10 | 159,47 | 159,46 | 159,47 | 159,44 | 0 — 41 | 0 — 33 |
| 3 | Дюкер под дорогой Юдино—Звягино | 3 + 578 | 5 + 329 | 1 751 | 0,05 | 159,43 | 159,40 | 159,39 | 159,33 | 1 — 38 0 — 14 | 1 — 20 0 — 14 |
| 4 | Переключатель на трубопроводе . . | 6 + 178 | 7 + 960 | 1 782 | 0,28 | 159,05 | 159,04 | 159,05 | 158,95 | 1 — 40 2 — 40 | 1 — 21 2 — 40 |
| 5 | Дюкер под дорогой Черкизово—кир- пичный завод, труба в две секции | 16 + 450 | 17 + 454 | 1 004 | 1,44 0,06 | 157,51 | 157,50 | 157,51 | 157,42 | 0 — 58 | 0 — 38 |
| 6 | Труба на канале | 17 + 527 | 19 + 017 | 1 490 | 0,05 | 157,36 | 157,34 | 157,36 | 157,22 | 1 — 24 | 0 — 55 |
| 7 | Переключатель на канале | 19 + 082 | 20 + 708 | 1 626 | 0,05 | 157,17 | 157,15 | 157,15 | 157,02 | 1 — 32 | 1 — 00 |
| 8 | Дюкер под дорогой Оболдино—тор- форазработки | 20 + 809 | 23 + 415 | 2 336 | 0,06 | 156,97 | 156,91 | 156,97 | 156,75 | 2 — 10 | 1 — 25 |
| 9 | Дюкер под дорогой Оболдино—Абрам- цево; труба на канале | 23 + 518 | 26 + 028 | 2 510 | 0,05 | 154,69 | 156,67 | 156,69 | 156,51 | 2 — 19 | 1 — 32 |
| 10 | Дюкер под дорогой Щитниково— Лукино | 26 + 107 | 27 + 363 | 1 256 | 0,05 | 154,46 | 156,45 | 156,46 | 156,33 | 1 — 14 | 0 — 48 |
| 11 | Бассейн при водоприемнике Сталин- ской станции | 27 + 482 | 28 + 039 | 557 | 0,09 | 156,39 | 156,38 | 156,33 | 156,29 | 0 — 36 | 0 — 23 |
| | В с е г о . . . | | | 17 108 | 2,48 | | | | | 19 — 00 | 14 — 12 |

β — коэффициент, равный отношению уклона канала к критическому уклону $\beta = \frac{i_0}{i_{кр}}$ и характеризующий величину восстановлений кинетической энергии в кривой подпора.

$B(\eta_1)$ и $B(\eta_2)$ — функции Бахметьева, соответствующие величинам η_1 и η_2 .

Принимая величину $\beta = 0^1$, можно получить уравнение (1) в более простом виде:

$$\Phi(\eta_1) = \Phi(\eta_2) - \frac{L i_0}{h_0}, \quad (2)$$

где $\Phi(\eta) = \eta - B(\eta)$.

Из уравнения (2) по известной величине наполнения на одном из концов участка может быть определена величина наполнения на другом конце участка.

Величины наполнения в бьефах сооружений связаны между собой величинами местных потерь, соответствующих каждому сооружению.

Величина гидравлического показателя русла канала определена для головного участка с шириной по дну 7,3 м, равной для зимнего режима 3,5, для летнего 4,0. Для всей остальной части канала в две нитки с шириной по дну каждого из них 2,0 м для зимнего и летнего режимов показатель русла равен 4,0.

Принятые первоначальные величины местных потерь в сооружениях при детальном расчете оказались настолько большими, что пропускная способность канала оказалась недостаточной. В целях уменьшения местных потерь сооружения были переконструированы таким образом, что потери в камерах переключателей были сведены к минимуму. На основе новых величин местных потерь были произведены все расчеты. Итоги их предствлены в табл. 3.

Устройство трубопроводов из двух ниток труб обеспечивает осмотр и ремонт одной из ниток, не прекращая подачи воды. При выключении одной из ниток весь расчетный расход может быть пропущен по другой нитке при увеличенных местных потерях.

Гидравлический расчет трубопровода произведен по формуле Шези. Коэффициент шероховатости бетонной поверхности трубопровода в формуле Базена принят 0,46. Результаты гидравлического расчета приведены в табл. 4.

Таблица 4

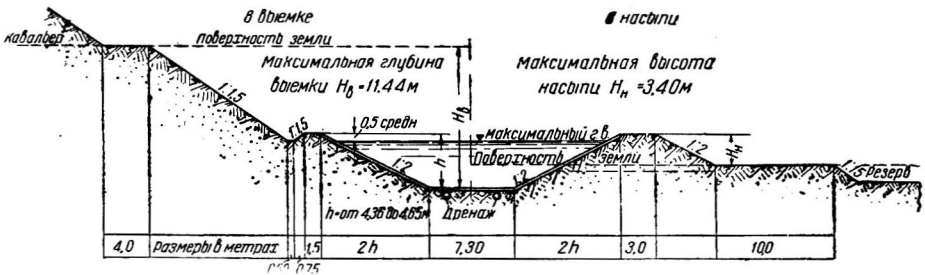
| Название сооружения | Километраж | | Расход в м ³ /сек | | Местные потери в м ³ /сек | | |
|-----------------------------------|------------|----------|------------------------------|----------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---|
| | от | до | в начале трубопровода | в конце трубопровода | при нормальном расходе | при выключении одного участка | при выключении участков последовательно |
| Трубопровод в две нитки | 5 + 329 | 6 + 178 | 18,00 | 17,75 | 0,331 | 0,400 | 1,324 |
| То же | 7 + 960 | 9 + 462 | 17,55 | 17,10 | 0,265 | 1,080 | 1,060 |
| „ | 9 + 462 | 16 + 450 | 17,10 | 16,85 | 1,172 | 4,788 | 4,688 |

¹ Бахметьев, Гидравлика открытых русел. Гострансиздат, Москва 1939.

ОТКРЫТЫЕ УЧАСТКИ КАНАЛА

1. ПОПЕРЕЧНОЕ СЕЧЕНИЕ И ОБЛИЦОВКА

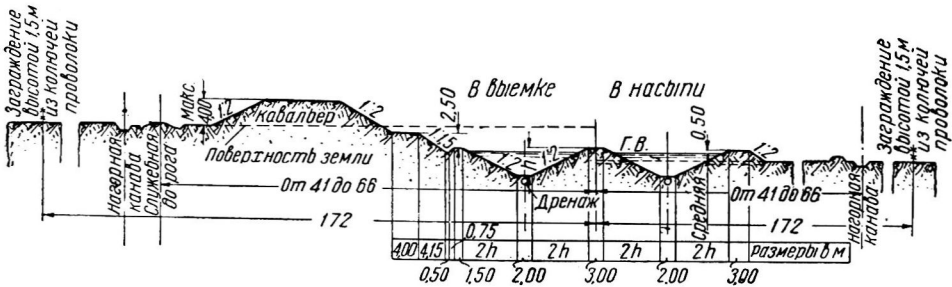
С санитарной точки зрения лучше всего подавать воду для водоснабжения по закрытым трубам, что предохраняет ее от всяких случайных загрязнений. Но постройка трубопроводов значительно дороже, чем открытых каналов. С санитарной же точки зрения постройка открытого Водопроводного канала оказалась вполне допустимой, так как он расположен вдали от Москвы и на значительном протяжении проходит по лесистой и мало населенной местности. Впоследствии при росте Москвы открытый канал может быть заменен закрытым.



Фиг. 20. Поперечное сечение Водопроводного канала в одну нитку.

Форма открытого русла канала на отдельных участках различна.

Головная часть канала построена в одну нитку длиной 2,1 км и имеет русло трапециoidalной формы (см. фиг. 18). Ширина его по дну 7,3 м, откосы двойные. Наполнение 3,9 м. Глубина канала, считая до бровки, равна 4,36—4,65 м, уклон дна 0,00013. Бровка дамб горизонтальна (фиг. 20).



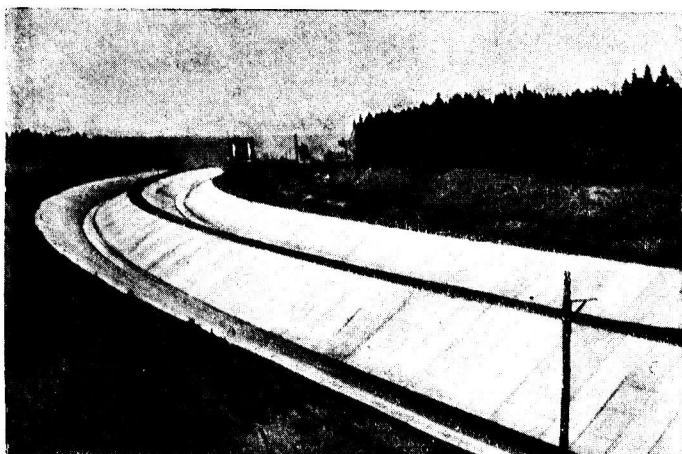
Фиг. 21. Поперечное сечение открытого канала в две нитки.

Открытые участки канала в две нитки имеют одинаковую форму (фиг. 21). Первый участок открытого канала имеет общую длину 4,4 км (от км 2 + 768 до км 5 + 329 и от км 6 + 178 до км 7 + 960); второй — 11,6 км (от км 16 + 450 до км 28 + 039).

Русла обеих параллельных ниток канала трапециoidalного сечения разделены дамбой шириной поверху 3,0 м (по урезу воды). Каждая из ниток имеет ширину по дну 2 м, двойные откосы, наполнение водой от 3,3 до 4,1 м; запас по высоте в дамбах около 0,5 м; глубину до бровки канала от 3,8 до 4,6 м. Уклон дна 0,00013. Бровки каждой нитки

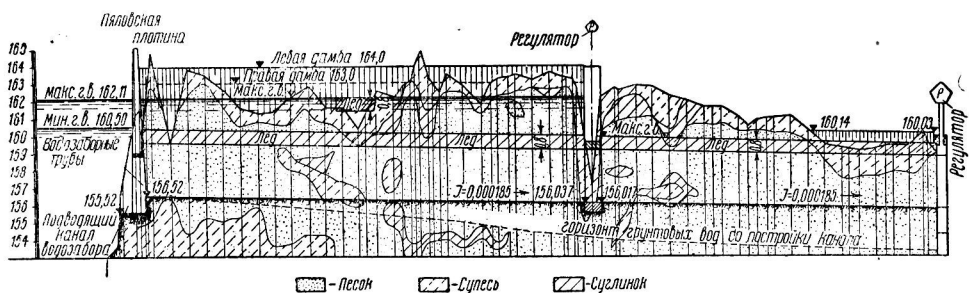
между переключателями горизонтальны. Крайние дамбы в насыпных участках имеют ширину поверху 3,0 м и двойные наружные откосы (фиг. 22).

На участках, где канал проходит в выемке, за бровками канала устроены водоотводные кюветы. Назначение кюветов предохранить канал от попадания в него ливневых и талых вод с площади между кавальерами и бровкой канала. Кювет имеет ширину по дну 0,5 м, глубину 0,5 м и полуторные откосы.



Фиг. 22. Открытый канал в две нитки.

Пяловская запасная ветвь канала на своем протяжении в 4,65 км разделяется регулятором Пяловского канала на два участка, резко отличающихся друг от друга по условиям своей работы. Поэтому и форма поперечного сечения русла канала на этих двух участках канала различна.



Фиг. 23. Продольный профиль Пяловской запасной ветви канала.

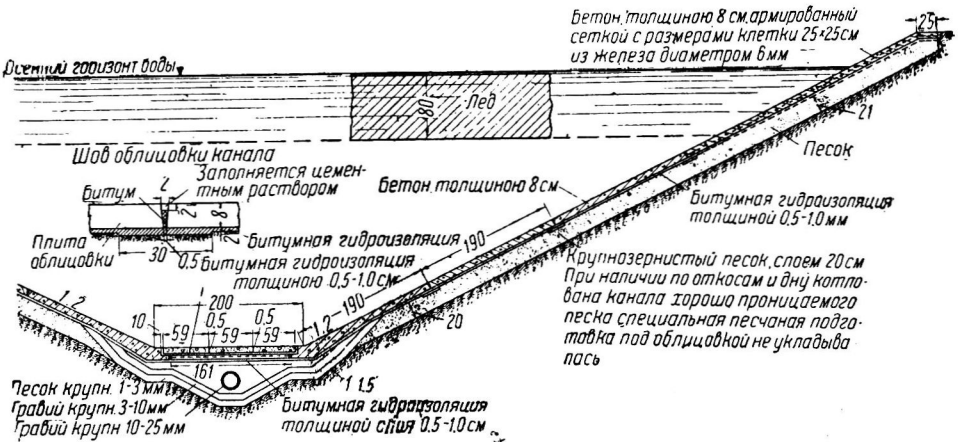
Первый участок запасной ветви между головным сооружением и регулятором длиной 2,65 км (от км 0 до км 2 + 650) имеет ширину по дну 0,7 м, тройные откосы, наполненные около 6,0 м, запас в дамбах: левой 2 м, правой 1 м, уклон дна 0,000185; бровки канала горизонтальны. Левая дамба, отделяющая канал от водохранилища, имеет ширину поверху 4 м и откос 1:3 со стороны водохранилища (фиг. 23 и 28).

Второй участок между регулятором Пяловского запасного канала и регулятором Водопроводного канала длиной 2 км (от

км 2 + 650 до км 4 + 650) имеет ширину по дну 2,15 м, откосы 1 : 2,5, наполнение 3,87 м, запас в дамбах 0,5 м, уклон дна и дамб 0,000185.

На протяжении всей длины открытых каналов в одну и две нитки русла их покрыты облицовкой. Необходимость облицовки каналов вызывалась следующими соображениями:

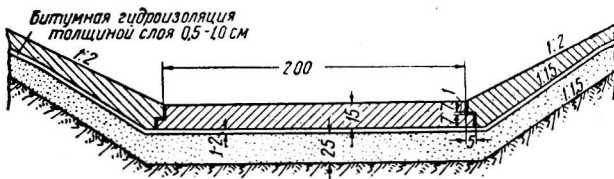
- 1) уменьшением потерь воды из канала на фильтрацию;
- 2) наличием высоких уровней стояния грунтовых вод, создававших возможность фильтрации их в канал, что должно быть исключено по санитарным соображениям;



Фиг. 24. Конструкция облицовки канала с разборным дном.

3) наличием почти на всем протяжении канала песчаных грунтов, не достаточно устойчивых при заложении откосов канала 1 : 2.

В связи с этим конструкция облицовки канала запроектирована так, чтобы она обладала: водонепроницаемостью, прочностью и морозостойкостью, простотой конструкции и экономичностью.



Фиг. 25. Конструкция облицовки канала с неразборным дном.

Технико - экономическое сравнение этих вариантов с учетом производственных соображений позволило остановиться на следующей осуществленной конструкции. Основной конструктивный элемент, придающий облицовке водонепроницаемость, — битумно-минеральная гидроизоляция толщиной 0,5—1,0 см, выстилающая дно и откосы канала. Изоляция не укладывалась по откосам выше нижней кромки льда, толщина которого принята 0,8 м, при этом ледостав предполагался на постоянной отметке, отвечающей наибольшему наполнению канала. Битумная гидроизоляция на откосах покрыта бетонными плитами марки 110, толщиной 8 см, разделенными по длине через 2 м с шириной от 1,7 до 3,2 м (фиг. 24—25).

Бетонная облицовка предохраняет гидроизоляцию от поврежде-

ний, закрепляет русло канала и совместно с гидроизоляцией способствует уменьшению потерь на фильтрацию.

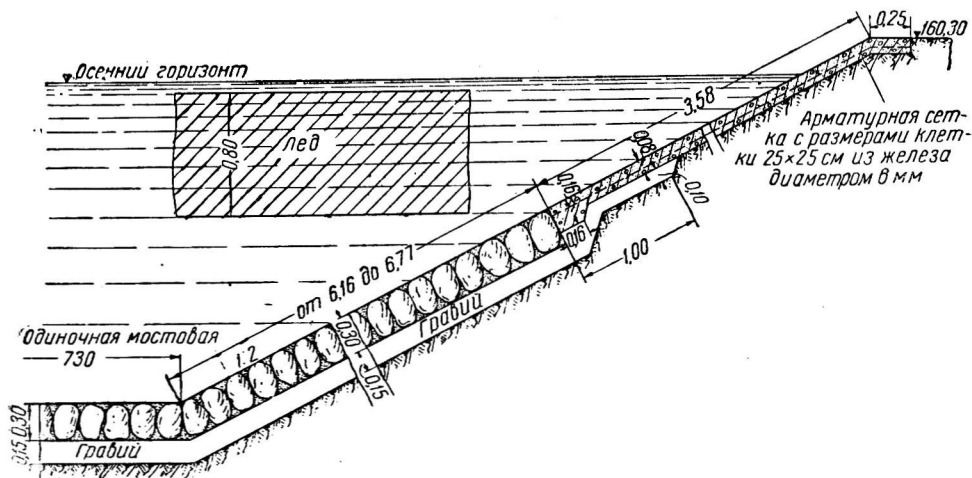
Верхний ряд плит по откосам (выше гидроизоляции) усилен железной арматурой диаметром 6 мм, уложенной в обоих направлениях через 25 см. Вызвано это тем, что верхние плиты облицовки могут подвергаться повреждениям, связанным с примерзанием к ней ледяного покрова. Плиты верхней части облицовки имеют длину 4 м и ширину около 3,3 м. Для предотвращения вредного действия на облицовку деформаций ледяного покрова установлена необходимость поддержания определенного горизонта воды в канале зимой.

Там, где откосы канала сложены из слабопроницаемых грунтов, под облицовкой уложена песчаная подготовка толщиной 20 см. Под швами между бетонными плитами на полосе шириной в 30 см гидроизоляция утолщена до 2 см. Швы залиты битумно-минеральной массой, а сверху на 2 см заполнены цементным раствором (фиг. 26).



Фиг. 26. Заполнение швов цементным раствором.

На участке канала от км 0+600 до км 1+670 конструкция облицовки иная. Здесь уложен только один верхний ряд железобетонных плит, ниже которых идет одиночное мощение на слое гравия. Грун-



Фиг. 27. Облицовка канала на участке от км 0+600 до км 1+670.

товые воды, фильтрующиеся из Учинского водохранилища, на этом участке принимаются в канал (фиг. 27).

Конструкция облицовки дна имеет некоторые различия. Там, где

под дном канала имеется дренаж, облицовка дна разборная, что облегчает вскрытие дренажа при его ремонте.

Для канала в две нитки на слой гидроизоляции уложены железобетонные брусья с размерами $160 \times 20 \times 7$ см. Поверх брусьев уложена дополнительная гидроизоляция, прикрытая бетонными плитами с размерами $60 \times 60 \times 7$ см. Некоторые железобетонные брусья служат распорками, предохраняющими плиты по откосам от сползания.

Дренажи на канале в одну нитку заложены по дну у подошвы каждого откоса. Над этими дренажами устроены разборные полосы облицовки шириной 2,55 м. Между этими полосами облицовка дна сплошная шириной 2 м.

На участках от км $4 + 860$ до км $7 + 960$ и от км $19 + 200$ до км $19 + 700$ дренажа по дну нет; облицовка здесь сплошная из бетонных плит $200 \times 200 \times 15$ см, уложенных на слой гидроизоляции.

Пяловская запасная ветвь канала не имеет облицовки; земляные откосы укреплены лишь засевом трав (фиг. 28—30).

Откос левой дамбы запасной ветви канала со стороны Учинского водохранилища для предохранения от вредного действия волн на всем протяжении в 2,65 км укреплен двойной мостовой, уложенной на слое гравия.

2. ДРЕНАЖ

Устройство дренажа по Водопроводному каналу диктовалось как санитарными, так и техническими соображениями. Только при уровне грунтовых вод ниже дна канала обеспечивается действительная возможность опорожнения канала без повреждения облицовки. Если же грунтовые воды стоят выше дна канала, возможно просачивание их в канал. Опорожнение его при этих условиях неизбежно приведет к выпучиванию и разрушению облицовки под напором грунтовых вод, достигающим в отдельных местах 5 м. Дренаж здесь совершенно необходим.

По наполнении канала водой режим грунтовых вод вблизи канала изменился вследствие просачивания в грунт некоторого количества воды через облицовку и подпора уровня грунтовых вод от водохранилища на головном участке.

Анализ гидрогеологических условий по трассе канала позволил наметить следующие характерные участки:

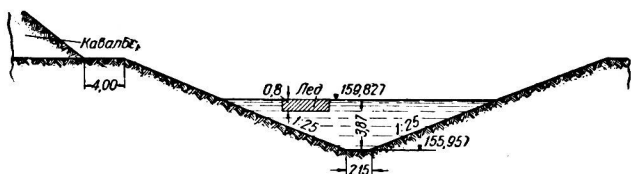
1. От км $4 + 860$ до км $7 + 960$ и от км $19 + 200$ до км $19 + 700$ грунтовые воды стояли ниже дна канала; во время эксплуатации канала не ожидался их подъем выше дна канала. Здесь устроена сплошная облицовка дна; дренажа нет.

2. На участках от км $4 + 200$ до км $4 + 860$ и от км $16 + 450$ до км $19 + 200$ грунтовые воды хотя и стояли низко, но имелись основания предполагать в дальнейшем их подъем выше дна канала. Здесь дренаж не устраивался, но облицовка дна сделана разборной для облегчения устройства дренажа в будущем, если он потребуется. В настоящее время для устройства дренажа на этих участках нет достаточных оснований.

3. От км $0 + 600$ до км $4 + 200$ и от км $19 + 700$ до км $28 + 039$ грунтовые воды стояли выше дна канала или весьма вероятен был их подъем. На этих участках дренаж устроен на всем их протяжении в 10,9 км кроме мощной камнем головной части канала

Дренируемые участки канала проходят в разнородных и мелкозернистых песках, коэффициенты фильтрации которых находятся в пределах от 0,000046 до 0,01 см/сек; преобладают коэффициенты

0,001—0,01 см/сек. Пески малой водопроницаемости встречаются как исключение в конце канала. В этих условиях точное определение расхода вод, собираемых дренажем, оказалось весьма затруднительным. Пробные откачки из опытных канав дали противоречивые и нереальные величины расходов. Сопоставление их с расходами, определенными по формуле Дюпюи и методом ЭГДА, также не удалось: величины получились очень разнообразны. Правильная ориентировка в выборе расчетных расходов дренажа терялась.



Фиг. 29. Поперечное сечение запасной ветви канала на км 3.

Учитывая, что стоимость дренажа в основном определялась не диаметром труб, а стоимостью земляных работ и фильтров, был принят косвенный метод определения расхода воды в дренаже, исходя из анализа баланса осадков и стока. Такой анализ показал, что трудно ожидать интенсивность одностороннего притока воды к дрене более чем в количестве 0,02 л/сек на 1 пог. м длины дрены. Грунтовые потоки столь значительной мощности встречаются редко, и



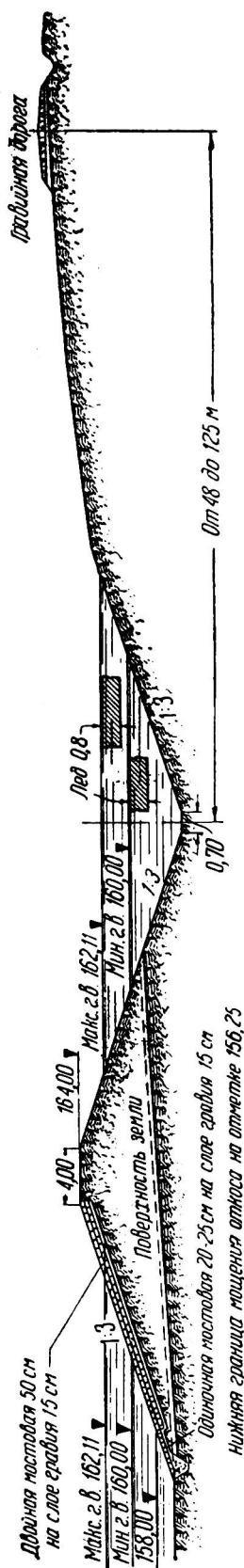
Фиг. 30. Поперечное сечение запасной ветви канала на км 4 + 200.

можно было быть уверенным, что расход 0,02 л/сек на 1 пог. м не окажется меньше истинной величины расхода. В расчетах и был принят расход 0,02 л/сек на 1 пог. м.

Расход воды, просачивающейся из канала через облицовку и притекающей к дренажу, был принят в 0,01 л/сек на 1 пог. м по литературным источникам, так как опытных данных не имелось¹.

Полный расчетный расход дренажа был принят с запасом в 0,03 л/сек на 1 пог. м длины дрены, что определило диаметры дрены от 10 до 30 см при уклонах от 0,0005 до 0,0002.

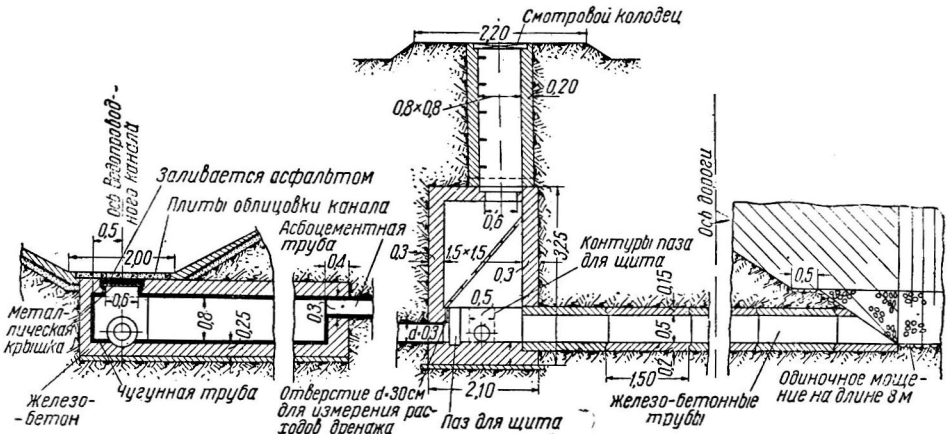
¹ См. журнал „Eng. News Record“, т. 88, № 11, стр. 436.



Фиг. 28. Поперечное сечение запасной ветви канала от км 0 + 61 до км 2 + 650.

Самотечная система дренажа, единственная приемлемая в данном случае по санитарным и эксплуатационным условиям, определила названные уклоны дрен и расположение выпусков. Для дрен были применены асбоцементные трубы диаметром от 10 до 30 см, в стенках которых были просверлены отверстия диаметром 8 мм в количестве 100 шт. на 1 м² поверхности трубы. Анализ грунтовых вод не показал наличия в них химических элементов, разрушающе действующих на материалы труб. Дрены со всех сторон окружены обратными фильтрами из трех слоев по 8 см различных фракций в соответствии с инструкцией по устройству дренажей.

Через 100 м по длине дренажа устроены колодцы для наблюдения за работой дрен и производства очистки отложившихся наносов. Для участков дренажа длиной от 150 до 300 м устроены выпуски в сборные смотровые колодцы, откуда вода поступает в отводящие каналы (фиг. 31). При такой конструкции возможен постоянный надзор за



Фиг. 31. Типовой выпуск дренажа.

работой каждого отдельного участка дрены. Выходы дрены в колодце в случае надобности могут быть закрыты небольшими деревянными затворами. Для наблюдения за работой дренажа вдоль канала по его бровкам через каждые 100 м установлены пьезометры.

3. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ

В деле организации работ по Водопроводному каналу большое значение имел выбор местонахождения управления производством по всему каналу и его строительных участков. Учитывая наличие шоссейных и железных дорог и удельный вес всех видов работ, канал по длине был разбит на 4 строительных участка длиной от 5 до 7 км каждый. Головная часть канала до 4 км была отнесена к району строительства плотин Учинского водохранилища. Центром управления строительства Водопроводного канала было выбрано Болшево, расположенное вблизи Щелковской линии Ярославской ж. д. Конторы строительных участков располагались: первого участка — у р. Клязьмы, второго — в Болшеве, третьего — вблизи дер. Оболдино и четвертого — в конце канала при Сталинской станции.

После сводки леса по трассе канала развернулись основные работы по выемке канала. Трасса канала представляла огромный фронт работ: большое количество рабочих и механизмов могло быть расставлено по каналу.

Общий объем земляных работ по Водопроводному каналу равен по выемке 4 770 тыс. м³ и по насыпи — 1 980 тыс. м³.

Земляные работы производились непрерывно круглый год. Лишь качественные насыпи дамб возводились только в теплое время года. Зимой для разрыхления мерзлой корки грунта применялись взрывные работы.

Большие трудности по выемке грунта представляли конечные участки канала ввиду нахождения здесь грунтовых вод на высоких горизонтах, близких к поверхности земли.

Большое развитие на строительстве получила механизация работ. Новые полноповоротные экскаваторы на гусеничном ходу (ППГ),

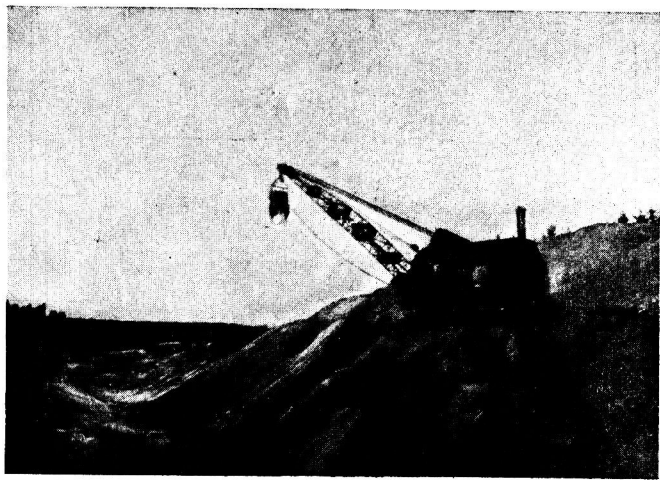
обладавшие всесторонней подвижностью и имевшие двойное снаряжение (лопата с ковшом в 1½ м³ и драглайн с черпаком 1 м³), с успехом применялись на канале в глубоких выемках и в особенности на трудных участках, изобилующих грунтовыми водами (фиг. 32).

В разработке котлованов канала огромную роль сыграла малая механизация. Механические крючки,

впервые примененные на строительстве канала Москва—Волга, оказали значительную пользу. Идея их довольно простая; подъем грунта из котлованов производился тачками по эстакадам, расположенным под углом 14°—16°. Тачки прикреплялись особым прицепным приспособлением к бесконечно движущемуся тросу диаметром 12—15 мм и таким образом поднимались вверх по эстакаде. На эстакадах были устроены желоб для колеса и направляющие для поддержания ручек (фиг. 33 и 34).

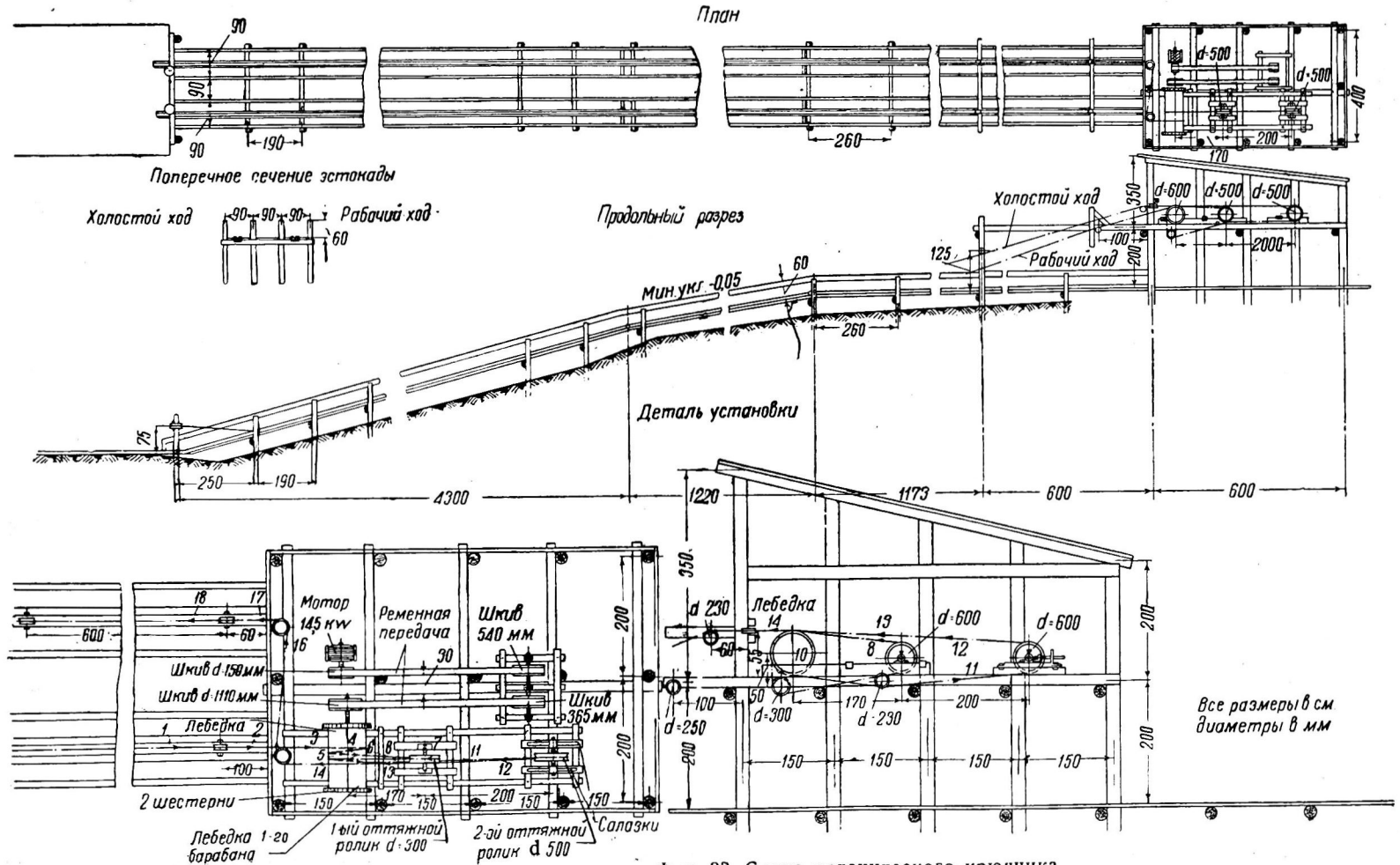
Рабочие землекопы занимались исключительно разработкой грунта и навалкой его на тачку в забое. Отдельные рабочие подвозили тачку к механическому крючку и прицепляли ее к тросу. Они же принимали и отвозили в забой порожние тачки. Находящиеся наверху эстакады рабочие принимали груженные тачки, отвозили грунт в отвал и возвращали порожние тачки к механическому крючку. Производительность крючка достигала 180 м³ в смену, а в иных случаях и до 300 м³.

На песчаных выемках с большим успехом применялись транспортеры. Практиковалась также возка грунта грабарками. Стахановские методы работы по разработке грунтов дали блестящие результаты: рабочие выполняли до 200—300% нормы, а по засыпке трубопровода выработка доходила до 40 м³ в день на человека¹.



Фиг. 32. Выемка котлована канала экскаватором ППГ.

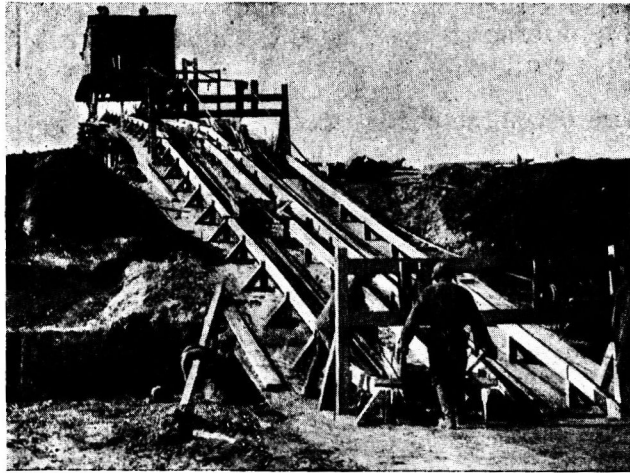
¹ Подробнее о производстве земляных работ см. выпуск Отчета «Земляные работы на строительстве канала Москва—Волга».



Фиг. 33. Схема механического крючника.

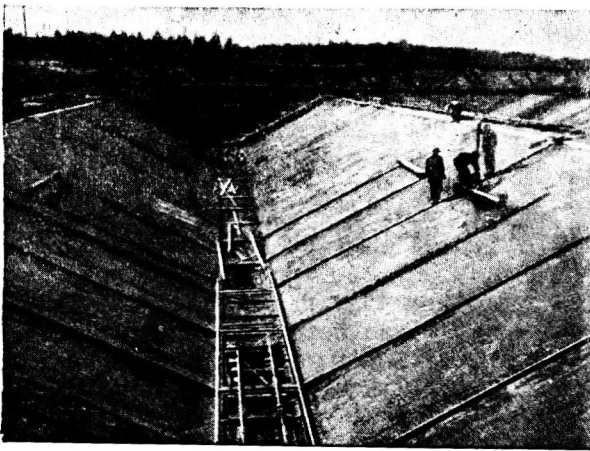
Бетонированию канала предшествовали: 1) укладка дренажного песчаного слоя по откосам и дренажа по дну канала и 2) укладка гидроизоляции. Дренаж облегчал дальнейшую работу в котлованах, отводя грунтовые воды в заранее подготовленные земляные канавы.

Гидроизоляция впервые осваивалась строительством канала. Укладка запроектированных битумных матов оказалась неудобной вследствие размягчения их при высокой температуре и недостаточной эластичности при низкой. Поэтому применено было покрытие откосов и дна канала гидроизоляцией путем заливки битумной смесью, состоящей из 50% битума и 50% мелкого песка.



Фиг. 34. Механический крючник в работе.

Смесь изготовлялась на месте работ. Песок предварительно просушивался и просеивался через сито для получения 90% зерен крупности 0,3 мм. Заливка производилась горячей смесью слоем от 0,5 до 1 см (фиг. 35).



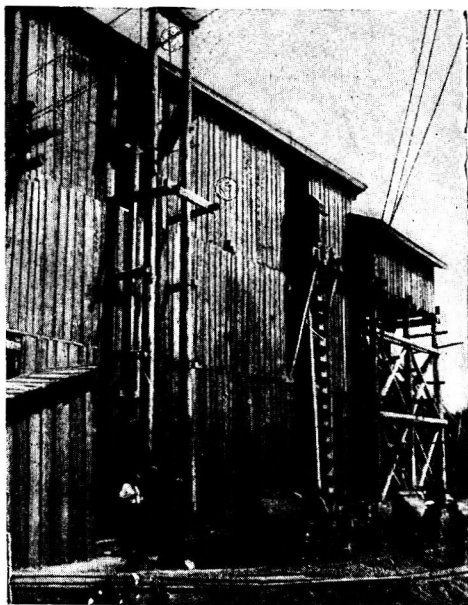
Фиг. 35. Гидроизоляция откосов канала путем заливки битумно-минеральной массой.

Заливка откосов канала начиналась снизу. На уложенные по откосу через 4 м стремянки перекидывались доски, передвигаясь по которым, рабочие выливали битумную смесь непосредственно на подготовленную поверхность канала и затем деревянными вальками, смоченными в бензине, разравнивали смесь, придавая поверхности ровный блестящий вид. Впоследствии практикой было достигнуто равномерное покрытие откосов битумной смесью без применения вальков.

Этот способ укладки гидроизоляции по сравнению с укладкой матов имел следующие преимущества: 1) отсутствие швов, 2) исключение транспортировки предварительно изготовленных в мастерской матов, 3) большая производительность в работе и 4) ее удешевление. Всего таким образом было покрыто 4 500 м² изолируемой поверхности канала. На 8 м² изоляции затрачивался 1 чел.-день. На 1 м² изоляции канала шло 4 кг битума.

Бетонные работы составили существенную часть всех работ на Водопроводном канале. Места постройки бетонных заводов, их тип и производительность были определены в результате анализа распределения бетонных масс по трассе. Для сравнения были составлены эскизы небольших передвижных бетонных заводов и мощных стационарных заводов с переброской от них бетона на дальние расстояния. Строительство предпочло централизованный способ изготовления бетона с отвозкой бетонной массы к месту ее укладки автотранспортом.

На первых трех строительных участках были построены центральные бетонные заводы, места которых определились условиями транспорта бетона и материалов для его изготовления. Четвертый участок пользовался бетонным заводом строительства Сталинской станции.



Фиг. 36. Вид бетонного завода на втором строительном участке.

На первом участке были построены два бетонных завода: один из них вблизи гравийного карьера, откуда гравий и песок подавались на завод вагонетками, другой — на 8-м километре трассы. Строительный материал доставлялся на этот завод со складов, находившихся на расстоянии около 3 км у тупика железнодорожной ветки Мытищи—Пирогово. Первоначальная доставка материалов со складов производилась автотранспортом, а затем была устроена узкоколейная дорога длиной 2,8 км с мотовозной тягой.

На втором строительном участке у с. Болшево бетонный завод был расположен у железнодорожной ветки, идущей на торфоразработки. Инертные и цемент подавались сюда железнодорожным транспортом (фиг. 36).

В худших условиях в отношении транспорта находился бетонный завод третьего участка: все материалы для бетона доставлялись к нему с бетонного завода второго участка.

Центральные бетонные заводы работали под тщательным контролем специальных лабораторий и выпускали бетон высокого качества. Приготовление бетона на центральных заводах стоило дешевле, нежели приготовление его в таком же количестве на разбросанных по трассе мелких заводов.

Опасения некоторых производственников, что бетон во время транспортировки к месту работ будет схватываться, что он подвергнется расслоению, а следовательно качество его ухудшится, не оправдались. В процессе производства работ было установлено, что в жаркие дни сырой бетон можно возить автомашинами без вреда для его качества на расстояние до 3 км, а в менее жаркие дни и особенно осенью — до 8 км.

Сотрясение бетонной массы при перевозке в автомашинах уподоблялось вибрации бетонной смеси, что делало ее эластичной и при выброске в бункер достаточно равномерной по своему составу. В соору-

жения укладывался по существу предварительно вибрированный бетон. В дело шел бетон марки 110.

Подача бетона к месту укладки его по дну и откосам канала вначале производилась примитивными способами. Затем с успехом применялись передвижные мосты типа «Гризли», построенные в виде фермы по сечению канала, с передвижением по дну канала по рельсам. Видоизменением этой конструкции, громоздкой при передвижении вручную, явилось устройство передвижных опор на вагонетках по бермам канала, вследствие чего «Гризли» приняли вид обычной решетчатой фермы с опорными точками на вагонетках, передвигаемых по рельсам. Этот наиболее легкий тип конструкции можно рекомендовать для усовершен-



Фиг. 37. Бетонирование облицовки канала.

ствования его в дальнейшем при аналогичных работах. «Гризли» были снабжены бункерами, расположенными равномерно по сечению канала. Бетон доставлялся в бункеры рикшами непосредственно из автомашин или из разгрузочного бункера (фиг. 37)¹.

4. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Весной 1936 г. началось накопление вод местного стока в Учинском водохранилище. Через год был готов к наполнению Водопроводный канал. К 1 мая 1937 г. канал был промыт, а затем наполнен водой, насколько это позволял имевшийся к тому времени горизонт воды в Учинском водохранилище. В нижнем своем сечении канал был наполнен до проектных отметок, по мере же продвижения вверх глубина воды уменьшалась и в головной части канала составляла лишь 1,2—1,3 м.

Это было первое испытание канала. До этого дренаж канала работал нормально, отводя грунтовую воду под дном канала. С наполнением

¹ Подробнее о производстве бетонных работ см. специальный выпуск отчета «Бетонные работы на строительстве канала Москва—Волга», а также соответствующий альбом чертежей.

канала водой расход воды в отводящих коллекторах дренажа увеличился сначала до проектных величин, а затем и превысил их, что особенно отмечалось в дренажных коллекторах № 3 и 4, которые имели величины расхода, превышающие проектные в 2—3 раза и более.

Увеличение расхода воды в дренаже явилось первым и вполне верным, как оказалось впоследствии, признаком дефектности облицовки канала. Для осмотра состояния облицовки канал был опорожнен отдельными участками. При этом были обнаружены в нескольких местах сползание плит облицовки, их просадка и вымыв грунта из-под плит. В большинстве это было отмечено там, где гидроизоляция и укладка бетона велись зимой. Повреждения были также и на участках высокого стояния уровня грунтовых вод.

Наиболее уязвимым участком канала оказался участок с дренажем. Сползание и подмыв плит объясняются слабостью конструкции швов (стыков) между плитами. Вода, прорываясь, через неплотности швов, устремлялась под большим давлением (до 4 м) по дренирующему песчаному слою под облицовкой в донный дренаж и вымывала грунт, вследствие чего плиты проваливались или сползали. Просадки плит на недренированных участках канала наблюдались как редкое явление.

С первых же дней начала эксплуатации в составе Управления канала был организован отдел исследований и наблюдений, который ведет большую работу по изучению режима канала и грунтовых вод и пр.

Проектное наполнение канала было установлено 21 ноября 1937 г. после наполнения волжской водой Учинского водохранилища. Наполнение канала совпало с началом ледостава, что усложнило выяснение причин дефектных явлений. После наполнения канала водой расход воды в дренажах постепенно возрастал и в некоторых местах превзошел проектные предположения. Вскоре также появились течи у подошв насыпей канала. Особенно сильная течь с некоторым выносом частиц грунта образовалась на дамбе канала над ливневой трубой, расположенной на км 4 + 866. Причины этих явлений были следующие:

- 1) ослабление работы битумного экрана вследствие разрыва швов по температурным или иным условиям (зимой возможно появление трещин в швах);
- 2) вытекание битума из верхних частей швов облицовки при нагревании ее солнцем;
- 3) фильтрация через верхние плиты облицовки, под которыми отсутствует битумная гидроизоляция.

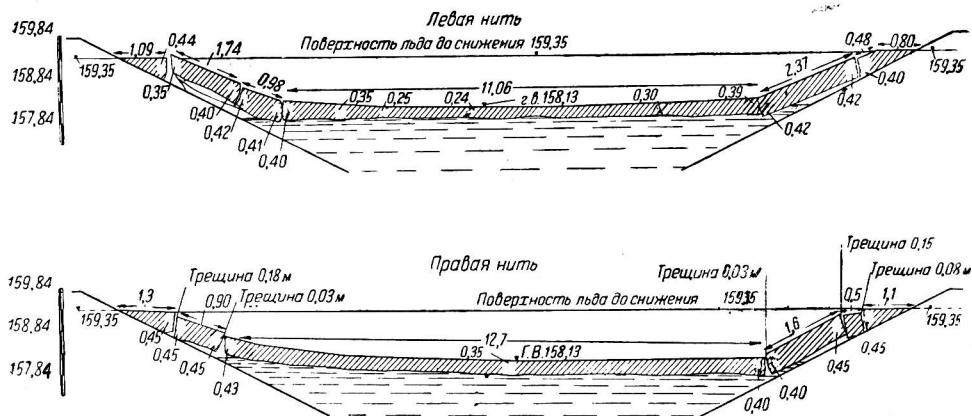
Впредь до капитального ремонта зимой 1937 г. здесь были устроены дренажи. Одновременно горизонт воды в канале был снижен. Это мероприятие, не лишенное риска, вполне оправдалось: лед не повредил облицовку канала. С понижением горизонта воды в канале уменьшились расходы в дренаже, уменьшилась и фильтрация через дамбу канала у ливневой трубы. Характер расположения льда при понижении горизонта воды показан на фиг. 38.

Весной в 1938 г. расход воды в дренажах в некоторых местах постепенно установился на норме, а в других — медленно увеличивался. Фильтрация воды у подошв дамб наблюдалась попрежнему. В мае месяца был начат ремонт. Горизонт воды в канале был снижен без перебива подачи воды к Сталинской станции. Все явления, связанные с наполнением канала, резко изменились: снизились расходы дренажа, прекратилась фильтрация воды у подошв дамб там, где она наблюдалась. Опорожненный канал имел уже меньше дефектов, чем летом 1937 г. Были отмечены следующие дефекты: просадка плит, подмыв их на участках с дренажем. На участках без дренажа имели место случаи выхода

грунтовых вод с выносом частиц грунта через неплотности в швах облицовки.

Летние ремонтные работы 1938 г. состояли в замене сползших и расстроившихся плит новыми такой же конструкции. Швы тщательно заливались битумным составом, причем был применен новый более тугоплавкий состав гидроизоляции, предложенный Военно-инженерной академией РККА.

Зимой 1938/39 г. никакого ремонта облицовки канала не производилось.



Фиг. 38. Положение ледяного покрова на Водопроводном канале 19 января 1938 г. после снижения горизонта воды на 1,2 м.

Двухгодичная эксплуатация канала показала, что слабое место облицовки канала — швы между бетонными плитами. За их состоянием необходимо внимательно наблюдать.

ГЛАВА IV

ТРУБОПРОВОДЫ ВОДОПРОВОДНОГО КАНАЛА

1. КОНСТРУКЦИЯ И РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ

Трубопроводы Водопроводного канала построены в густо населенной дачной местности Тарасовка—Болшево и при переходе через р. Клязьму. Общее протяжение трубопроводов в две нитки составляет 9,3 км, т. е. одну треть всей длины Водопроводного канала.

Выбор конструкции закрытого канала производился со всесторонней оценкой деревянной, бетонной и железобетонной конструкций трубопроводов. Вариант деревянного трубопровода был признан непригодным, потому что водонепроницаемость и долговечность такого трубопровода при напорах, не превышающих 5 м, представлялись сомнительными. Деревянный трубопровод из пропитанного леса мало пригоден с санитарной точки зрения.

Вариант бетонного трубопровода был отклонен по экономическим соображениям, так как произведенные детальные расчеты показали, что стоимость его была бы вдвое больше железобетонного трубопровода. Наиболее приемлемым по техническим и экономическим соображениям оказался железобетонный трубопровод, который и осуществлен.

Для выбора наиболее рационального типа трубопровода в гидравлическом и статическом отношениях были рассмотрены три сечения

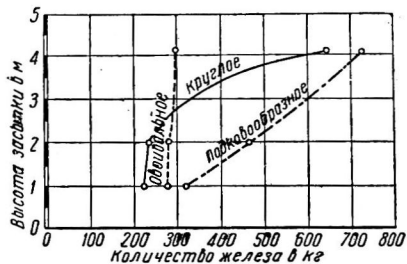
труб: круглое, подковообразное и овоидальное (фиг. 39). Последние два типа заимствованы из американской гидротехнической практики. При сравнении были подобраны равноценные гидравлические сечения, дающие одинаковые потери напора, и произведен статический расчет при одинаковых нагрузках. Потребность в бетоне на 1 пог. м трубы выразилась для круглого сечения 4,38 м³, подковообразного — 6,16 м³, овоидального — 5,97 м³. Из диаграммы (фиг. 40) видно, что по затрате арматурного железа при высоте засыпки трубопровода до 2,7 м круглое



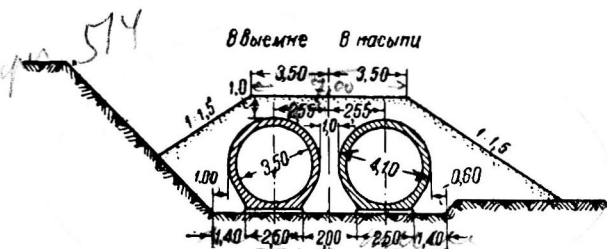
Фиг. 39. Варианты сечения трубопроводов.

сечение также является наиболее выгодным. Круглое сечение и было принято, так как на всем протяжении закрытой части Водопроводного канала кроме дюкеров засыпка труб равна 1,0 м.

Трубопроводы на всем протяжении имеют внутренний диаметр 3,50 м и толщину стенок 30 см. Расстояние между осями двух ниток труб по конструктивным соображениям и условиям производства работ принято 5,1 м. Расстояние между трубами в свету 1,0 м (фиг. 41).



Фиг. 40. Кривая потребности железа для различных типов сечений трубопровода.



Фиг. 41. Поперечное сечение трубопровода.

Уклон трубопроводов по длине колеблется от 0,00013 до 0,05. Для лучшей устойчивости трубы имеют ширину подошвы 2,366 м (сторона правильно описанного шестиугольника) и конструктивные утолщения по бокам (по касательной от подошвы к внешней окружности трубы) (фиг. 42).

Для сглаживания неровностей котлована и получения основания для установки арматуры и опалубки под каждой из труб устроена бетонная подготовка шириной 2,50 м и толщиной 10 см.

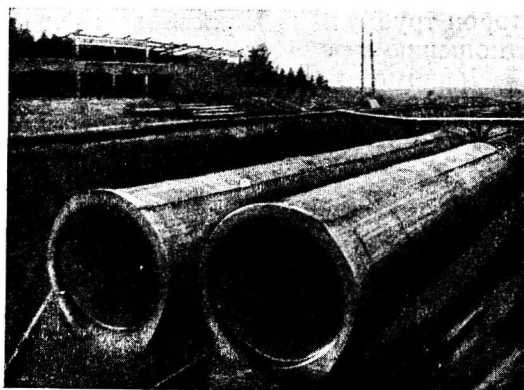
Трубопровод разбит по длине на отдельные звенья длиной 12,5 м. Длина звеньев определена из условий их работы в продольном направлении при просадке грунтов в основании трубопровода и температурно-усадочных изменений бетона. В песчаных однородных грунтах длина звеньев допускалась до 25 м.

Армирование трубопровода рассчитано в зависимости от гидростатического давления; высота засыпки постоянна по всей длине трубопровода.

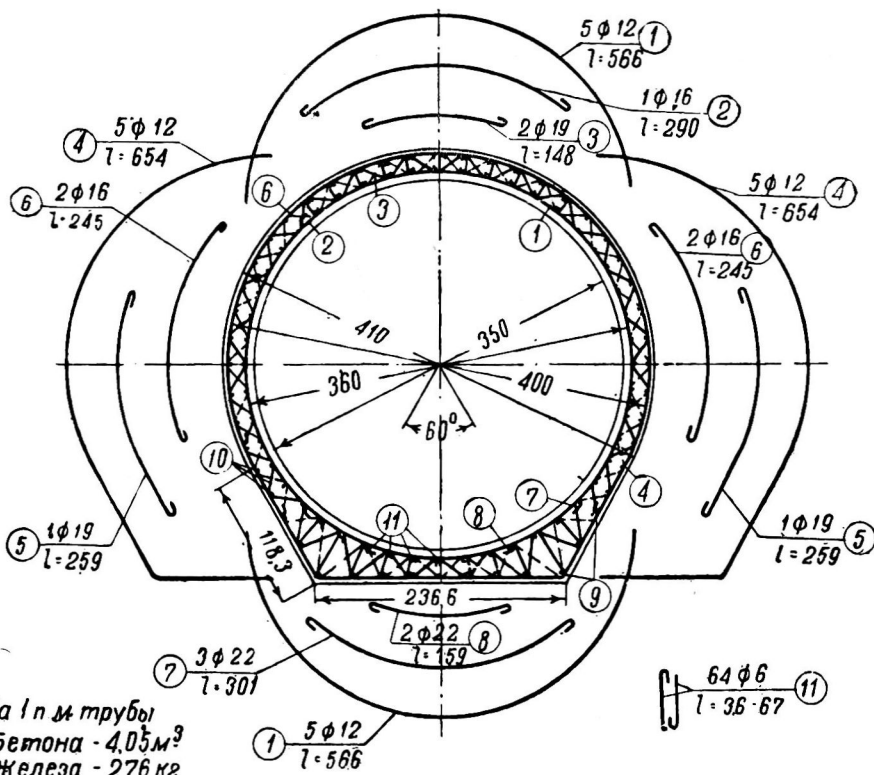
В трубопроводах уложена несимметричная двойная арматура, что позволило создать конструкцию с наилучшим использованием бетона и железа (фиг. 43).

Распределение арматуры по поперечному сечению трубопроводов следующее:

1. Кольцевая арматура диаметром 12 и 14 мм, составленная из двух полуколец, располагается с наружной и внутренней сторон поперечного сечения через 20 см по длине трубопровода, причем каждое кольцо состоит из двух стержней, сваренных впритык с накладками. Наружные и внутренние кольца соединяются между собой зигзагообразно изогнутой проволокой диаметром 6 мм путем электросварки.



Фиг. 42. Готовый участок трубопроводов.



Фиг. 43. Армирование труб при напоре от 0 до 140 м.

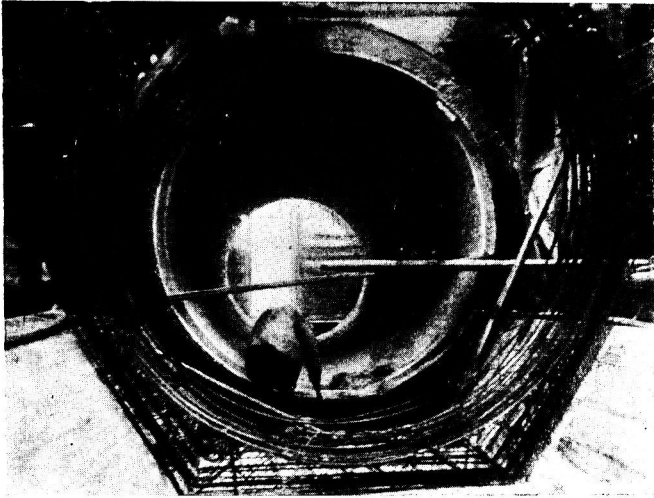
2. Дополнительные рабочие стержни диаметром 14, 16, 19, 22 и 25 мм ставятся с внутренней стороны в шельге и подошве и с наружной

стороны по бокам; они связаны с распределительной арматурой односрезными хомутами диаметром 6 мм.

3. Распределительная арматура диаметром 10 мм располагается параллельно оси трубопровода через 7,5 см с наружной и внутренней сторон трубы, причем распределительные стержни устанавливаются по отношению к рабочей арматуре внутри.

Минимальное насыщение рабочей арматурой трубопровода составляет 0,4% от площади бетона.

Стыки рабочей кольцевой арматуры устроены в зоне минимальных изгибающих моментов и размещены вразбежку.



Фиг. 44. Готовое звено трубопровода.

Стыки распределительных стержней осуществлены внахлестку с перепуском концов стержней на 30 см (фиг. 44).

По вопросу о температурных и усадочных швах в железобетонных трубопроводах существует два различных взгляда; одни специалисты признают необходимость устройства швов в трубопроводах, другие, наоборот считают их вредными при эксплуатации сооружения. В Германии

при силовой установке Иттер построен напорный железобетонный трубопровод диаметром 1,8 м и длиной 150 м без швов. Во избежание появления в трубопроводе температурно-усадочных трещин постройка его велась в зимнее время. Расчеты оправдались, и трубопровод работает нормально.

Трубопроводы Водопроводного канала строились в основном летом и отдельными звеньями, почему устройство температурно-усадочных швов в них было неизбежно. По рассмотрении ряда существующих конструкций швов, приведенных в русской и иностранной технической литературе, была установлена малая их пригодность для строительства по сложности выполнения, а также и потому, что они требовали большого количества меди, цинка, свинца, а это удорожало трубопроводы.

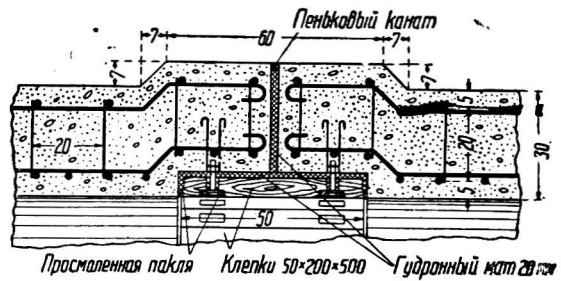
Конструкция температурно-усадочных швов для трубопроводов Водопроводного канала проста по своему выполнению и требует минимального количества металла. Принято два типа швов: швы с внутренним уплотнением и швы с наружным и внутренним уплотнением (фиг. 45 и 46). Первые применялись для напоров от 0 до 3 м, а вторые— для напоров от 3 м и выше.

Внутреннее уплотнение швов состоит из гудронных матов толщиной 2 см, уложенных в углублениях с внутренней стороны труб между торцами их смежных звеньев. Эти маты закреплены сосновыми клепками сечением $50 \times 20 \times 5$ см, которые привинчены болтами 16 мм; гайки были предварительно заделаны в бетоне. Для лучшего уплотнения зазоры между торцами клепок и стенками трубопровода, а также

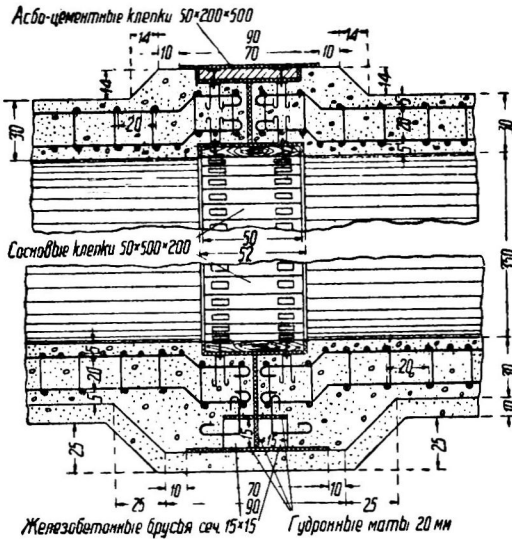
гнезда для болтов в клепках забиты просмоленной паклей.

Вертикальные смещения звеньев трубопровода обеспечиваются за счет гидронных прокладок между бетоном и клепками, а горизонтальные смещения — за счет гидронных прокладок между торцами звеньев.

Во втором типе швов внутреннее уплотнение такое же, как и в швах первого типа. Наружное уплотнение достигнуто гидронными матами толщиной 2 см, заложенными в наружные штрабы и закрепленными асбоцементными клепками сечением $50 \times 20 \times 5$ см, прикрепленными болтами 16 мм; гайки были предварительно заделаны в бетон. Сверху асбоцементные клепки по всему периметру трубопровода обернуты гидронными матами. Уплотнение шва по подошве достигнуто гидронными матами, уложенными на бетонную подготовку и прижатыми железобетонными брусками сечением 15×15 см. Эти бруски связаны арматурой с бетоном трубопровода. Между брусками и поверх их также уложены гидронные маты, связанные с уплотнением между торцами смежных звеньев трубопровода.



Фиг. 45. Шов трубопровода с внутренним уплотнением.



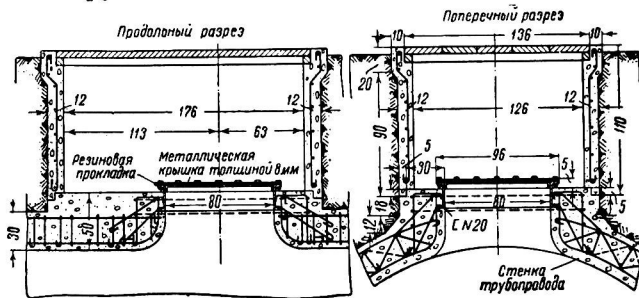
Фиг. 46. Шов трубопровода с наружным и внутренним уплотнением.

Для прохода в трубопровод при осмотре и ремонте через каждые 250 м по длине устроены люки (смотровые лазы) (фиг. 47).

Для трубопровода Водопроводного канала применялся бетон марки 110 кг/см² на пуццолановом цементе или портландцементе с добавкой трепела. Крупность гравия не превышала 5 см, что диктовалось размещением арматуры и удобством уплотнения бетона при сравнительно незначительной толщине стенок трубопровода. Бетонирование трубопроводов производилось целыми звеньями без разбивки их на отдельные блоки (фиг. 48—50).

При статическом расчете сечения трубопровода оно рассматривалось как упругое кольцо, подверженное действию внешних и внутренних сил. Определение лишних неизвестных произведено на основе уравнения работы упругой деформации для кривого бруса в виде полукольца ввиду симметрии нагрузок на трубопровод относительно вертикального диаметра. Весь расчет велся в табличной форме. Аналитиче-

ские расчеты проверялись графически, построением кривой давления. Кроме нагрузок от давления земли и воды и собственного веса трубопровода при расчете учитывалась временная, равномерно распределенная нагрузка в 500 кг/м^2 .



Фиг. 47. Конструкция лаза трубопровода.

Эпюра реакции грунта в основании трубопровода от вертикальных нагрузок принята в запас прочности прямоугольная.

При установлении расчетных схем нагрузок были рассмотрены следующие их комбинации:

1) строительное состояние трубопровода (давление земли, собственного веса и временной нагрузки);

2) эксплуатационное состояние трубопровода (давление земли, воды и действия собственного веса и временной нагрузки);

3) временное эксплуатационное состояние трубопровода, соответствующее периоду испытания трубопровода, заполняемого водой под напорами при отсутствии земляной засыпки (давление воды и собственный вес).

Наиболее невыгодной оказалась загрузка при нормальном эксплуатационном состоянии трубопроводов.

Согласно нормам строительного проектирования и нормам строительства канала Москва—Волга при расчетах были приняты следующие допускаемые напряжения: для бетона марки 110 кг/см^2 — 50 кг/см^2 и для железа с временным сопротивлением при изгибе 3200 кг/см^2 — 1250 кг/см^2 . При подборе арматуры трубопроводов работа бетона на растяжение не учитывалась.

2. ДЮКЕР ПОД Р. КЛЯЗЬМОЙ

На 6-м километре трубопроводы Водопроводного канала в две нитки пересекают р. Клязьму. Это пересечение выполнено в виде специального дюкера под руслом р. Клязьмы.

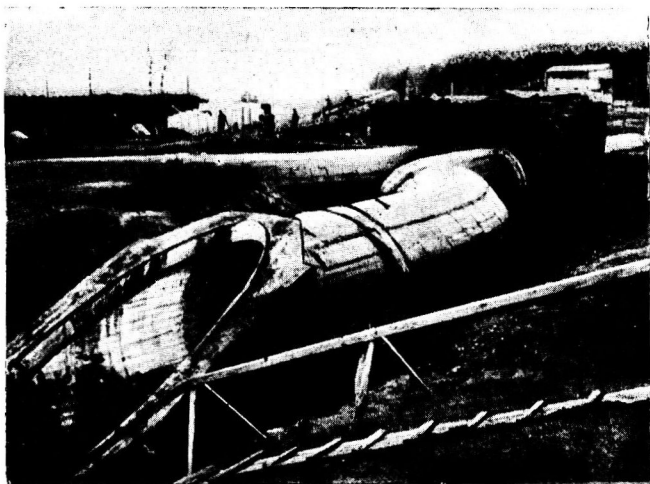
Левый пойменный берег р. Клязьмы в районе сооружения сложен серой тонкой иловатой супесью. Мощность слоя супеси у реки 2,6 м; на расстоянии 150 м от берега он выклинивается. Подстиляется этот



Фиг. 48. Сопряжение трубопровода с открытым каналом.

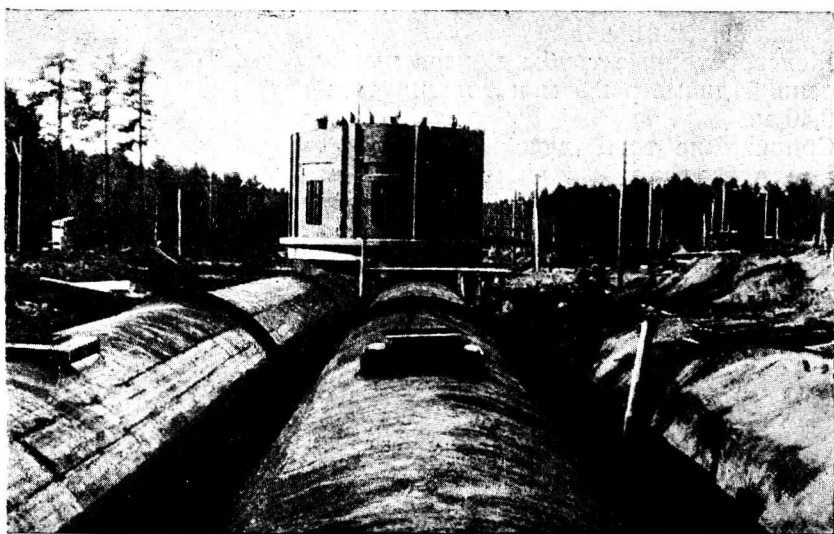
слой мелкозернистыми и глинистыми песками, залегающими линзообразно.

Высокий правый берег под покровными супесями сложен мелкозернистыми глинистыми песками мощностью 2 м. Ниже, от отм. 138—



Фиг. 49. Сопряжение трубопровода с открытым каналом на подходе к переключателю.

139 м залегают желто-серые пески разной крупности с включением гравия и гальки. Под песками залегают слой бурой супеси с галькой мощностью от 3 до 3,5 м, а ниже отм. 135,0 м — мелкозернистый глинистый песок и иловатая супесь мощностью 4—5 м (фиг. 51).



Фиг. 50. Готовые трубопроводы; на переднем плане видны лазы.

Горизонт грунтовых вод находился на отм. 147 м, уклон поверхности грунтовых вод в реке 0,008. Пески, перекрытые слоями супеси, имеют напорные воды с пьезометрическим уровнем 143—148 м.

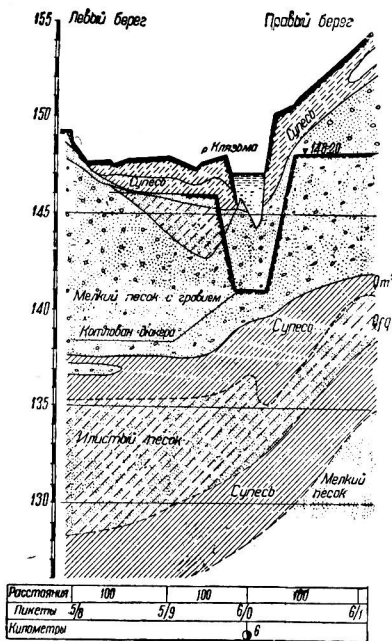
В створе постройки дюкера площадь водосбора р. Клязьмы 490 км². Расчетный расход весеннего половодья, учитывая регулируемую способность Клязьминского водохранилища, был принят равным 317 м³/сек с вероятностью повторения 1 раз в 100 000 лет.

Горизонт высоких вод принят на отм. 149,5 м с учетом подпора от ниже лежащей плотины у с. Черкизова.

Подход к дюкеру со стороны левого берега осуществлен двумя трубопроводами диаметром 3,5 м. На правом берегу также уложен трубопровод, переходящий на км 6 + 178 в открытый канал в две нитки (фиг. 52).

Первоначально переход через р. Клязьму был намечен в виде трехпролетного акведука на массивных опорах. Пролеты перекрывались двумя нитками стальных трубопроводов, изогнутых в виде арок. Однако чрезмерная массивность сооружения на слабом грунтовом основании заставила принять схему дюкера с выключением из работы труб дюкера посредством переключателей, расположенных на концах подводных трубопроводов при переходе их в открытые каналы.

Фиг. 51. Геологическое строение долины р. Клязьмы в месте постройки дюкера.



Дюкер из двух стальных труб диаметром 2,5 м оказался дороже железобетонной конструкции, которая и была принята как требующая меньше железа сравнительно с дюкером металлическим.

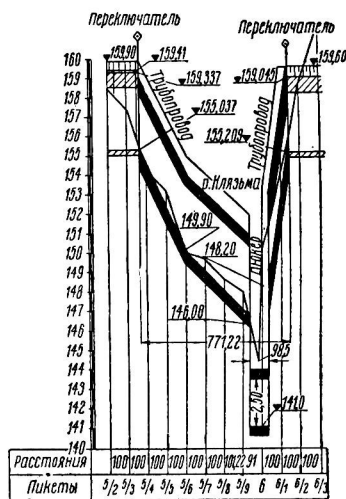
Железобетонные трубы дюкера имеют внутренний диаметр 2,5 м и толщину стенок 0,40 м.

Сопряжение труб дюкера диаметром 2,5 м с трубопроводами диаметром 3,5 м осуществлено на левом берегу посредством конического звена длиной 10 м, а на правом берегу переход устроен в верхней массивной опоре (фиг. 53—56).

Под руслом р. Клязьмы дюкер имеет горизонтальный участок длиной 24 м с отметкой дна 141,0 м. Береговые участки имеют уклон 1 : 4 и длину 15,6 м на левом берегу и 23,4 м — на правом. В сопряжении горизонтального участка с наклонными заложены массивные опоры.

Насосная установка для откачки воды из труб дюкера находится в колодце сложной формы на левом берегу в переходном коническом звене. Отметка дна труб в колодце—146,00, м. Отметки дна верхней массивной опоры на правом берегу—148,20 м.

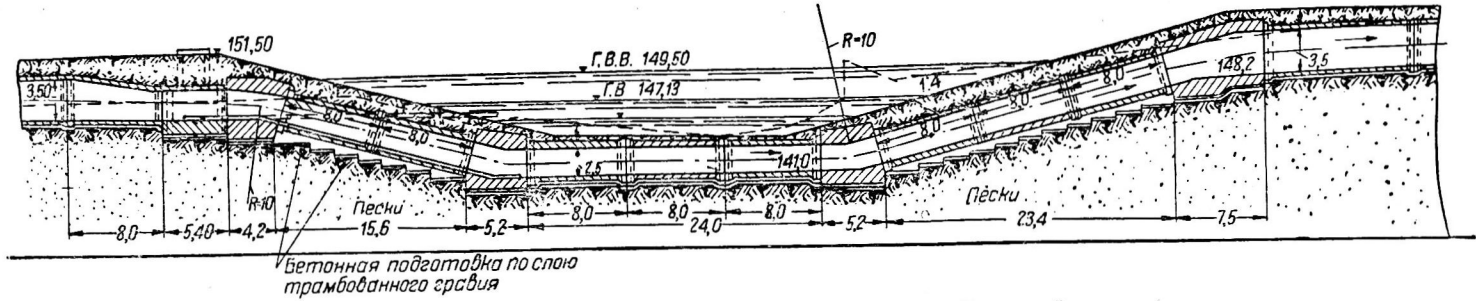
Работа по постройке дюкера производилась в котловане с глубинным водоотливом. Это дало возможность по всей длине сооружения



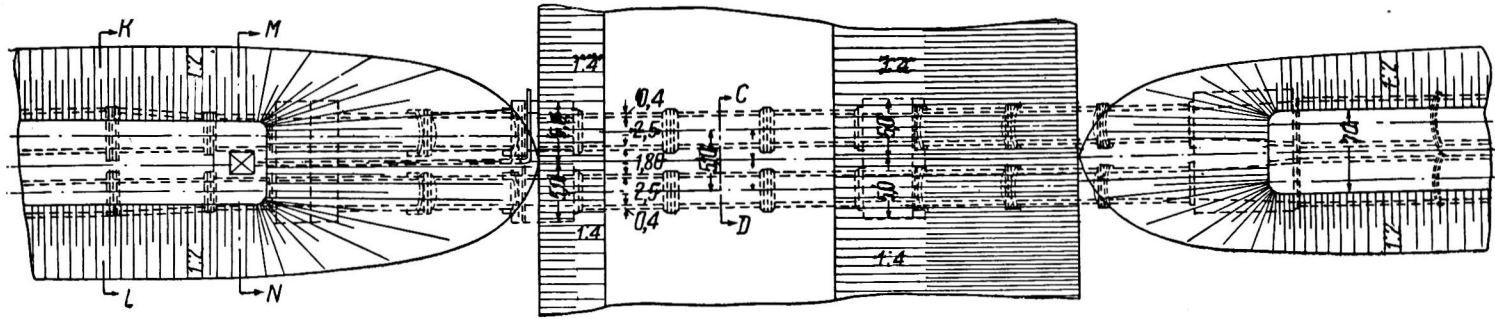
Фиг. 52. Схема пересечения водопроводным каналом р. Клязьмы.

Правый берег

Левый берег



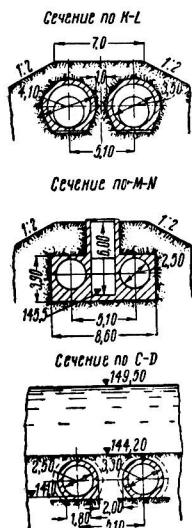
Фиг. 53. Продольный разрез по оси дюзера под р. Клязьмой.



Фиг. 54. План дюзера под р. Клязьмой.

ограничиться простой бетонной подготовкой толщиной 10 см по слою трамбованного гравия толщиной 5 см. Поверхность подготовки покрыта бензино-битумной окраской.

Для того чтобы исключить возможность просачивания через бетонные трубы дюкера загрязненных вод р. Клязьмы и придать сооружению высокую прочность и долговечность, наряду с высоким качеством бетонных работ и применением наружной гидроизоляции, внутри труб устроена металлическая рубашка. Эта конструкция — единственный в СССР пример применения металлических оболочек при строительстве железобетонных напорных трубопроводов.

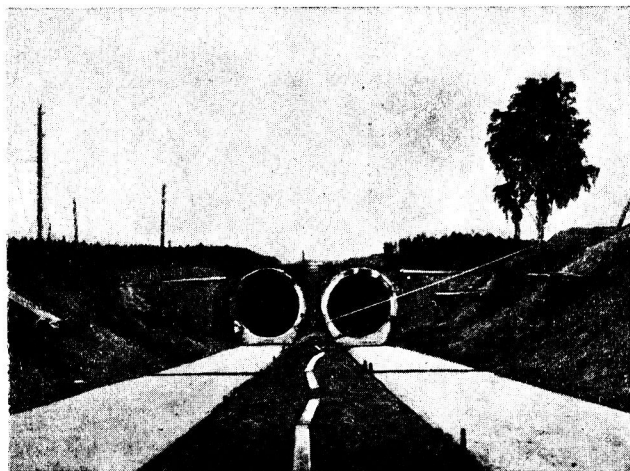


Фиг. 55. Поперечные сечения дюкера по К-Л, М-Н, С-Д.

Рубашка дюкера выполнена из железной листовой обшивки толщиной 1,5 мм и равнобокого углового железа $40 \times 40 \times 4$ мм, придавшего обшивке монтажную жесткость. Цилиндрическая по форме рубашка состоит из 6 дуг с центральным углом 60° каждая. Длина каждого из десяти средних звеньев рубашки 667 мм; две крайние секции фасонного типа длиной 987 мм. Внутренний диаметр цилиндра рубашки 2 617 мм.

С внутренней стороны рубашка покрыта слоем торкрета толщиной 6 см с арматурой, прикрепленной к рубашке и состоящей из проволоки в 3 мм, уложенной через 10 см в двух направлениях. Уголки рубашки в верхней части прикреплены к арматуре трубы, а внизу заанкерены в бетон.

Соединение элементов рубашки между собой произведено электросваркой и лишь незначительная часть их соединена заклепками, где сварка была затруднена. Изготовление рубашки было произведено на механическом заводе Строительства, а сборка — на месте производства работ.



Фиг. 56. Выходной оголовок дюкера под р. Клязьмой.

Звенья рубашки у температурно-усадочных швов между звеньями труб дюкера соединены посредством гибких стальных компенсаторов, состоящих из системы кольцевых стальных листов и железного стерж-

ня, приваренных к концам звеньев рубашки. Швы железобетонных труб дюкера аналогичны швам трубопроводов. Длина каждого звена — 8 м. Напряжение грунта в основании труб — от 0,36 до 0,96 кг/см². Конструкция рубашки и швов в нижних опорах по концам наклонных береговых частей дюкера аналогична описанной. Верхние береговые опоры металлической рубашки не имеют. Устойчивость труб дюкера от всплывания при опорожнении обеспечена; коэффициент запаса без учета веса засыпки — 1,2.

Внешняя поверхность труб покрыта битумной окраской. Для труб применялся бетон марки 130. В опорах применен армированный бетон марки 110.

В левобережном колодце трубы дюкера соединены между собой металлической трубой диаметром 0,3 м, которая посредством тройника соединена с отводящей трубой того же диаметра, проходящей через стенку колодца и имеющей выход в р. Клязьму. Тройник в сопряжении труб снабжен тремя задвижками. Каждая из труб может быть соединена с отводящей трубой, или при закрытой выходной задвижке с соседней трубой. В первом случае будет происходить самотечное опорожнение трубопровода до отметки горизонта воды р. Клязьмы. Во втором случае, когда после ремонта опорожненную секцию соединить с работающей, будет происходить наполнение секции трубопровода.

Опорожнение труб дюкера до отметок ниже горизонта воды в р. Клязьме возможно только путем откачки. Для этого в колодец помещается насосная установка, всасывающая труба которой, разветвляясь, проходит в трубы дюкера. Нагнетательная труба насоса выпускается в трубу опорожнения.

Тонкая иловатая супесь в основании колодца удалена и заменена песчаным уплотненным грунтом. Давление на грунт в основании колодца 0,91 кг/см².

3. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ

Общая организация земляных и бетонных работ описана в главе III. Здесь отмечены лишь особенности производства работ по трубопроводам.

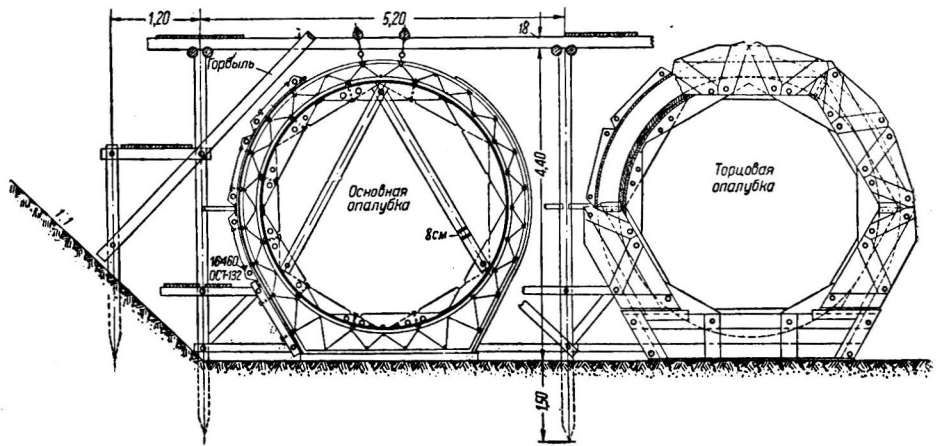
Наиболее сложными были арматурные работы и опалубка. Арматура изготовлялась централизованно на арматурных дворах при бетонных заводах¹. Рабочая арматура в виде колец, соединенных решеткой из проволоки, сваривалась. Эти своеобразные прутковые фермы доставлялись к месту работ на автомашинах; здесь они устанавливались и сваривались с продольной распределительной арматурой. Наружная и внутренняя опалубка прикреплялась к арматуре, жесткость которой как пространственной конструкции была для этого достаточна.

При разработке проекта бетонирования трубопроводов и опалубки было рассмотрено несколько предложений: вертикальная набивка с последующей укладкой труб на место кранами, бетонирование в подвижной опалубке в два блока каждое звено и в обычной опалубке. Однако все эти варианты отпали. Набивка и укладка труб при помощи передвижных специальных кранов удлинит срок постройки, так как краны должны были изготавливаться по особому заказу. Кроме того при этом способе длина звеньев была бы 4 м, т. е. швов было бы более чем вдвое больше.

Подвижная опалубка была бы целесообразна только металлическая, но при максимальных темпах работ, каковые были развиты строи-

¹ См. об этом выпуск Отчета «Бетонные и железобетонные работы на строительстве канала Москва—Волга», а также соответствующий альбом чертежей.

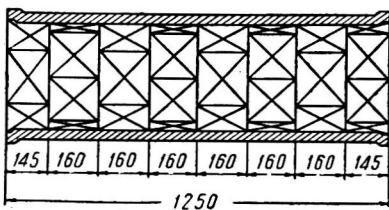
тельством, она не могла быть экономически выгодной, так как многократное использование ее зависело бы от быстрой оборачиваемости, что не всегда было бы возможно по срокам твердения бетона. Намечаемый способ бетонирования звеньев через одно в целях лучшего устройства швов усложнил бы передвижку опалубки, а следовательно не дал бы ожидаемого эффекта.



Фиг. 57. Разборная опалубка.

Бетонирование звеньев труб при обычной кружальной опалубке вызвало бы большой износ опалубки, и — что самое главное — при двух блоках в звене (нижний блок у основания и верхняя часть трубы) получался бы строительный шов, нежелательный с точки зрения возможной водопроницаемости.

Принятый тип разборной опалубки, изготовлявшейся в деревообделочных мастерских Строительства, показан на фиг. 57 и 58.



Фиг. 58. Схема расположения элементов опалубки.

Сборка опалубки, установка арматуры и бетонирование проходили в следующем порядке:

1) укладывалась бетонная подготовка под основание труб;

2) устанавливалась рама из круглого леса и нижние элементы наружной опалубки;

3) устанавливалась арматура с прибалчиванием каждого четвертого кольца к установленной внешней опалубке и к верхним прогонам рамы;

гайки приваривались к арматуре при ее заготовке;

4) производилась сборка элементов внутренней опалубки, начиная с торцевых, и установка распорок; опалубка к арматуре прикреплялась помощью болтов с предварительно надетыми на болт деревянными вкладышами-распорками;

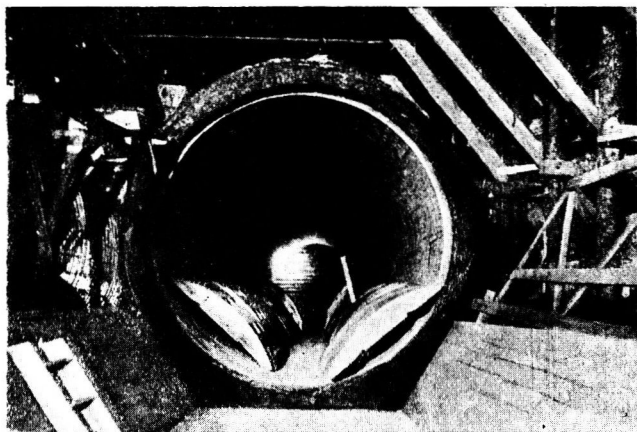
5) укладывался бетон в нижнюю часть трубы;

6) по мере бетонирования всей трубы последовательно устанавливались элементы внешней опалубки; бетонирование верхней части трубы производилось без внешней опалубки по лекалам (фиг. 59—61).

Уплотнение бетона производилось сначала вручную при помощи штыковки, легкого трамбования (в верхних частях) и простукивания

опалубки деревянными колотушками; позднее применялись вибраторы, укрепленные на ребрах наружной опалубки.

Зимой бетонирование, как правило, не велось, и лишь отдельные звенья трубопровода были уложены при температуре воздуха минус 10—12°. Бетон с завода привозился в автомашинах с утепленными ку-



Фиг. 59. Готовая секция трубопровода и опалубка.

зовами; температура бетона при укладке его была 13—18°. Опалубка снаружи утеплялась засыпкой опилками. Бетон, уложенный в этих условиях, оказался вполне доброкачественным.

Ответственную техническую задачу при постройке трубопроводов представляли гидроизоляция и устройство швов. Основным материа-

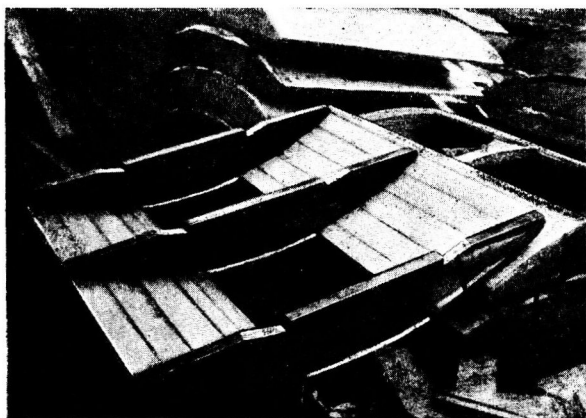


Фиг. 60. Установка арматуры трубопровода.

лом при этих работах был нефтяной битум № 3. В отличие от сходных с ним по внешнему виду каменноугольных производных, так называемых гудронов, имеющих в своем составе вредно влияющие на питьевую воду антраценовые масла и фенол, нефтебитум нейтрален к воде и не имеет запаха древесного дегтя. Именно эти качества определяют воз-

возможность его применения для трубопроводов, несущих питьевую воду.

Нефтебитум применялся для гидроизоляции сооружений Водопроводного канала в различном виде: во-первых, разогретый до жидкого состояния и смешанный с растворителем — бензином шел на окраску поверхностей; во-вторых, разогретый и смешанный с цементом применялся на заливку осадочных и температурных швов сооружений и на изготовление матов; в-третьих, смешанный в равных частях с мелким песком применялся для гидроизоляции откосов открытого канала и на покрытие бетонных подготовок в других сооружениях.



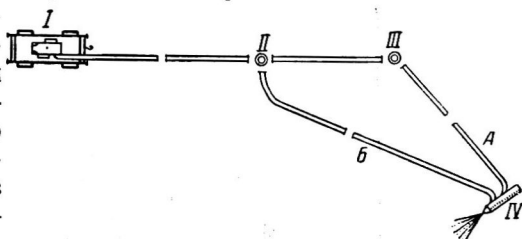
Фиг. 61. Внутренний щит опалубки трубопровода.

Первый вид работы — окраска нефтебитумом с бензином поверхностей мелких сооружений — выполнялся вручную с производительностью до 20 м^2 в 1 чел.-день. Приходилось очень зорко следить за тем, чтобы поверхность бетона была совершенно сухой. Только при этом условии окраска удавалась. С сырой или влажной поверхностью нефтебитумная пленка не сцепляется и легко отстает даже при легком надавливании пальцем. Требовалась также большая тщательность при окраске мест на поверхности бетона, покрытых «рябью»; часто они оставались непрокрашенными и требовали исправления.

Лучшей во многих отношениях оказалась примененная для покрытия битумом трубопроводов канала механическая окраска с помощью компрессора (фиг. 62). Сжатый воздух подводился в резервуар с битумным раствором, откуда раствор под давлением в 2—3 ат через шланги и сопло разбрызгивался на поверхности бетона, проникая в тело бетона на 2—3 мм.

Этот способ давал ровную и прочную окраску и повышал производительность в пять раз по сравнению с ручной работой, что и определяло его экономичность. Троекратная окраска одного звена трубопровода в 120 м^2 механическим способом стоила 46 р. 47 к., а ручным способом — 54 руб.

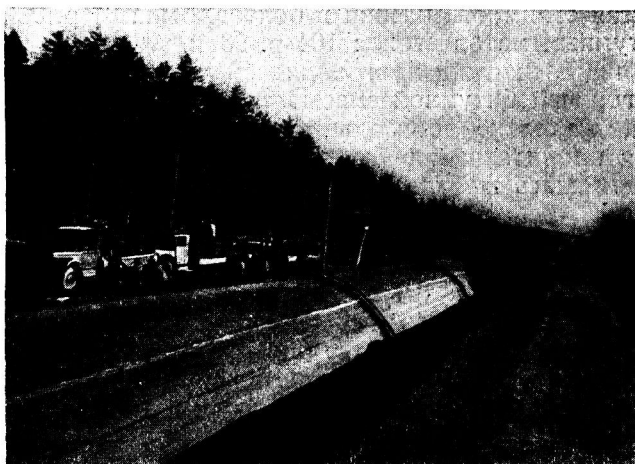
На работе было занято два компрессора завода «Компрессор» мощностью $6 \text{ м}^3/\text{мин}$ и один компрессор Краснодарского завода НИСИ мощностью $2,5 \text{ м}^3/\text{мин}$. Каждый из агрегатов обслуживался 10 человеками: 1 мотористом, 1 слесарем, 1 подвозчиком материалов для окраски,



Фиг. 62. Схема компрессорной установки для механической окраски: I—подвижной компрессор мощностью $6 \text{ м}^3/\text{мин}$; II—баллоны-регуляторы воздуха; III—баллон с раствором гидроизоляции; IV—наконечник с соплом: A и B—резиновые шланги: A—с раствором; B—с воздухом.

3 заготовщиками и заправщиками и 4 рабочими на покраске у двух сопел. Чистота и сухость поверхности бетона при механической окраске были главным условием хорошего качества окраски.

Успех работы зависел также от регулирования расхода воздуха и раствора. При хорошем регулировании удавалось избежать, с одной



Фиг. 63. Вид трубопровода до покраски (слева) и после нанесения первого слоя битума (справа).

стороны, излишнего расхода битумного раствора, а с другой — чрезмерного распыливания и траты его при большем, чем следует, доступе воздуха к соплу.

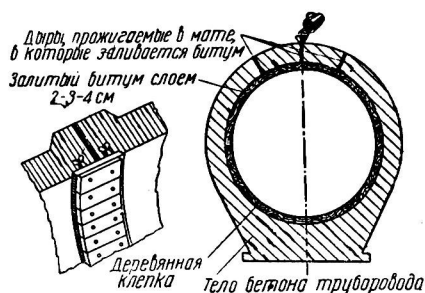
Морозы до -10° при чистой и сухой поверхности бетона не влияли отрицательно на качество окраски; приходилось лишь отеплять шланги и хорошо прогревать раствор.

На окраску 1 м^2 поверхности механическим или ручным способом расходовалось $1,5 \text{ кг}$ битума, $0,75 \text{ кг}$ бензина (фиг. 63).

Второй вид работ — заделка температурных и осадочных швов трубопроводов и изготовление битумных матов.

Изготовление матов с армировкой их мешковиной производилось на отдельных дворах в формах, отвечающих контуру шва, толщиной в 2 см . По затвердении маты подвозились к месту работ в момент бетонирования отдельных звеньев трубопроводов и устанавливались в швах с соответствующим укреплением.

Заделка швов трубопроводов производилась изнутри и снаружи. Горячая битумная смесь равных частей битума и цемента заливалась в швы трубопроводов за установленные деревянные пропитанные битумом клепки. Приходилось строго наблюдать за тем, чтобы смесь была всегда горячей и заливка велась постепенно во избежание оставления пустот. Проверка заполнения производилась простукиванием.



Фиг. 64. Схема заливки битума за стенки деревянных клепок в швах трубопроводов. Слева деталь установки и заливки клепок.

В пазухе между клепками и бетоном по остывании смеси получалось плотное битумное заполнение. Этот способ дал лучшие результаты, чем закладка готовых матов (фиг. 64).

На заливку одного шва, считая установку и прилаживание клепок, требовалось 8 чел.-дней. Расход битума и цемента на 1 пог. м шва составил в среднем 10 кг. Стоимость заливки одного шва трубопровода, не считая стоимости клепки и болтов, была 81 р. 05 к.; закладка готовых битумных матов стоила 104 р. 93 к.

Заделка швов снаружи производилась, так же как изнутри, путем заливки их горячей битумной смесью такого же состава. С наружной стороны дополнительно прокладывались два ряда мешковины шириной 0,30 м и пропитанный в битуме канат (см. фиг. 46). Мешковина плотно прижималась к бетону деревянными валиками.

4. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Часть трубопроводов была испытана под напором воды до засыпки их грунтом. Было также испытано на водонепроницаемость одно звено трубопровода путем устройства заглушек по торцам и наполнения водой. Это испытание показало наличие течей в частях трубы с плохо проработанным бетоном; в целом же бетон был достаточно водонепроницаем.

Испытание части трубопровода длиной около 1 км производилось с наполнением его водой путем накачки из р. Клязьмы. В нескольких местах появились очень незначительные течи. Трубопровод был признан технической комиссией хорошего качества, и поэтому решено было произвести засыпку всех трубопроводов Водопроводного канала без дальнейших испытаний. На большом протяжении трубопровод вступил в эксплуатацию в мае 1937 г. без предварительного испытания. Через месяц, с установлением жаркой погоды и повышением температуры воды, течи появились в швах трубопроводов около р. Клязьмы, где напор достигает 15 м.

Технической комиссией было установлено, что причиной расстройств швов не является неравномерная осадка звеньев труб и что состав битумной заливки швов был изготовлен правильно. Причиной течи явилась слабая ненадежная конструкция швов при напоре свыше 2 м. Размягченный теплой водой битум выдавливался из швов и размывался; образовывались пустоты. Сильные течи под большим напором создавали угрозу размыва основания трубопровода. Для устранения этой опасности места выхода воды забрасывались гравием во избежание вымыва грунта. Из междутрубного пространства вода откачивалась сифонами и насосами. Щели в швах заделывались деревянными клиньями. Эти мероприятия уменьшали потерю воды и устраняли опасность подмыва основания труб. Однако течи не прекращались и открытие шва с течением времени увеличивалось. Одна нитка трубопроводов была опорожнена, другая работала. В опорожненных трубах началось исправление швов.

Штрабы с внутренней стороны трубопровода расчищались по всей длине. Вскрытая поверхность бетона торкретировалась и затиралась для создания ровной поверхности. Таким образом штраба подготавливалась для накладки гидроизоляции. Самый шов изнутри проконопачивался смоляным канатом на глубину не менее 10 см (двумя-тремя слоями). После постановки каната шов перекрывался последовательно двумя слоями брезента, промазанного битумом. С внешней стороны шов заливался битумной смесью. Клепки с внутренней и внешней сторон устанавливались попеременно. Такая конструкция уплотнения шва

оказалась весьма удачной и исправленные швы трубопровода на склонах к р. Клязьме работают безукоризненно в течение двух лет. Применение ее в аналогичных случаях может быть рекомендовано.

Зимой 1937/38 г. трубопровод работал нормально.

Летом 1938 г. в жаркую погоду снова появились незначительные течи, устраненные в порядке текущего ремонта.

Анализируя конструкцию швов трубопроводов Водопроводного канала, можно отметить, что идея применения открытого внутрь и наружу шва вполне себя оправдала. Когда обнаружались течи, оказалось возможным эти швы исправить, чего нельзя сделать в швах, закрытых компенсаторами. Заполнение швов битумной смесью принятого состава в напорной части трубопровода не оправдало себя, и применение его в аналогичных случаях не может быть рекомендовано.

Следует осветить еще одно обстоятельство, имеющее существенное значение при строительстве водопроводных сооружений. Внутренняя битумная окраска трубопроводов, удачно примененная на Водопроводном канале, не всегда может быть целесообразной. Там, где налицо высокий горизонт стояния грунтовых вод, поверхность бетона труб будет влажная, битум не свяжется с бетоном и битумная пленка легко отстанет. При ручной окраске трубопроводов слой битума толще 2—3 мм долгое время не отдает бензина и остается рыхлым. В результате указанных причин в первый период эксплуатации трубопроводов на поверхности воды появилось много битумных пятен и пленок, что вызвало немало хлопот по задержанию их сетками и решетками, а позднее, при повышении горизонта воды, приходилось вылавливать битум у оголовков переключателей, где он задерживался. По истечении примерно месяца пленки и пятна битума на воде не появились.

ГЛАВА V

СООРУЖЕНИЯ НА ВОДОПРОВОДНОМ КАНАЛЕ

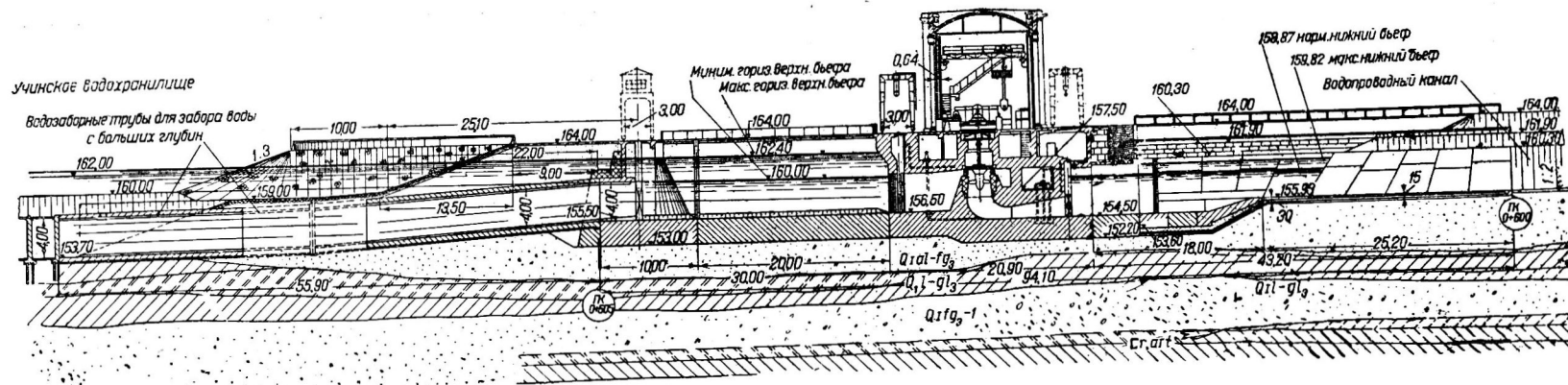
1. ВОДОЗАБОР

Из Учинского водохранилища вода поступает в Водопроводный канал через Листвянскую гидроэлектростанцию с железобетонными водозаборными трубами или через регулятор запасной ветви канала. В случае ремонта этих сооружений забор воды из верхней судоходной части Учинского водохранилища, как уже отмечалось, производится головным сооружением при Пяловской плотине (см. фиг. 19).

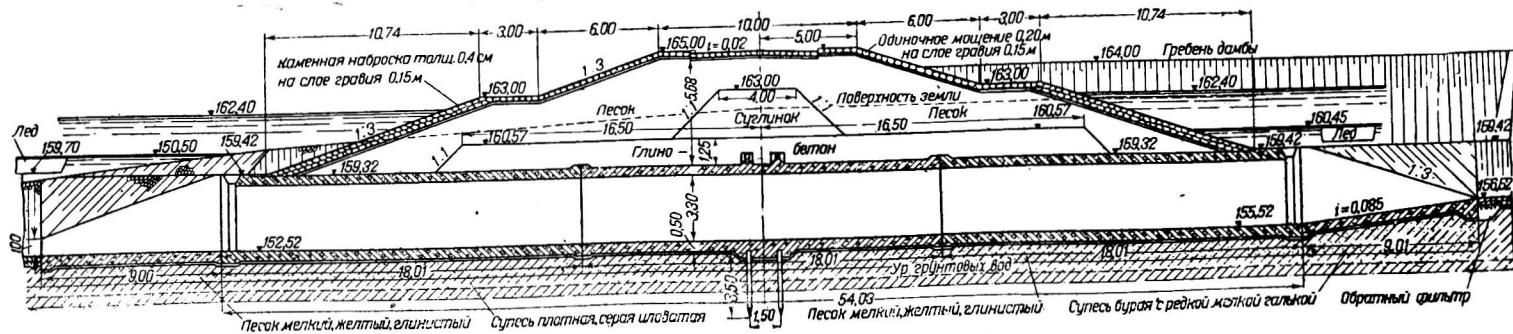
По санитарным соображениям поверхностная или прибрежная вода из водохранилища не должна поступать в канал. Поэтому трубы водозаборного сооружения заглублены и выпущены в ложе водохранилища. Всего труб четыре. Две средние трубы длиной 405,9 м каждая имеют отметку дна в начале 148,10 м. Две крайние трубы по 159,9 м длиной имеют отметку дна при входе воды 153,11 м. Такая система водозабора позволяет забирать воду как из глубоких, так и средних слоев водохранилища. Трубы подводят воду в уравнильный бассейн Листвянской гидроэлектростанции (см. фиг. 65).

Потеря напора в водозаборных трубах составляет 10 см, так что отметка горизонта воды в уравнильном бассейне при нормальной отметке в Учинском водохранилище будет 161,9 м, а при сработанном бьефе водохранилища — 159,9 м.

Уравнильный бассейн гидроэлектростанции разделен продольной стенкой на две части для удобства ремонта в случае необходимости. Каждая половина бассейна имеет самостоятельное питание как из глубо-



Фиг. 65. Водозаборное сооружение Водопрводного канала и Листвянская ГЭС. Продольный разрез.



Фиг. 66. Головное сооружение запасной ветви канала. Продольный разрез по оси.

ких, так и из средних слоев водохранилища, обслуживая в то же время одну турбину или холостое отверстие ГЭС.

Для предотвращения заилиения труб оголовки их возвышаются на 0,5 м над подводящим руслом, в начале которого имеется порог высотой 1,0 м; подход к оголовку укреплен каменной и гравийной отсыпкой на 25 м.

Водозаборные трубы — сборной железобетонной конструкции; двухочковая труба от км 0 + 100 до км 0 + 199 имеет горизонтальное дно на отг. 148,10 м; от км 0 + 199 до км 0 + 349 дно трубы поднимается с уклоном 0,0333 до отг. 153,10 м. Каждая секция трубы имеет внутренние размеры 4 × 4 м.

Пространственный рамный каркас трубы образуется колоннами, продольными и поперечными балками. Расстояние между колоннами среднего и крайних рядов 3 м. Колонны крайних рядов имеют прямоугольное поперечное сечение 35 × 35 см с пазами для закладки плит, образующих стены трубы. Средние колонны имеют поперечное сечение овальной отбегаемой формы.

Колонны опираются на бетонированные на месте железобетонные башмаки, в основании которых забито на глубину 2,5 м по четыре деревянные сваи диаметром 22 см. Нагрузка на одну сваю не превышает 3 т. Гнезда в башмаках после установки колонн на место залиты цементным раствором. Углы рам в местах соединения балок и колонн забетонированы после установки сборных элементов. После сборки каркаса был собран пол, стенки и потолок трубы из железобетонных плит толщиной 12 см, длиной 2,99 м и шириной от 0,99 до 1,11 м.

От км 0 + 352 до км 0 + 450 с каждой стороны двухочковой трубы добавлено по одной секции: труба становится четырехочковой. Крайние секции являются как бы пристройками, совершенно не меняющими конструкции основной двухочковой трубы. Конструкция крайних секций четырехочковой трубы одинакова с секциями двухочковой трубы. От км 0 + 352 до км 0 + 450 дно трубы поднимается до отг. 153,70 м с уклоном 0,006.

Щели между элементами сборных железобетонных труб заполнены цементным раствором.

При подходе к Листвянской ГЭС на участке от км 0 + 450 до км 0 + 505,9 длиной 55,9 м сборная конструкция труб сменяется железобетонной четырехочковой трубой, бетонированной на месте. Более массивная конструкция труб вызывалась здесь устройством земляной засыпки высотой от 0,8 до 5,5 м.

При подходе к ГЭС ширина секций трубы плавно увеличивается с 4 до 4,5 м. Разделяющие стенки при сопряжении с бычками, имеющими толщину 1,8 м, пустотелые и состоят из двух стенок толщиной по 0,4 м. Наружные и внутренние поверхности оголовка и труб покрыты бензино-битумной окраской.

Статический расчет. Сборные железобетонные трубы рассчитаны на нагрузку от собственного веса и временную нагрузку 300 кг/м². Прочность рамного каркаса трубы проверена также на ветровую нагрузку интенсивностью 150 кг/м², могущую иметь место в строительный период.

Труба, сопрягающая сборную четырехочковую трубу с уравнительным бассейном гидростанции, осуществлена в виде четырехпролетной железобетонной жесткой рамы и рассчитана на давление земли, собственный вес и временную нагрузку в 500 кг/м².

В голове Водопроводного канала построена Листвянская ГЭС, имеющая следующее назначение: 1) автоматически регулировать расход воды в канале, 2) использовать энергию воды при напоре, обусловлен-

ном разностью горизонтов в водохранилище и голове канала (162,11—159,80 = 2,31 м).

Станция оборудована турбиной Каплана мощностью 350 кв, с числом оборотов 125 в 1 мин.; она связана непосредственно с синхронными генераторами трехфазного тока. Установка второй турбины той же мощности будет произведена при увеличении забора воды в канал до проектной мощности (28 м³/сек).

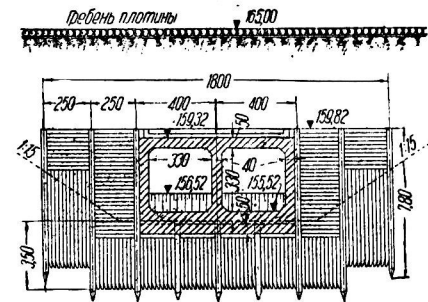
Спиральные камеры и холостые сбросы в случае ремонта могут быть перекрыты шандорами с обеих сторон.

Машинное здание ГЭС обслуживается мостовым электрическим краном подъемной силой в 15 т и пролетом 8 м.

Подводный массив здания ГЭС имеет размеры 11 × 16,5 × 18 м при расстоянии между осями агрегатов в 8 м. Надземная часть здания ГЭС имеет высоту 9,5 м и объем 2 420 м³.

Водозабор из верхней судоходной части Учинского водохранилища в случае необходимости производится через головное сооружение запасной ветви Водопроводного канала (см. фиг. 19).

Это сооружение построено в виде прямоугольной двухчковой трубы с внутренними размерами каждой секции 3,3 × 3,3 м. Общая длина трубы 54 м разделена на три звена по 18 м. Отметка дна входного оголовка и трубы 155,52 м, следовательно при нормальном горизонте в водохранилище глубина воды над верхом трубы



Фиг. 67. Головное сооружение запасной ветви канала. Сечение труб.

3,29 м. Выходной оголовок имеет отметку дна 156,52 м, равную отметке дна в начале запасной ветви канала. На расстоянии 15 м от выходного оголовка русло канала укреплено двойной мостовой на слое гравия и далее на 10 м — одиночной мостовой по гравию. К входному оголовку из чаши водохранилища подходит небольшой подводящий канал длиной около 70 м, глубиной до 5 м.

Для удлинения пути фильтрации в теле плотины сделана деревянная диафрагма, примыкающая к среднему звену трубы. Ниже основания трубы диафрагма представляет собой шпунт, забитый на глубину 3,5 м, а выше — деревянную стенку из пластин, сплоченных в четверть (фиг. 66 и 67).

Как верхний, так и нижний оголовки водозабора в случае надобности могут быть перекрыты шандорами.

Третьей точкой водозабора может служить регулятор запасной ветви канала. Конструкция этого регулятора позволяет питать Водопроводный канал не только из Пяловского, но и из Учинского водохранилища, что по санитарным соображениям желательно.

Подземная камера регулятора связана трубами с примыкающими к ней участками запасного канала и водохранилищем. Железобетонные трубы имеют прямоугольное двухчковое сечение с размерами каждой секции по высоте 2,80 м и ширине 2,65 м. Длина звеньев от 1,25 до 9 м. Общая длина трубы со стороны Учинского водохранилища 51 м.

Железобетонная камера регулятора имеет в плане размеры 11,5 × 18,90 м. Днище камеры имеет толщину 1,5 м. Высота подземной камеры от дна регулятора 7,13 м. Надземное здание кирпичное.

Регулирование горизонтов производится плоскими колесными за-

творами на выходных отверстиях. Каждый из затворов имеет свой подъемный механизм — блок «Людерс». Плоские скользящие затворы остальных отверстий имеют ремонтное значение и обслуживаются краном.

2. РЕГУЛЯТОРЫ И ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Водопроводный канал длиной 28 км имеет целую систему промежуточных перегораживающих сооружений, устройство которых обусловлено гидравлическими, конструктивными и эксплуатационными требованиями.

Гидравлические условия работы перегораживающих подпорных сооружений заключаются в следующем. Канал имеет наименьшую пропускную способность зимой при наличии ледяного покрова, толщина которого принята в 0,8 м. Поэтому зимой он работает при открытых затворах сооружений. Для того чтобы к моменту установления зимнего режима под ледяным покровом осталась необходимая площадь живого сечения потока, осенью перед ледоставом вода в канале должна быть подперта на высоту, несколько большую толщины ледяного покрова, т. е. примерно на 1 м. Этот подпертый горизонт и является максимальным расчетным горизонтом воды в канале, определившим отметки дамб. Поддержание подпертого горизонта воды в канале необходимо однако не только осенью и зимой, но и в течение всего года. Это вызывается конструктивными соображениями:

1) необходимостью работы трубопроводов полным сечением во избежание загнивания деревянных клепок в швах;

2) созданием наиболее выгодных условий работы облицовки открытых каналов в отношении температуры и выветривания,

3) требованием возможной неподвижности ледяного покрова и примерзания его лишь к верхним армированным плитам облицовки во избежание ее повреждения.

Регуляторы в начале и конце канала и семь промежуточных регуляторов-переключателей дают возможность разбить весь открытый канал на восемь самостоятельных участков. В пределах каждого участка создается кривая подпора, совпадающая с горизонтом верхней поверхности льда минимального расчетного наполнения в начале участка. Помимо этого основного назначения регуляторов и переключателей необходимость их постройки вызывалась следующими, не менее важными соображениями. Переключатели дают возможность быстрого выключения из работы отдельных участков канала, их опорожнения для осмотра и ремонта и обратного включения в работу. В летнее время полный расход двух ниток канала может быть пропущен по одной нитке.

Всего этого нельзя получить без регуляторов и переключателей как на открытом канале, так и на трубопроводах. Только при наличии их можно рационально управлять водным потоком в канале и обеспечить бесперебойную подачу воды.

Всего на канале построено 18 регуляторов и переключателей. Первый из регуляторов построен на км 2 + 733 на пересечении канала с его запасной ветвью. Назначение этого сооружения следующее:

1) переключение канала на питание из Пяловской запасной ветви;

2) регулирование горизонтов воды в канале при различных гидравлических режимах;

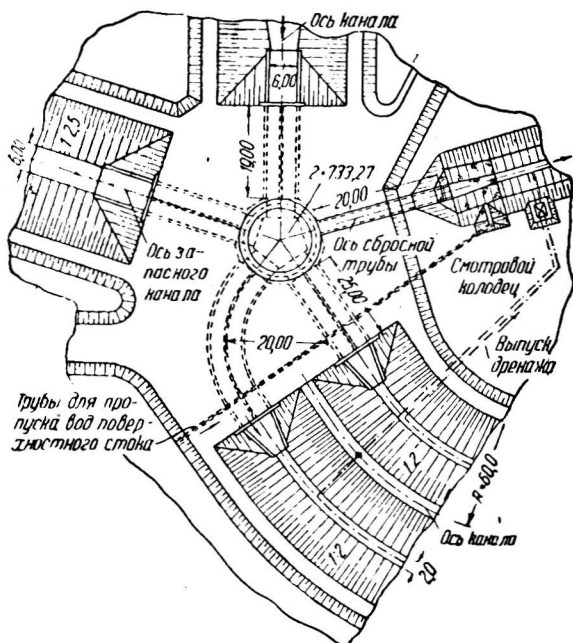
3) предохранение канала в две нитки от переполнения;

4) опорожнение примыкающих к регулятору каналов при их осмотре или ремонте.

Местность в районе регулятора покрыта хвойным лесом и имеет спокойный рельеф. В основании регулятора под слоем супеси толщиной 2 м на значительную глубину залегают серые, разнородные, глинистые пески. Грунтовые воды до постройки сооружения были на глубине 6 м от поверхности.

При проектировании к конструкции регулятора были предъявлены следующие основные требования:

- 1) минимальные гидравлические потери, не превышающие 4 см при нормальном пропуске через регулятор расхода $18 \text{ м}^3/\text{сек}$;
- 2) возможность ремонта любой части регулятора без перерыва в работе канала в две нитки;



Фиг. 68. Регулятор Водопроводного канала.

3) никаких дополнительных переустройств при увеличении пропускной способности канала с 18 до $28 \text{ м}^3/\text{сек}$.

У регулятора сходятся пять русел каналов. Подходят к регулятору запасная ветвь канала и основной канал в одну нитку от Листвянской ГЭС, отходят — три русла: две нитки открытого канала и отводящий сбросной канал (фиг. 68).

Для этого регулятора, как и для других перегораживающих сооружений Водопроводного канала, принята конструкция, состоящая из подземной камеры, соединенной трубами с примыкающими к ней руслами каналов, и надземного павильона, где размещены подъемные механизмы к затворам, и пр.

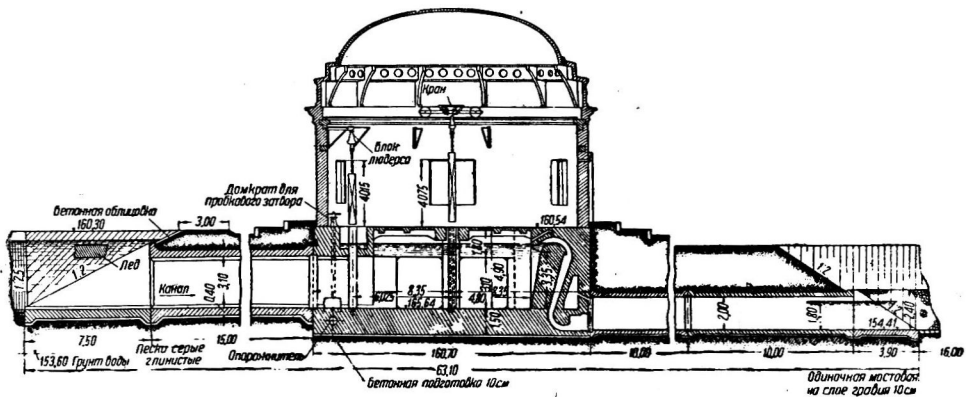
Простота общей компоновки сооружения достигнута приданием регулятору в плане пятиугольной формы по числу примыкающих труб.

Поперечное сечение труб принято прямоугольное двухчковое как наиболее простое. Во избежание промерзания трубы утеплены земляной засыпкой в 1 м. Швы между трубами и камерой регулятора устроены в виде прокладки битумно-минерального мата, прикрытого дере-

ванными клепками на болтах, с заливкой пространства между бетоном и клепками битумно-минеральной массой.

В массивных стенах камеры сделаны проемы, соответствующие каждой секции примыкающих к регулятору труб. Каждый проем для труб высотой 3,10 м и шириной 2,80 м оборудован плоским колесным затвором двухстороннего напора. Пазы затворов имеют забральные стенки со стороны центра камеры. Перекрытие камеры ребристое железобетонное; высота ее от днища до верха перекрытия 4,9 м. Толщина днища 1,5 м (фиг. 69).

Для возможности опорожнения, осмотра и ремонта любой части камеры регулятора она может быть разделена на две части разборным ремонтным заграждением, состоящим из съемных стоек и плоских скользящих щитов. Для установки заграждения в перекрытии оставлена продольная прорезь



Фиг. 69. Регулятор Водопроводного канала. Разрез.

В летнее время выключение из работы части регулятора не вызывает уменьшения пропускаемого расхода воды, так как каждая из ниток канала, будучи рассчитана на зимний режим, в летних условиях может пропустить двойной расход в пределах участков канала между перегораживающими сооружениями. Выключение из работы части регулятора в зимнее время вызывает уменьшение расчетного расхода вдвое. Опорожнение каждой половины камеры регулятора производится откачкой; объем воды, подлежащей удалению, невелик.

Каждый примыкающий к регулятору участок канала может быть опорожнен через самотечный опорожнитель регулятора, сбрасывающий воду в отводящий канал. Опорожнитель представляет собой галерею диаметром 0,5 м в массивном днище камеры регулятора. Галерея имеет выход в трубу сифонного сброса и оборудована тарельчатыми затворами и задвижками диаметром 500 мм по концам. Для опорожнения любого примыкающего к регулятору участка канала следует открыть тарельчатые клапаны отверстия, соединяющего опорожняемый участок с галереей опорожнителя. Начальный расход опорожнителя $1,0 \text{ м}^3/\text{сек}$.

В целях облегчения конструкции затвора и уменьшения подъемного усилия расчетная разность горизонтов воды верхнего и нижнего бьефов при маневрировании затворами принята равной 1 м. Поэтому включение в работу опорожненного участка канала требует предварительного наполнения этого участка водой, после чего затворы могут быть подняты. Для наполнения опорожненного участка канала перед включением его в работу служит галерея опорожнителя. Закрыв

выходные задвижки опорожнителя и открыв тарельчатые затворы опорожненного и одного из работающих участков канала, можно наполнить опорожненный участок канала.

Расчетный расход автоматического сифонного сброса при регуляторе принят $5 \text{ м}^3/\text{сек}$. В случае надобности сбрасываемый расход может быть увеличен на $1 \text{ м}^3/\text{сек}$ путем открытия опорожнителя.

Для постепенного и плавного включения и выключения сифон имеет две самостоятельные секции сечением $30 \times 100 \text{ см}$ с порогами и трубками выключения на разных отметках. Очертание труб сифона подобрано на основании специальных лабораторных исследований. В целях упрощения производства работ и для большей долговечности сифона в массивной стене регулятора перед ее бетонированием были установлены две металлические сифонные трубы, сваренные из железа толщиной 6 мм с анкерами. Отводящая железобетонная труба сифонного сброса безнапорная с размерами $2 \times 2 \text{ м}$. Труба состоит из двух звеньев по 10 м и заканчивается железобетонным прямоугольным лотком с ныряющими стенками.



Фиг. 70. Переключатель на км 10 + 614.

Все входные и выходные отверстия камеры регулятора оборудованы плоскими колесными затворами двухстороннего напора. Затворы снабжены стационарными подъемными механизмами — блоками «Людерс». Перемещение колесных регулировочных затворов производится посредством крана.

Отвод вод поверхностного стока с правой стороны регулятора на левую сторону в отводящий канал сифонного сброса осуществляется двумя асбоцементными трубами диаметром 30 см .

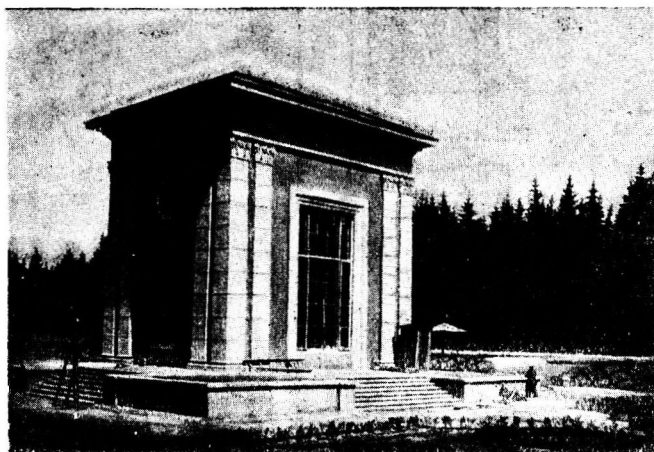
Во время постройки регулятора грунтовые воды залежали ниже его основания. После наполнения Учинского водохранилища фильтрационный поток из него, распространяясь во все стороны, поднял горизонт грунтовых вод у регулятора. Для понижения горизонта грунтовых вод у сооружения построен дренаж, заложенный под облицовкой дна каналов.

16 сооружений по трассе Водопроводного канала разделяются по своему назначению на две группы:

1) переключатели, построенные на трубопроводе для отключения одной из ниток в случае ремонта, и

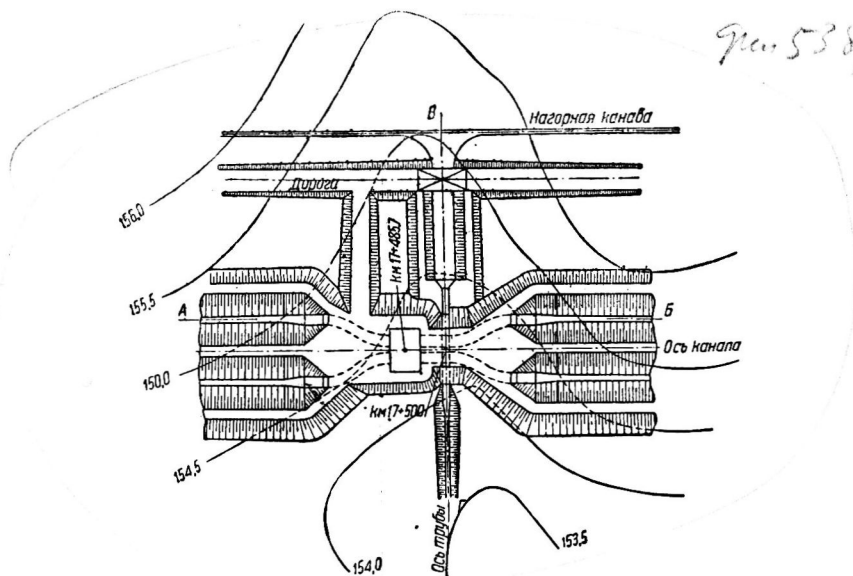
2) переключатели-регуляторы на открытом канале для целей регулирования водного потока; они имеют также и ремонтное значение (фиг. 70).

Длина участка канала между переключателями колеблется от 0,7 до 2,5 км. Выбор мест их постройки диктовался конструктивными соображениями для облегчения самотечного опорожнения канала и целесообразностью объединения переключателей с дюкерами. Поэтому все пере-



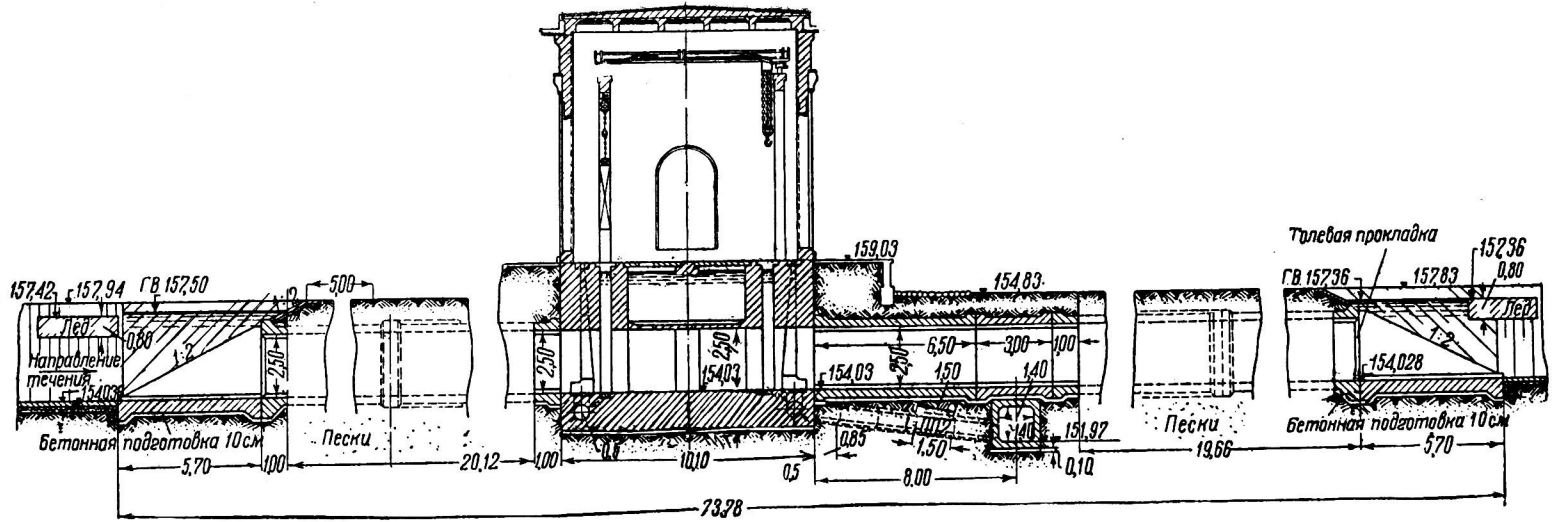
Фиг. 71. Переключатель на км 14 + 165.

ключатели, кроме одного на км 19 + 031, объединены или с местом перехода канала в трубопровод, или с ливневыми трубами, или с дюкерами (фиг. 71 и 72).

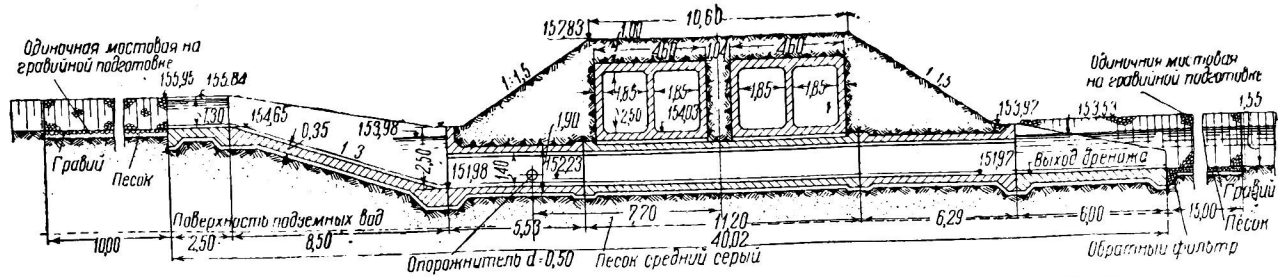


Фиг. 72. Переключатель на открытом канале с ливневой трубой. План.

Конструкция каждого из переключателей состоит из подземной камеры, соединенной трубами с четырьмя примыкающими к ней руслами. Камера сконструирована так, что имеется возможность переключения двух ниток канала в одну, и наоборот; возможно и полное переключение на одну из ниток (фиг. 73 и 74).



Фиг. 73. Переключатель на открытом канале сливной трубой. Разрез по А—Б.



Фиг. 74. Переключатель на открытом канале сливной трубой. Разрез по В—Г.

Камеры построены из армированного бетона и оборудованы входными и выходными пазами для затворов двухстороннего напора. Входные колесные затворы переключателей регулируют горизонты воды в канале. Они снабжены стационарными подъемными механизмами — блоками «Людерс». Два выходных отверстия имеют один колесный затвор ремонтного назначения. Маневрирование этими затворами производится посредством подъемного мостового крана.

На подходах к камере переключателя подводящие и отводящие трубы сближаются между собой. Уменьшение гидравлических сопротивлений при прохождении потока через камеру переключателя достигается устройством специального потолка, препятствующего расширению потока в камере.

После выключения из работы одной из ниток канала опорожнение ее может быть осуществлено путем перекачки воды из нее в соседнюю работающую секцию. В экстренном случае или при отсутствии насоса опорожнение может быть осуществлено через самотечные опорожнители, устроенные по типу опорожнителей регулятора на канале. Камеры переключателя опорожняются откачкой.

На фиг. 75 показана конструкция ливневой трубы под трубопроводами Водопроводного канала.

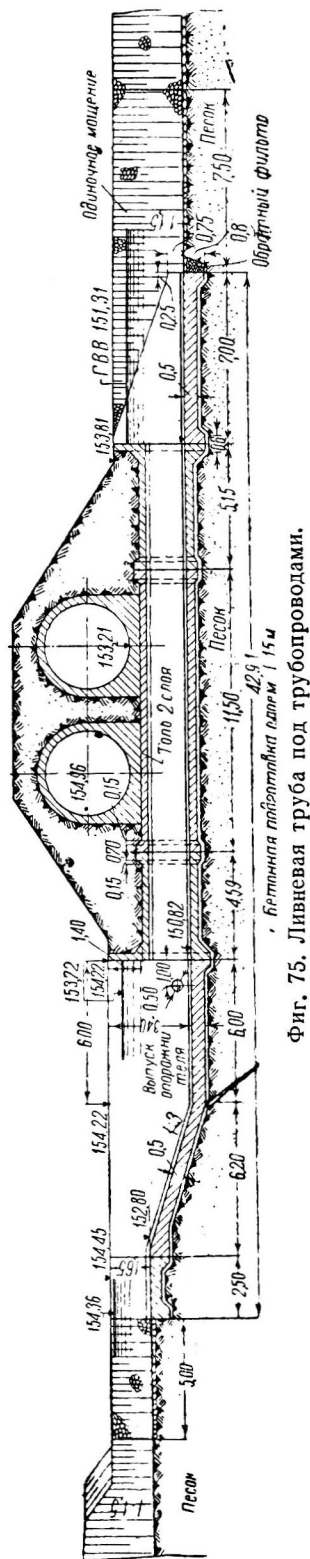
Последним перегораживающим сооружением на Водопроводном канале является регулятор в конце канала у водоприемника Сталинской водопроводной станции. Сооружение это предназначается для выполнения следующих функций:

- регулирования горизонта воды в подводящих нитках канала;
- выключения каждой из ниток канала для осмотра и ремонта;
- направления воды в бассейн или в трубы водоприемника Сталинской станции.

Расход воды в конце Водопроводного канала равен $16,05 \text{ м}^3/\text{сек}$ при отметке осеннего подпертого горизонта воды $156,35 \text{ м}$.

Нижним бьефом регулятора служит бассейн, нормальный горизонт воды в котором $155,50 \text{ м}$, максимальный — $156,20 \text{ м}$ и минимальный — $154,50 \text{ м}$; толщина ледяного покрова — $0,8 \text{ м}$.

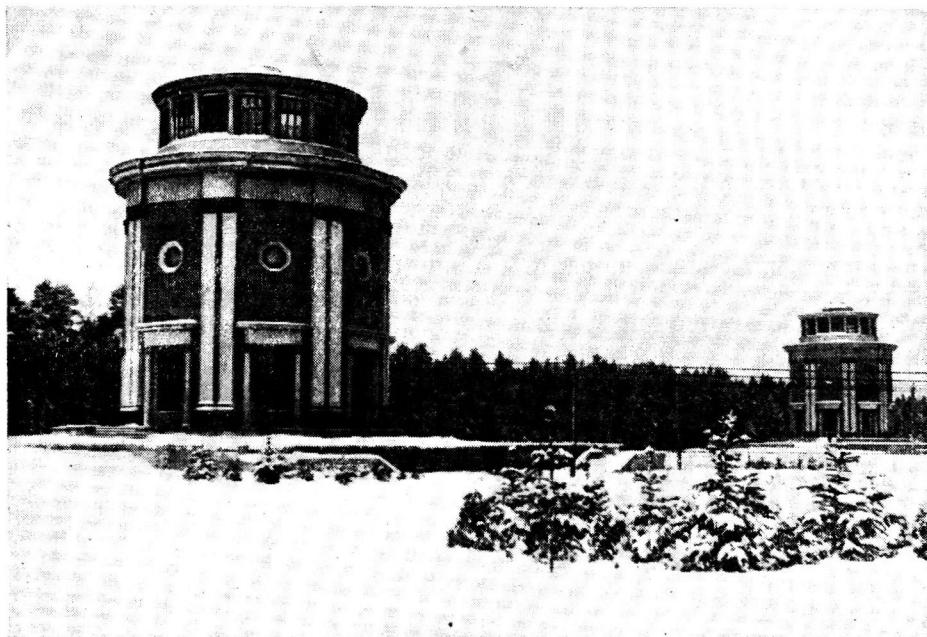
Подземная часть регулятора пред-



Фиг. 75. Ливневая труба под трубопроводами.

ставляет собой массивную камеру из армированного бетона длиной 15,5 м, шириной 17,12 м и высотой от основания до перекрытия подземной части 7,05 м. Толщина днища 1,50 м; толщина стен — 1,50 м. Четыре выходных отверстия оборудованы плоскими колесными затворами, поддерживающими постоянный горизонт воды в камере регулятора в течение всего года. Четыре входных отверстия оборудованы скользящими затворами, регулирующими горизонт воды верхнего бьефа в соответствии со временем года.

Для приключения труб водоприемника в стене регулятора сделаны два отверстия $3,2 \times 2,70$ м. Эти трубы имеют водосливы, начи-



Фиг. 76. Павильон дюкера на пересечении канала с Ярославской ж. д.

нающие работать при отметке горизонта воды 156,20 м и могут пропустить полный расход $16,05 \text{ м}^3/\text{сек}$ при отметке горизонта воды в канале перед регулятором 156,35 м.

Камера регулятора может быть разделена на две части при помощи плоских затворов со съёмными металлическими стойками. Опорожнение ее происходит через отверстия опорожнителя водоприемника, имеющиеся в водосливных трубах и оборудованные затворами — хлопушками.

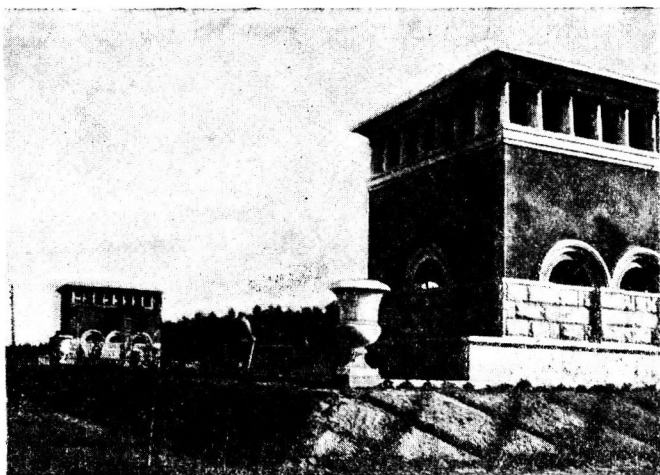
Маневрирование выходными регулировочными затворами производится посредством стационарных подъемных механизмов. Перемещение затворов и маневрирование входными затворами и ремонтным заграждением производится посредством мостового крана.

Камера регулятора соединена двумя подводящими трубами с каналом и двумя отводящими трубами с бассейном. Каждая труба имеет прямоугольное двухчковое сечение $(1,85 \times 2,50 \text{ м}) \times 2$.

Архитектура павильонов переключателей различна. Несложный технический процесс, происходящий в них, позволил сравнительно легко разрешить архитектуру павильонов как легких сооружений пар-

кового характера. В местах пересечения железными дорогами, доступных широкому кругозору, архитектура переключателей более строгая и монументальная; таковы например павильоны переключателей у пересечения Водопроводного канала с Ярославской и Щелковской ж. д. (фиг. 76 и 77).

Один из наиболее интересных переключателей расположен в месте пересечения Водопроводного канала с р. Клязьмой. Здание переключателя вписано в живописный пейзаж цветущих террас, ниспадающих



Фиг. 77. Павильон дюкера на пересечении канала с Щелковской линией Ярославской ж. д.

к берегу реки. По оси канала устроен ряд фонтанов-каскадов. Само здание переключателя представляет собой изящный павильон с массивным цоколем. Большой выносной карниз завершает здание, придавая ему строгую стильную законченность.

3. РЕГУЛИРУЮЩИЙ БАССЕЙН И ВОДОПРИЕМНИК

Регулирующий бассейн является составной частью узла сооружений в конце Водопроводного канала, состоящего из регулятора, бассейна и водоприемника Сталинской насосно-очистительной станции (фиг. 78).

Бассейн, или ковш, как он назван по своей конфигурации, выполняет следующие функции:

1) регулирует горизонты воды при возможных остановках насосной станции первого подъема, подающей воду на очистные сооружения;

2) служит запасным водоемом на случай дополнительной подачи воды на очистные сооружения или пополнения расхода при временных ремонтных неполадках по каналу;

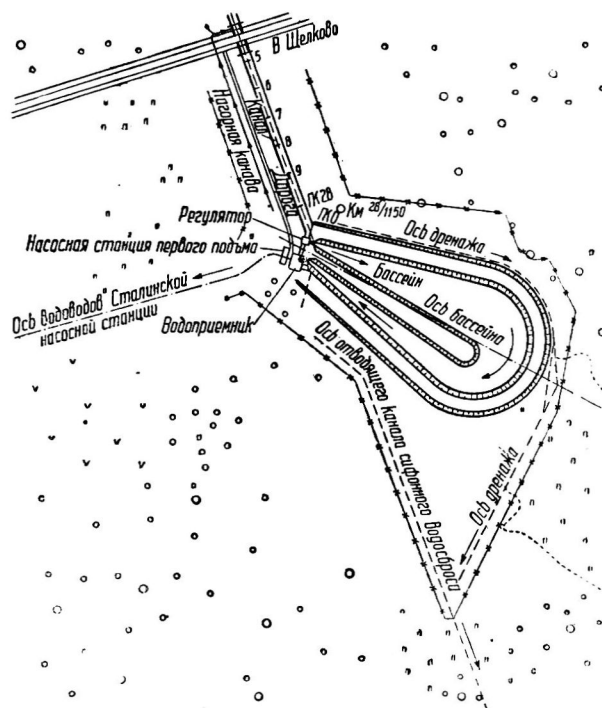
3) аккумулирует воду, поступающую по каналу, при временных остановках в работе станции или при увеличении расхода воды в канале;

4) дает возможность предварительной химической обработки воды в бассейне до поступления ее на очистные сооружения.

Наличие бассейна вызывает дополнительные потери воды на фильтрацию и испарение, но, если бы бассейн отсутствовал, были бы неизбежны сбросы воды и может быть потеря воды при сбросах была бы больше.

Регуляционный объем бассейна определен амплитудой колебания расхода воды при нормальной эксплуатации бассейна и при изменении режима канала в зависимости от времени года или от выключения из работы некоторых участков его. Однако эти факторы не были решающими.

Значительно большие объемы бассейна требуются при наполнении опорожненных участков канала перед включением их в работу, так например, участка между регулятором на канале и переключателем на трубопроводе (км 5 + 330) до нормального осеннего горизонта и пополнения всей нижележащей части канала до нормальных горизонтов. Исходя из этих условий, полезный объем бассейна принят равным 250 тыс. м³.



Фиг. 78. Регулирующий бассейн в конце Водопроводного канала.

Местность в месте расположения бассейна представляет собой слабо выраженную покрытую смешанным лесом ложину на пологом склоне Мазуринского болота. Поверхность земли имеет здесь отм. от 157 до 153 м.

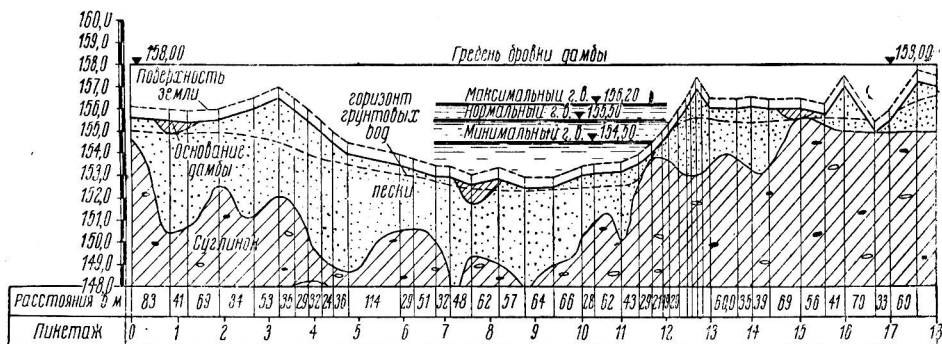
Под поверхностным слоем песка и супеси толщиной 1,5 м залегают моренные суглинки мощностью от 4 до 7 м. Под ними на большую глубину залегают пески.

До постройки бассейна грунтовые воды находились на глубине 1 м, местами выходя на поверхность земли (рис. 79 и 80).

В плане бассейн имеет округленную вытянутую форму с дамбой посредине. Вход и выход из бассейна имеют плавное очертание с углом расширения при входе 16° и сужения при выходе 7° (фиг. 78).

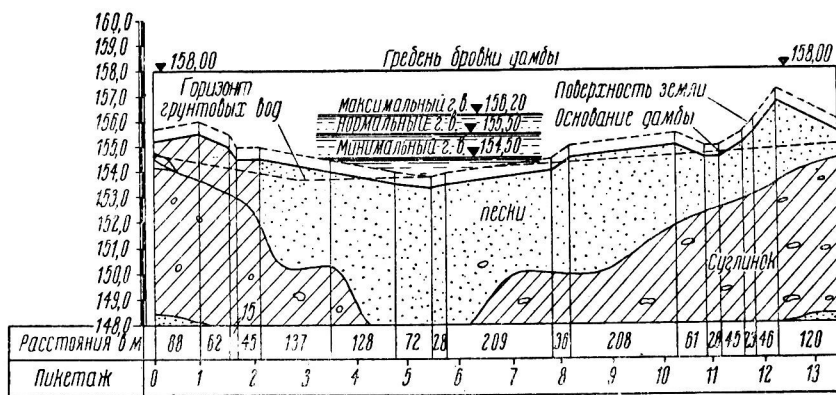
В результате гидравлических испытаний модели бассейна Лаборатория Строительства рекомендовала для устранения отжима и завихрения потока в подводящей части бассейна устройство струнаправ-

ляющей стенки длиной 515 м и высотой 4,45 м, расположенной по оси подводящей части бассейна. Однако, учитывая то, что в первый период эксплуатации до постройки второй водопроводной станции бассейн будет работать на половинный расход, Строительство построило бассейн без струнаправляющей стенки. В последующем стенка может быть построена.



Фиг. 79. Продольный профиль по периметру бассейна.

Полная длина бассейна 750 м. Ширина бассейна колеблется в пределах от 100 до 380 м. Отметка дна бассейна 152,0 м, т. е. на 0,66 м ниже дна канала при подходе к регулятору. Максимальная отметка горизонта воды в бассейне 156,20 м, наполнение 4,2 м; площадь водного зеркала при этом 153 тыс. м². Исходя из величины потребного



Фиг. 80. Продольный профиль по контуру раздельной дамбы бассейна.

регуляционного объема бассейна в 250 тыс. м³, высота регуляционной призмы была принята в 1,7 м. Минимальная отметка горизонта воды в бассейне 154,50 м при наполнении в 2,5 м и площади водного зеркала 138 тыс. м²; мертвый объем — 310 тыс. м³. Нормальная отметка горизонта воды в бассейне — 155,50 м. Толщина ледяного покрова принята в 0,8 м.

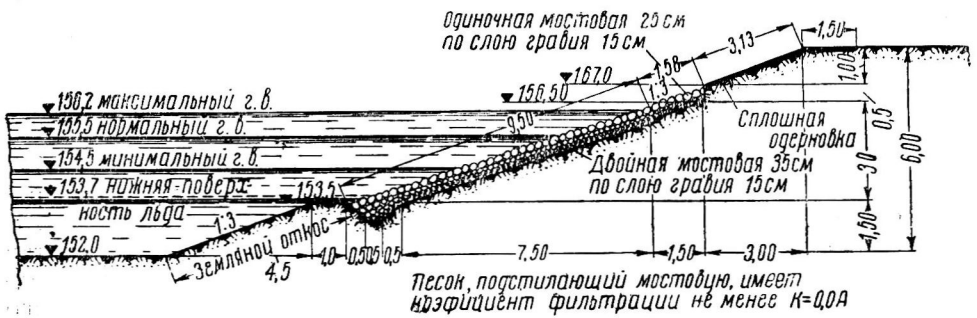
Скорости течения воды в бассейне приведены в табл. 5.

Таблица 5

| Время года | Горизонт воды | Скорость в м/сек | |
|------------|------------------------|------------------|------|
| | | от | до |
| Лето | Минимальный | 0,02 | 0,16 |
| | Нормальный | 0,03 | 0,21 |
| | Максимальный | 0,04 | 0,35 |
| Зима | Минимальный | 0,03 | 0,22 |
| | Нормальный | 0,04 | 0,32 |
| | Максимальный | 0,06 | 0,62 |

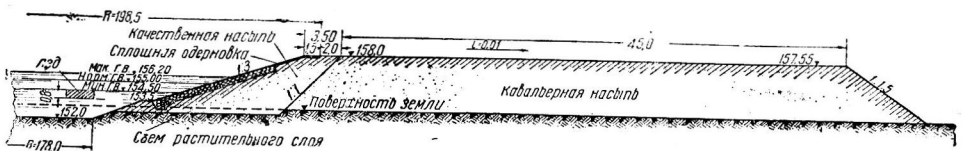
Для устойчивости откосов при постоянных колебаниях горизонта воды и ледяного покрова в бассейне откосы его приняты с заложением 1:3. Отметка бровки откосов — 158,00 м. Грунт из выемки бассейна укладывался в среднюю дамбу и насыпь по периметру бассейна шириной около 45 м. Такая большая ширина обвалования при напоре воды от 0 до 3,2 м

позволила отсыпать грунт в виде кавальерной насыпи с качественной оторочкой из песчаного грунта по водному откосу. Сухой откос кавальерной насыпи принят 1:1,5; откос, граничащий с качественной оторочкой, — 1:1. Качественные оторочки имеют ширину поверху —



Фиг. 81. Крепление откосов бассейна.

2 м. Водный откос оторочки 1:3 укреплен мостовой по гравийной подготовке от отм. 153,5 до отм. 157,0 м, а выше одерновкой. На отм. 153,5 м устроена берма шириной 1,0 м, ниже которой до дна бассейна тройной земляной откос не укреплен (фиг. 81 и 82).



Фиг. 82. Сечение насыпи и кавальера на км 0+900.

Поверхности раздельной дамбы и кавальерной насыпи спланированы и засеяны травами.

Одно из санитарных требований к бассейну заключалось в том, чтобы грунтовые воды не попадали в него, для чего бассейн дренирован. Дренаж выполнен в виде окружающей бассейн дренажной канавы, переходящей у входной части бассейна, где глубина выемки доходит до 5,4 м, в закрытый дренаж. Отметки дна в начале дренажной канавы 150,5 м, ширина по дну 0,5 м при полуторных откосах. Приток воды к дренажу от грунтового питания был принят при проектировании таким же, как и для дренажа открытого канала. Фильтрационный расход из бассейна в дренаж принят по данным лабораторного опре-

деления методами ЭГДА. При этом было установлено оптимальное расстояние дрены от бровки бассейна в 82 м. Суммарный расчетный приток воды на 1 пог. м дренажной канавы принят равным $0,5 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Залегание суглинков на большей части площади бассейна создает благоприятные условия для уменьшения фильтрации. Однако местами прослойка суглинка прерывается.

Самотечное опорожнение бассейна производится через опорожнитель, помещенный в подводящих трубах водоприемника Сталинской станции. Начальный расход опорожнения $2,5 \text{ м}^3/\text{сек}$. Наполнение бассейна перед открытием затворов в трубах регулятора и водоприемника Сталинской станции также может производиться через опорожнитель.

В первый период эксплуатации летом 1937 г. бассейн не был наполнен водой до проектных отметок. Откосы его, не защищенные креплением в нижней своей части, размывались при ветровом волнении.

Бассейн был наполнен водой до проектных отметок, как и весь Водопроводный канал, только осенью 1937 г. Зимой 1937/38 г. горизонт воды колебался на 30—40 см, толщина льда доходила до 40—50 см, что не вызвало никаких повреждений берегов бассейна, укрепленных двойной каменной мостовой.

Из регулирующего бассейна вода поступает в водоприемник Сталинской насосно-очистительной станции. Здесь установлены решетки и механические вращающиеся сетки, задерживающие плавающие и взвешенные в воде тела и отчасти планктон. Подземная камера водоприемника рассчитана на подачу воды кроме Сталинской станции на будущую Пролетарскую водопроводную станцию. В этой же камере установлены сифоны для сброса излишней воды в случае переполнения Водопроводного канала.

Нормальный постоянный в течение года расход воды в конце Водопроводного канала — $16,05 \text{ м}^3/\text{сек}$. Расход, потребляемый Сталинской станцией, — $7,5 \text{ м}^3/\text{сек}$. Расход Пролетарской станции с учетом расхода на обводнение р. Серебрянки намечен в $8,0 \text{ м}^3/\text{сек}$ и на децентрализованное промышленное водоснабжение — $0,5 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Конструкция водоприемника состоит из следующих основных частей:

- 1) оголовка и подводящих труб из бассейна;
- 2) трубы с водосливами, идущей из регулятора в водоприемник;
- 3) подземной камеры и надземного павильона;
- 4) сифонного сброса.

Оголовок подводящих труб представляет собой прямоугольный железобетонный лоток с ныряющими стенками, имеющими высоту от 1,5 до 2,8 м. В начале лотка сделан порог высотой 0,5 м для задерживания донных отложений. Перед оголовком дно бассейна укреплено мощением на длину 20 м. В случае если высота порога 0,5 м окажется недостаточной, конструкция оголовка позволяет в последующем сделать передний осадочный колодец глубиной до 0,75 м.

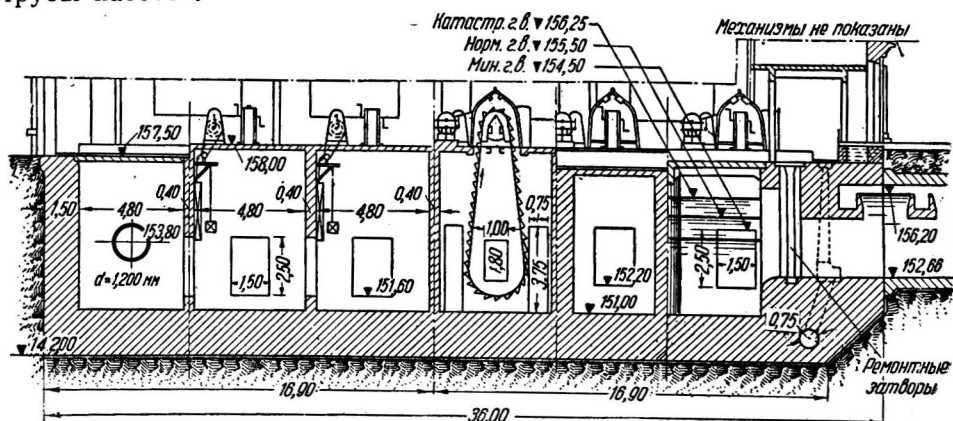
Две подводящие трубы длиной 21,2 м имеют прямоугольное двухочковое поперечное сечение высотой 2,5 м и шириной 1,85 м.

Трубы, соединяющие регулятор с водоприемником, имеют длину 35,5 м, прямоугольное двухочковое поперечное сечение высотой 4,0 м и шириной 3,5 м. Каждая секция трубы разделена на два лотка стенкой, гребень которой не доходит до потолка и служит водосливом. Для увеличения периметра водослива отдельная водосливная стенка соединена со средней глухой стенкой двухочковой трубы системой поперечных лотков — водосливов. Ширина лотков — 0,6 м, расстояние между осями лотков — 3,2 м. Все четыре продольных лотка, на которые

разделены две секции трубы, имеют самостоятельные выходы в водоприемник Сталинской насосно-очистительной станции, оборудованные плоскими затворами. С регулятором соединены лишь средние два лотка. Крайние два лотка при подходе к регулятору оканчиваются тупиками.

Перелив воды в водосливных трубах предохраняет Водопроводный канал от переполнения при возможных эксплуатационных колебаниях расхсдов Сталинской и Пролетарской станций (фиг. 83).

Подземная камера водоприемника представляет собой массивную железобетонную коробку с размерами в плане 30,3 × 36,0 м. Днище имеет толщину 2 м, стенки — 1,5 м. Половина камеры со стороны бассейна выполняет функции регулятора, а другая половина служит для предварительной очистки воды перед поступлением во всасывающие трубы насосов.



Фиг. 83. Разрез по водоприемнику Сталинской станции.

Для осмотра и ремонта первая половина камеры водоприемника посредством разборного ремонтного заграждения может быть разделена на три части. Каждая из этих трех частей может быть опорожнена без перерыва подачи воды станциям.

Вторая половина камеры водоприемника разделена стенками на шесть одинаковых секций (по числу насосов) шириной каждая 5,8 м. При входе в секциях установлены грубые сороудержательные решетки. Для задержания перед камерой донных отложений устроен порог 0,6 м.

После грубой решетки вода проходит через вращающиеся сетки, имеющие 144 отверстия на 1 см². В процессе вращения сетки промываются водой. Входные отверстия камер сеток оборудованы плоским затвором.

При выходе из камеры сеток вода попадает в продольную галерею. Назначение ее — создание большей надежности и маневренности при выключении насосов и переключениях очистных агрегатов. Из этой галереи через отверстия, снабженные плоскими затворами, вода попадает в камеру всасывающих труб насосов.

Опорожнение отдельных частей водоприемника производится через опорожнитель, представляющий собой галерею диаметром 80 см в массивном днище водоприемника. Труба опорожнителя выходит в камеру сифона и оканчивается задвижкой. Для опорожнения отдельных участков камеры водоприемника и наполнения их после ремонта или осмотра по дну камеры уложена система металлических труб диаметром 10 см, снабженных по концам задвижками.

Подземная камера перекрыта железобетонным ребристым перекрытием, имеющим прорези для постоянных и ремонтных затворов, перед грубыми решетками и над камерами всасывающих труб насосов.

Для сброса воды при переполнении регулирующего бассейна в камере водоприемника помещен сифон. Расход сифона равен наибольшему расходу, поступающему на станции, а именно $8 \text{ м}^3/\text{сек}$. Сифоны металлические, из четырех самостоятельных труб сечением $0,96 \times 0,40 \text{ м}$ каждая, укрепленных на железобетонной стенке. Для ремонта трубы могут быть сняты.

Сифон сбрасывает воду в водобойный колодец; далее построена отводящая двухчочковая прямоугольная железобетонная труба сечением $(3 \times 2 \text{ м}) \times 2$ и длиной 70 м . Отметка дна трубы $150,60 \text{ м}$. Труба выходит в отводящий канал с земляным руслом. Канал имеет длину 1500 м и отводит воду в ложину в бассейне р. Пехорки (фиг. 78).

Сложное механическое оборудование водоприемника размещено в павильоне над подземной камерой.

Все отверстия в камере перекрываются плоскими затворами. Маневрирование двумя затворами, перекрывающими трубы, идущие из регуляторов, производится посредством стационарных электрических лебедок. Маневрирование остальными затворами, перемещение их и прочего оборудования, а также монтаж ремонтного ограждения производятся при помощи электрического крана пролетом 28 м , грузоподъемностью 10 т .

4. ПЕРЕСЕЧЕНИЯ КАНАЛА С ДОРОГАМИ

В соответствии с санитарными требованиями открытый канал в местах переездов проходит в трубах длиной не менее 100 м .

На км $9 + 665$ при пересечении канала с Ярославской ж. д. и на км $12 + 665$ при пересечении канала с Щелковской линией Ярославской ж. д. построены дюкеры. Конструкция дюкеров железобетонная с сильной арматурой и с толщиной стенок 60 см . Насыпи полотна дорог сделаны фильтрующими — из гравия во избежание размыва при фильтрации из трубопроводов.

Для выключения труб дюкеров и осмотра их построены по два переключателя (фиг. 76 и 77).

5. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОПУСКА ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА

Сооружения эти разделяются на два вида: а) собирательные кюветы и нагорные канавы; б) отводящие трубы под каналом и лотки, переброшенные через трубопровод.

Определение расходов весенних половодий производилось по следующим формулам:

$$Q_{\text{ср. макс}} = \alpha F^{0,86} \text{ м}^3/\text{сек}; \quad (1)$$

$$\sigma = \beta F^{0,75}; \quad (2)$$

$$C_v = \frac{\sigma}{Q_{\text{ср. макс}}} = \frac{\beta}{\alpha F^{0,11}}, \quad (3)$$

где Q — расход воды в $\text{м}^3/\text{сек}$;

α — коэффициент, характеризующий величину расхода воды, в зависимости от географического положения площади водосбора; определяется по картограммам;

F — площадь водосбора в км^2 ;

σ — величина, характеризующая рассеяние пиков паводка на графике;

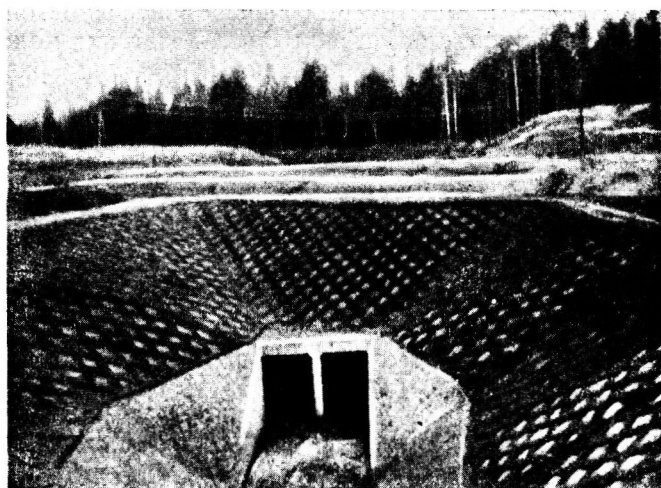
β — коэффициент, характеризующий величину σ ; определяется по картограммам;



Фиг. 84. Вид ливневой трубы в постройке.

C_v — коэффициент вариации максимальных расходов.

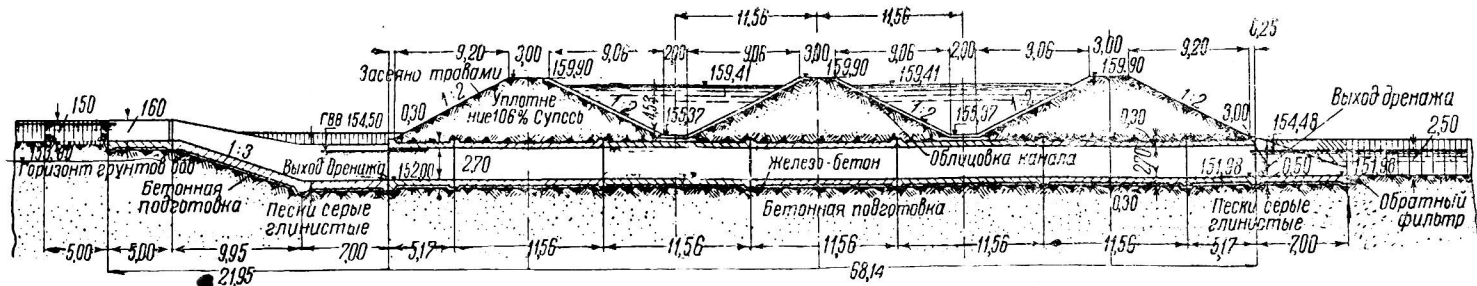
По картограммам Строительства канала Москва—Волга район водопроводного канала характеризуется значениями величин $\alpha = 0,50$ и $\beta = 0,50$.



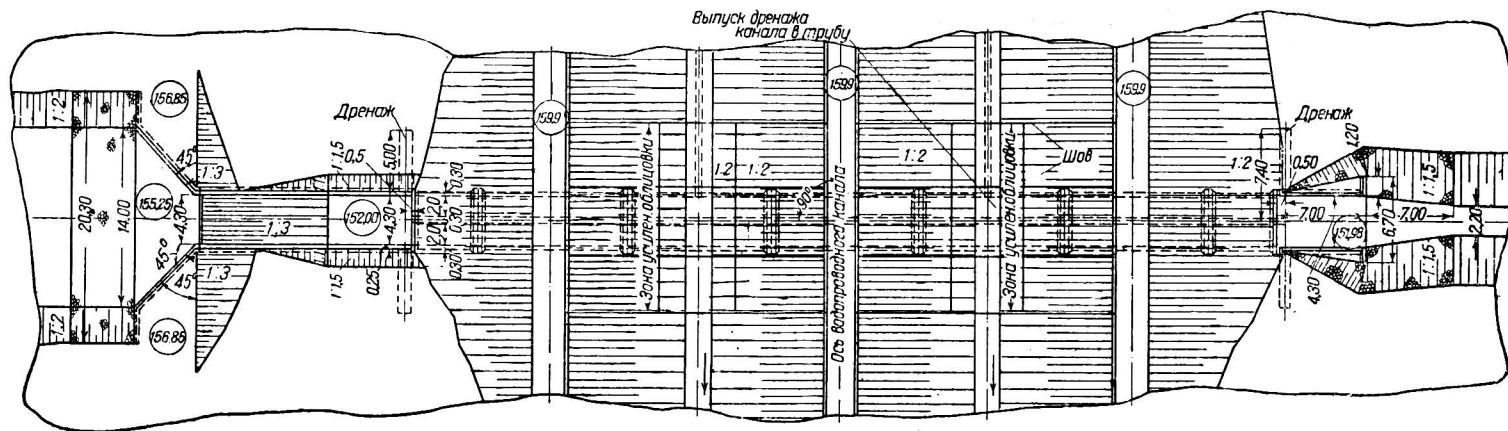
Фиг. 85. Выходная часть ливневой трубы.

Для нагорных канав расчетные расходы весенних максимумов принимались повторяемостью 1 раз в 20 лет, а для труб и лотков 1 раз в 161 год, что соответствует паводку в 1908 г. на Москва-реке.

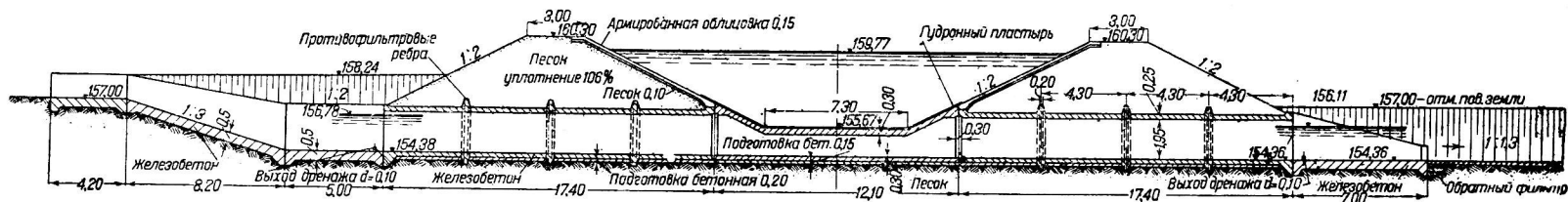
Ливневые максимальные расходы определялись по известным формулам НТК НКПС.



Фиг. 86. Ливневая труба под каналом в две нитки. Разрез.



Фиг. 87. Ливневая труба под каналом в две нитки. План.



Фиг. 88. Ливневая труба под каналом в одну нитку.

По принятой компоновке сооружений канала поверхностный сток с тяготеющих к каналу водосборных площадей собирается нагорными канавами и пересекающими канал логам и подводится к трубам под каналом или лоткам поверх него. Всего построено 9 труб и 2 лотка, характеризуемых следующими величинами водосборных площадей и расходов воды (табл. 6).

Таблица 6

| № пп | Название сооружения | На каком км находится | Площадь водосбора в км ² | Максимальные расходы в м ³ /сек | | |
|------|--|-----------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------|----------|
| | | | | весеннего паводка | | ливневые |
| | | | | среднего | повторяемостью 1 раз в 161 год | |
| 1 | Труба | 2 + 537 | 2,54 | 1,11 | 5,5 | 5,7 |
| 2 | " | 4 + 866 | 1,41 | 0,67 | 3,5 | 12,7 |
| 3 | " | 6 + 685 | 1,47 | 0,69 | 3,6 | 10,6 |
| 4 | " | 11 + 600 | 4,94 | 1,97 | 9,1 | 26,6 |
| 5 | " | 15 + 880 | 2,96 | 1,25 | 6,2 | 12,3 |
| 6 | " | 17 + 454 | 1,46 | 0,69 | 3,6 | 4,0 |
| 7 | " | 19 + 300 | 12,42 | 4,36 | 17,8 | 16,8 |
| 8 | " | 8 + 700 | 2,86 | — | 5,9 | 23,0 |
| 9 | " | 26 + 070 | 3,55 | 1,42 | 6,8 | 17,6 |
| 10 | Лоток нагорной канавы . . . | 3 + 500 | 6,08 | — | 4,4 | 11,0 |
| 11 | " через дюкер на шоссе Щитниково—Лукино . . . | 27 + 481 | 2,79 | 1,55 | — | 14,6 |

Все трубы железобетонные прямоугольного одно-, двух- и трех-очкового сечения с размерами секций от 1,4 × 1,4 до 2,0 × 2,5 м.

На фиг. 86 и 87 показаны продольный разрез и план ливневой железобетонной трубы под открытым каналом в две нитки.

Под каналом в одну нитку ливневые трубы имеют несколько своеобразную конструкцию, показанную на фиг. 88.

Устройство овальных бетонных труб по типу железнодорожных труб для канала оказалось нецелесообразным, так как эти трубы требуют большой строительной высоты, увеличивают глубину и длину отводящих каналов и при малых нагрузках оказываются дороже труб железобетонных.

ГЛАВА VI

СТАЛИНСКАЯ НАСОСНО-ОЧИСТИТЕЛЬНАЯ СТАНЦИЯ ¹

1. ОСНОВНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРОЕКТА

Сталинская насосно-очистительная станция — одна из крупнейших насосных и очистных водопроводных станций в мире и самая крупная в СССР.

¹ Строительство Сталинской насосно-очистительной станции не входило в общий комплекс сооружений канала Москва—Волга и было возложено Правительством на Моссовет. Последний перепоручил осуществление этой стройки Москвалогстрою, который к сроку окончания постройки канала и сдачи его в эксплуатацию закончил и основные работы по первой очереди Сталинской станции, обеспечивавшей возможность приема первой волжской воды еще летом 1937 г. Постройка Сталинской станции была в основном закончена коллективом б. Водопроводного района Москва-непостройка. С конца 1937 г. строительство велось самостоятельной организацией, непосредственно подчиненной одному из строительных управлений НКВД.

Расположение станции близ восточной границы г. Москвы диктовалось настоятельной необходимостью улучшения снабжения водой Сталинского, Первомайского, Бауманского и Железнодорожного районов Москвы, так как подача воды в эти районы с запада, со стороны Рублевской станции, была недостаточной. Подвод волжской воды к Сталинской станции определялся схемой Учинского водохранилища и Водопроводного канала, описанной выше. При проектировании станции были сравнены два варианта ее схемы:

Первый — расположение очистных сооружений на низкой отметке с таким расчетом, чтобы вода из Водопроводного канала поступала к ним самотеком. При этом подъем воды насосами после ее очистки требовался только один раз для подачи в город.

Второй — расположение очистных сооружений на возвышенности, что требовало подачи воды к ним из Водопроводного канала насосами; при этом варианте были неизбежны два подъема воды: на очистные сооружения и в городскую сеть. Однако высотное расположение резервуаров станции обеспечивало в случае остановки насосов самотечное поступление воды в город с пониженным напором.

В результате всестороннего сравнения этих вариантов выяснилась почти одинаковая их стоимость. Моссовет одобрил вариант с двумя подъемами.

При этой схеме выбор площадки для станции производился с таким расчетом, чтобы она, находясь вблизи Водопроводного канала, имела возможно более высокие отметки, удобные и короткие подъезды от шоссе и железной дорог и надежное обеспечение электроэнергией; учитывалась также возможность отвода со станции отработанных вод в водоемы, минуя Москву.

Место для постройки Сталинской станции было выбрано на возвышенности с отм. 170—180 м над уровнем Балтийского моря близ с. Щитниково на Щелковском шоссе, в 2 км от ветки Горьковской линии ж. д. им. Дзержинского.

При проектировании Сталинской станции не было опытных данных о качестве воды, которая, отстоявшись в ряде водохранилищ, подойдет к Сталинской станции. Имелась лишь характеристика волжской воды в районе с. Ивановка, показывавшая, что эта вода отличалась значительной цветностью и окисляемостью; жесткость ее колебалась в пределах от 4 до 10°. После отстаивания воды в Ивановском водохранилище, прохождения ее по судоходному каналу, отстаивания в Учинском водохранилище и наконец прохождения по Водопроводному каналу качество воды могло измениться, но предугадать характер этих изменений было крайне трудно. Поэтому при проектировании станции была учтена возможность очистки воды, обладающей малой жесткостью, большой цветностью и бактериальным загрязнением.

Имея в виду эти качества воды, были приняты следующие методы ее очистки:

- 1) механическая очистка воды на вращающихся сетках;
- 2) химическая обработка, а именно: предварительное хлорирование воды до поступления ее на очистные сооружения, коагулирование, известкование, вторичное хлорирование и дехлорация;
- 3) отстаивание;
- 4) фильтрация воды сквозь безмешалочные скорые фильтры.

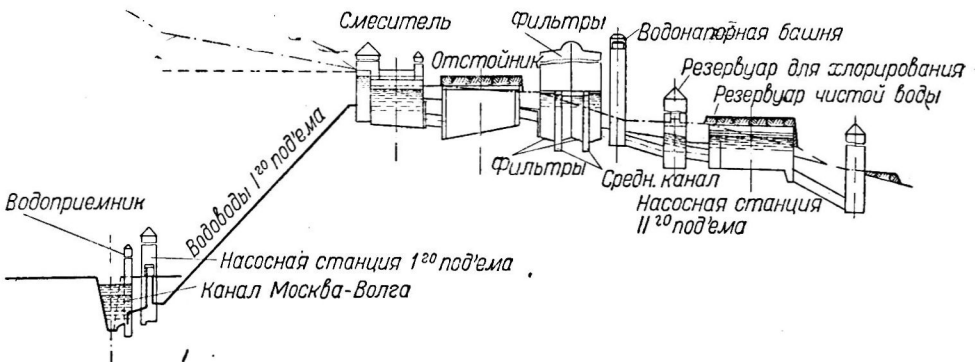
2. СХЕМА РАБОТЫ

Через регулятор, расположенный в конце Водопроводного канала, вода поступает в водоприемник Сталинской насосно-очистительной станции непосредственно или пройдя через бассейн (фиг. 89).

Грубые решетки, установленные в здании водоприемника, задерживают крупные плавающие предметы.

Затем на вращающихся сетках вода очищается от более мелких механических взвешенных и плавающих частиц и частично от планктона.

Пройдя сетки, вода направляется к всасывающим линиям насосов первого подъема. Этими насосами вода по водоводам подается к зданию коагулирования и в смеситель. В здании коагулирования готовятся растворы коагулянта и извести, которые вводятся в воду или непосредственно в водоводах или же в камере смесителя. В смесителе происходит полное смешение воды с коагулянтом. Здесь же может



Фиг. 89. Схема Сталинской насосно-очистительной станции.

производиться первичное хлорирование.

Смешанная с коагулянтом вода поступает в отстойники; после отстоя — на фильтры.

Для окончательного обезвреживания после фильтрации в воду вводится хлор. Из резервуаров вторичного хлорирования вода поступает в сборные резервуары, откуда она насосами второго подъема подается по водоводам в городскую сеть. Весь путь от смесителя до сборных резервуаров вода проходит самотеком.

3. СООРУЖЕНИЯ СТАНЦИИ

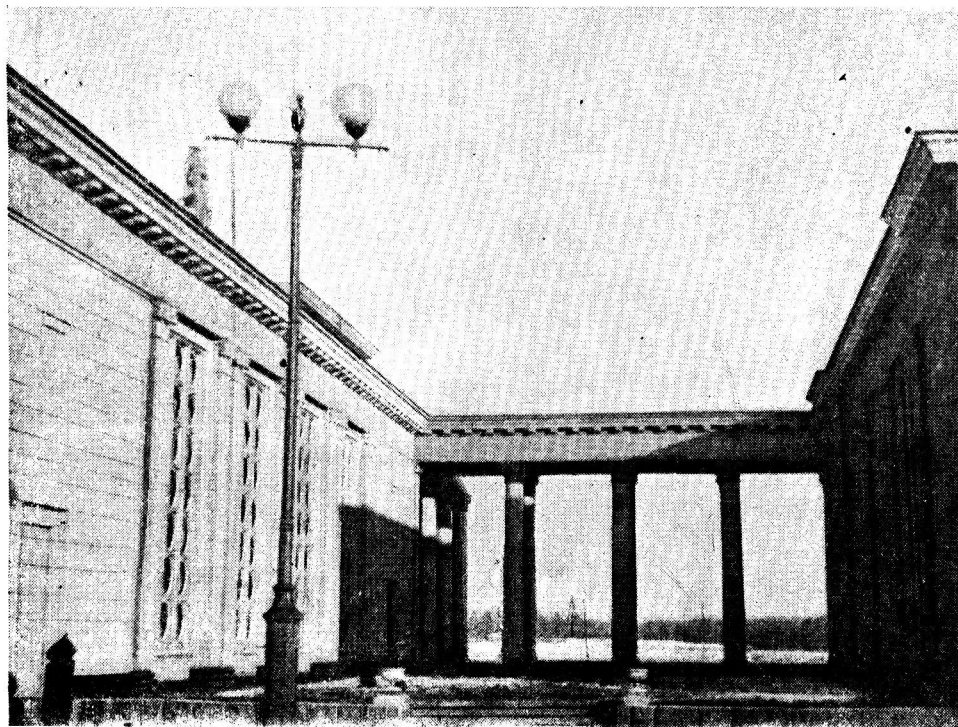
Водоприемник Сталинской насосно-очистительной станции обеспечивает правильный подвод воды к насосам первого подъема и механическую очистку, т. е. задержание мусора, ветвей, мелкой рыбы и частично планктона.

Соответственно числу насосов водоприемник разделен на шесть секций, каждая из которых состоит из трех частей:

- аванкамеры, оборудованной щитами, регулирующими поток вод, и грубыми решетками;
- камеры с вращающимися сетками;
- камеры, в которых помещаются всасывающие трубы насосов.

Каждая секция может быть выключена из работы для осмотра и ремонта. Для лучшего маневрирования оборудованием при работе лишь части насосов в стенках, разделяющих секции, устроены окна, перекрываемые специальными затворами. Подъем и опускание решеток и затворов производятся мостовым подъемным краном.

Насосная первого подъема расположена рядом с водоприемником. В подземной части насосной размещены трубопроводы и задвижки. В надземной части помещаются машинный зал, щитовое помещение и распределительное устройство. В машинном зале установлено шесть центробежных насосов типа «Лимакс», спаренных с синхронными мото-



Фиг. 90. Водоприемник насосно-очистительной Сталинской станции.

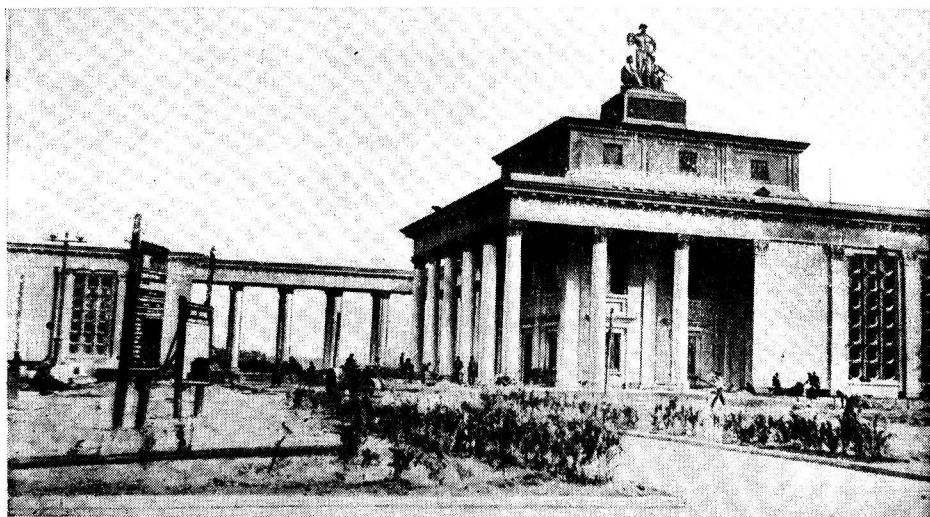
рами. Производительность каждого насоса $1,92 \text{ м}^3/\text{сек}$. Мощность электромоторов по 1 000 квт. Временно установлен один насос производительностью $1,22 \text{ м}^3/\text{сек}$ с электромотором мощностью 670 квт.

Насосная станция первого подъема вместе с водоприемником и конечным регулятором Водопроводного канала образуют группу зданий, отличающихся архитектурной выразительностью. Колоннада, связывающая здания, решена на основе принципов античной архитектуры (фиг. 90, 91 и 92).

Водоводы первого подъема. Насосная станция первого подъема подает воду в смеситель по четырем железным водоводам диаметром 1 200 мм. Стыки труб соединены сваркой. Длина каждого из четырех водоводов 1 700 м.

Здание коагулирования. Растворы коагулянта и извести приготавливаются в особом здании и отсюда подаются в близ расположенный смеситель.

Здание коагулирования разделено на два самостоятельных цеха: цех коагулирования и цех известкования. При каждом цехе имеются специальные склады для хранения коагулянта и извести (фиг. 93).



Фиг. 91. Машинное здание первого подъема.

Коагулянт, доставляемый по железнодорожной ветке, выгружается в склад, где он распределяется с помощью мостового грейферного крана. Этим же краном коагулянт подается в бункер, из которого загружается в специальные ящики (контейнеры) с открывающимся дном. Контейнеры после взвешивания перемещаются по тельферным путям к затворным бакам. Для лучшего растворения коагулянта баки снабжены пропеллерными мешалками. После растворения коагулянта готовый раствор перекачивается насосами в рабочие баки, которые установлены в верхнем этаже здания. Во избежание осаждения коагулянта на дно баков они также снабжены мешалками. Из рабочих баков раствор через дозирующие бачки поступает в смеситель.



Фиг. 92. Колоннада.

Цех известкования предназначен для подачи в смеситель раствора извести. Подобно коагулянту известь разгружается в склад и грейферным краном подается в бункеры; из бункеров она загружается в аппарат Шульцеса, где готовится известковое молоко. Молоко это подобно раствору коагулянта поступает в рабочие баки и дозирочные бачки.

Подземная часть здания коагулирования построена из бута, надземная — из кирпича.

Смеситель. Для лучшего перемешивания воды с добавляемыми к ней реагентами служит смеситель, через который вода проходит



Фиг. 93. Здание коагулирования.

перед ее отстоем. Смеситель состоит из двух основных частей: камеры быстрого смешивания, куда поступают реагенты, и так называемой камеры реакции.



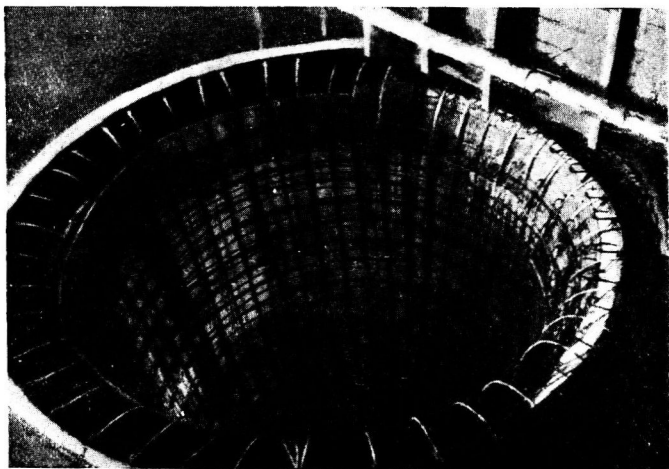
Фиг. 94. Воронки смесителя.

Вода поступает в камеру смешивания через железобетонные воронки (фиг. 94 и 95). Перемешивание ее с раствором коагулянта достигается прохождением воды по коридорам с крутыми поворотами. Реагенты добавляются в воду при ее поступлении в камеру.

Из камеры смешивания вода поступает в камеру реакции, разделенную на три секции равных объемов. Пройдя среднюю секцию, вода, уже хорошо перемешанная с реагентами, переходит в две крайние секции, разделяясь при этом на две равные части. В этих секциях с более медленным движением заканчивается реакция воды с химическими примесями.

Над головной частью смесителя имеется надземный павильон, состоящий из двух частей:

- 1) помещения для управления щитами и шандорами и для наблюдения за камерой интенсивного смешивания;
- 2) помещения, где установлены хлораторы для хлорирования воды.



Фиг. 95. Арматура воронки смесителя.

Смеситель представляет собой подземный железобетонный резервуар емкостью 27 200 м³. Здания павильонов кирпичные.

Отстойники. Отстойников на станции четыре емкостью 27 000 м³ каждый. Пропускная способность 6 800 м³/час и время отстоя 4 часа. Для удобства очистки каждый отстойник разбит на три самостоятельных отделения. Конструкция отстойников железобетонная. При каждом отделении построены кирпичные павильоны для входа в отстойник.

Скорые фильтры. Здание скорых фильтров является самым крупным на всей станции. Полная строительная кубатура его 183 тыс. м³.

Подземная часть его состоит из 46 отделений фильтров, подводящих и отводящих каналов и ряда трубопроводов с задвижками. Над фильтрами построено просторное и светлое здание. Все конструкции здания железобетонные; заполнение наружных стен — кирпичное.

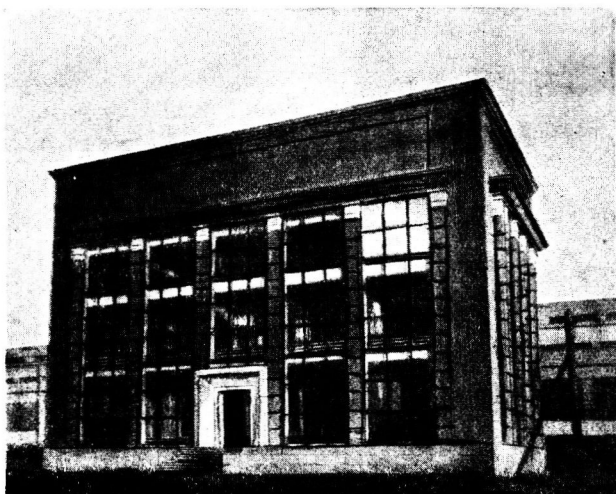
Площадь каждого фильтра 120 м². Загрузка состоит из слоев песка и гравия по 75 см толщиной. Нормальная средняя скорость фильтрации по проекту была принята 5 м в 1 час.

Промывка фильтров производится током воды из резервуара, расположенного в верхнем этаже пристройки (башни), где помещаются обслуживающие помещения и лаборатории (фиг. 96). Промывка фильтров рассчитана на подачу 12 л/сек воды на 1 м² поверхности фильтров при продолжительности промывки 5 мин. Одновременно в промывке могут находиться два отделения фильтров.

Резервуар хлорирования. Невдалеке от фильтров расположен небольшой железобетонный резервуар с надземным павильоном. В павильоне оборудована хлораторная установка и установка для дехлорирования аммиаком. Для лучшего перемешивания воды с хлором и аммиаком устроен подземный резервуар, напоминающий в основном смеситель.

Сборные резервуары чистой воды. Для создания на станции запасов воды в 40% от суточной производительности станции по проекту намечено построить восемь резервуаров емкостью по 30 тыс. м³ каждый. К 1938 г. построено пять резервуаров. Конструкция этих сооружений железобетонная.

Насосная станция второго подъема. В подземной части здания насосной станции размещены трубопроводы с задвижками.



Фиг. 96. Башня скорых фильтров Сталинской станции.

ми. В надземной части разместились: машинный зал, помещение пультов и щитов управления и фидерное помещение.

В машинном зале установлено пять центробежных насосов производительностью 1,72 м³/сек типа «Лимакс» с синхронными электромоторами мощностью 1 300 квт.

Так как насосная станция работает непосредственно в сеть магистралей, без каких-либо уравнительных резервуаров, то подача воды насосами должна меняться в соответствии с колебаниями расхода воды в городе. Ввиду значительной трудности регулирования подачи мощными насосами остальные два насоса установлены меньшей производительности — в 1,05 м³/сек с мотором мощностью в 750 квт. В отдельном зале расположены пожарно-хозяйственные насосы с давлением 75 м. Необходимость установки этих насосов вызвана тем, что давление основных насосов (45 м) недостаточно для производственной сети, обслуживающей до 240 гидравлических задвижек, и для пожарно-хозяйственного водопровода.

Водоводы второго подъема. Из машинного здания вода подается в город по четырем водоводам общей длиной 40 км (пятый водовод длиной 7,77 км предположено строить во вторую

очередь). Три водовода — из железных труб диаметром 1 200 мм, четвертый — из чугунных труб диаметром 900 мм (фиг. 97).

Трубопроводы и водоводы станции. Между сооружениями станции уложены производственные трубопроводы. От смеси-



Фиг. 97. Машинное здание второго подъема.



Фиг. 98. Средняя школа в Сталинском рабочем поселке.

теля к фильтрам ведут железобетонные трубы с диаметром от 3 до 1 м. Трубопроводы от фильтров к резервуарам чистой воды и далее от резервуаров к машинному залу выполнены железными диаметром 1 200 мм.

Для отвода грязных вод от промывки фильтров и отстойников построена система водостоков общей длиной около 8 км; диаметр труб от 600 до 1500 мм.

Для сброса чистой воды из резервуаров в случае их переполнения построен специальный водосток из железобетонных труб диаметром 600—900 мм и длиной 1,5 км.

Прочие подсобные сооружения станции. Кроме описанных производственных зданий на территории станции построен ряд подсобных сооружений: железнодорожная ветка длиной 7,1 км, шоссе и дороги по станции длиной 25,0 км, мастерские, гараж, пожарное депо, помещение для охраны, контора и др.

Для обслуживающего персонала станции построен рабочий поселок, состоящий из семи домов с 156 квартирами. Жилые дома снабжены горячей и холодной водой, электрифицированы и имеют канализацию. Поселок благоустроен: проложены асфальтовые дороги, посажены деревья, кустарники, разбиты газоны. В поселке построены культурно-бытовые здания: амбулатория, баня, прачечная, столовая, школа и др. (фиг. 98).

При постройке Сталинской насосно-очистительной станции выполнены следующие основные работы:

| | |
|-------------------------------|--------------------------|
| Выемка земли | 1 430 000 м ³ |
| Насыпь „ | 902 000 „ |
| Бетон и железобетон | 101 000 „ |

4. ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ

Все силовые установки станции электрифицированы. Для бесперебойной работы станции предусмотрено двойное питание током от двух независимых источников.

Ток от одной подстанции подводится кабелями с напряжением в 6 000 в к распределительным устройствам при насосных станциях первого и второго подъемов. Отсюда питаются высоковольтные моторы машинных зданий и через ряд трансформаторов и киосков все низковольтные моторы и система освещения.

Ток от другой подстанции поступает по воздушной линии напряжением в 30 000 в к специальной понизительной подстанции близ машинного здания второго подъема, где трансформируется на 6 000 в.

Между распределительными устройствами на первом и втором подъемах уложена перемычка, состоящая из двух кабелей. При нормальной работе станции насосы в машинных зданиях получают ток от двух подстанций.

В случае внезапного прекращения подачи тока одной из станций насосы продолжают работать без перерыва, но с пониженной производительностью до того момента, пока все питание не будет переведено на действующую подстанцию.

Установленная мощность электродвигателей на всей станции составляет около 17 500 квт; основные потребители энергии — насосные станции первого и второго подъемов.

5. АВТОМАТИКА И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ

Рациональное управление водопроводным предприятием с весьма сложным устройством отдельных сооружений и разнообразием рабочих процессов возможно лишь при подчинении всей работы станции единому руководству — центральному диспетчерскому пункту. С этой

целью отдельные процессы работы Сталинской станции максимально автоматизированы с применением телеизмерения и телеуправления.

В здании конторы предусмотрен центральный диспетчерский пункт с пультом управления, дающим возможность в любой момент видеть работу основных сооружений станции и управлять ею. Пока на станции имеется четыре диспетчерских пункта, подчиненных главному диспетчеру станции, а именно: 1) диспетчерский пункт Водопроводного канала, 2) то же насосной первого подъема, 3) очистных сооружений и 4) насосной второго подъема.

Для облегчения управления станцией из диспетчерских пунктов автоматизированы следующие процессы работы:

- 1) промывка сеток в водоприемнике,
- 2) подача реагентов,
- 3) наполнение баков для промывки фильтров,
- 4) регулирование скорости фильтрации,
- 5) промывка фильтров,
- 6) подача воды в город и в станционную противопожарную сеть.

Указанная система автоматизации и диспетчеризации обеспечивает наиболее рациональную и бесперебойную работу станции.

ГЛАВА VII

САНИТАРИЯ КАНАЛА МОСКВА—ВОЛГА

1. ОБЩИЙ ОБЗОР

В связи с назначением канала Москва—Волга не только как новой водно-транспортной магистрали, но и как сооружения, предназначенного для обеспечения бесперебойного снабжения города доброкачественной водой и общего оздоровления Москва-реки и ее притоков, при проектировании и постройке канала, естественно, пришлось разрешить ряд весьма крупных и сложных чисто санитарных задач.

К главнейшим из таковых относятся: 1) обеспечение определенного санитарного состояния всех вновь создаваемых водохранилищ и в первую очередь Ивановского на Волге и Учинского, непосредственно питающего Водопроводный канал; 2) трассировка канала Москва—Волга и размещение на нем основных сооружений, с учетом всех необходимых санитарных требований; 3) определение и установление в натуре границ зоны санитарной охраны канала и ряд других мероприятий, необходимых для обеспечения санитарного благополучия подаваемой по каналу воды.

Помимо этого возникло много вопросов, которые затрагивали санитарные интересы населения районов трассы канала.

Для лучшего разрешения всех этих вопросов Управлением Строительства были привлечены к работе Московский санитарный институт имени Эрисмана и Академия коммунального хозяйства при СНК РСФСР. Наличие компетентных научных сил в названных организациях, а также широкая постановка научно-исследовательского дела в собственных лабораториях обеспечили необходимую для строительства полноценность и авторитетность осуществляемых мероприятий.

Кроме того явилась необходимость в постоянной консультации и контроле за проводимыми на строительстве санитарными мероприятиями. В связи с этим Наркомздравом РСФСР была организована специальная санитарная инспекция, которая обслуживала исключительно строительство канала по всем санитарным вопросам, возникавшим в процессе строительства.

В результате проведенных научно-исследовательских работ уже в проекте строительства удалось довольно верно установить, каково будет фактическое качество воды в Ивановском водохранилище на Волге и каков будет состав паводочных вод Учинского водохранилища, питающего Водопроводный канал. Эти вопросы были кардинальными, так как в зависимости от них разрешалась допустимость использования Волги как источника питьевого водоснабжения Москвы.

По вопросу о качестве воды Верхней Волги имелись только устаревшие данные 1914—1915 гг., опубликованные в «Трудах Комиссии по изысканию новых источников водоснабжения г. Москвы».

Эти данные были пополнены исследованиями рек Яхромы, Икши, Учи, Вязи, Клязьмы, питающих канал и водохранилища. Исследования эти подтвердили, что волжская вода, хотя и будет отличаться значительной цветностью и окисляемостью, однако с точки зрения санитарно-гигиенической вполне может быть использована для питьевого водоснабжения Москвы. Помимо того выяснилось, что качество паводочных вод вышеназванных рек и особенно рек Учи и Вязи, которые будут питать Учинское водохранилище, не будет иметь каких-либо противопоказаний к их использованию в этих же целях. Воды эти будут отличаться от волжской воды меньшей цветностью, меньшей окисляемостью, но большим содержанием биогенных элементов. Бактериальное загрязнение как волжской воды, так и рек водораздельного бьефа канала не будет отличаться большими величинами.

Такой прогноз качества воды, допускавший использование Волги и рек водораздельного бьефа канала в качестве источников водоснабжения, нашел впоследствии свое полное подтверждение в химическом и бактериологическом составе вод Ивановского и Учинского водохранилищ после заполнения их водой в 1936 и 1937 гг.

2. ЗОНЫ САНИТАРНОЙ ОХРАНЫ

Для обеспечения надлежащих санитарных условий всего канала Москва—Волга при его проектировании были учтены следующие санитарные требования:

- а) прокладка трассы канала по малонаселенным местам;
- б) ограждение канала от поступления в него поверхностного загрязненного стока и отведение этого стока посредством соответствующих сооружений в другие бассейны.

Эти требования при сооружении канала были выполнены в пределах технической возможности. Наиболее крупные реки, протоки и поверхностный сток были проведены через систему специальных дюкеров и труб, проходящих под каналом, или отведены от канала в другие бассейны. В редких случаях в тех местах, где по техническим причинам поверхностный сток не мог быть отведен в другие бассейны, он принимается через лотки и разрывы в дамбах в канал, причем в этих случаях приняты меры к оздоровлению этого поверхностного стока путем организации охранных зон водосборных площадей, питающих эти протоки.

Особенно тщательное ограждение от поступления поверхностного стока проведено по Водопроводному каналу.

К числу технических мероприятий, которые должны обеспечить доброкачественность воды, относятся:

- а) устройство специального отстойного Учинского водохранилища, где вода в течение трех месяцев отстаивается, прежде чем поступить в Водопроводный канал и на насосную станцию;
- б) устройство разделительных плотин — Пестовской и Пяловской,

отделяющих судоходную часть канала от Учинского водохранилища, в которое вода поступает из глубины Пестовского водохранилища, что исключает возможность поступления в отстойное водохранилище поверхностных загрязнений в виде нефти, масел, планктона и т. д.;

в) устройство донных водоспусков при плотинах, дающих возможность в случае необходимости опорожнять водохранилища в санитарных целях;

г) заключение Водопроводного канала в закрытые бетонные трубы на тех участках, где он проходит по густо населенным местам;

д) обделка ложа Водопроводного канала в открытой части бетонными плитами с соответствующей изоляцией;

е) устройство дренажей под каналом для сбора грунтовых вод и предупреждения поступления поверхностного стока и грунтовых вод;

ж) возможность забора воды из Учинского водохранилища с разных глубин от 3 до 10 м в зависимости от качества воды.

Особенно важным санитарным мероприятием по каналу Москва—Волга явились установление и организация зон санитарной охраны канала. Как бы ни была удовлетворительна вода в источнике водоснабжения, особенно в открытом водоеме, она все же может быть доброкачественной в гигиеническом отношении, только в том случае, если ее химико-бактериологический состав удовлетворят определенным условиям.

В специфических условиях канала Москва—Волга, где резервуарами воды служит система водохранилищ, задачей установления охранной зоны явилось не только ограждение воды в канале и в водохранилищах от бактериального загрязнения, но и охрана канала от поступления в него стоков, богатых биогенными элементами, азотом, фосфором, калием, кальцием и т. д., что способствует обычно цветению. Цветение же воды является крайне нежелательным не только потому, что оно портит качество воды, сообщая ей неприятные запахи и вкус, несвойственные доброкачественной воде, но и может осложнять работу очистных сооружений насосной станции и, возможно, вредно влиять на механизмы сооружения канала (обрастание сооружений и т. д.).

Установленные для канала Москва—Волга охранные зоны подразделены на две категории:

- 1) зону строгого режима,
- 2) зону ограничения.

Граница зоны ограничения водохранилищ проходит по водоразделам бассейнов реки и притоков, тяготеющих как к водохранилищам, так и к каналам. В зону строгого санитарного режима, установленную по Учинскому водохранилищу, входит вся площадь поверхностного стока, тяготеющего к этому водохранилищу, и граница строгой охранной зоны проходит здесь по линии водораздела. Вдоль остальных водохранилищ, а также вдоль всего судоходного участка канала от Волги до Пяловского водохранилища включительно строгая санитарная зона установлена в виде полосы в 150 м от уреза воды в водохранилище и канале. По Водопроводному каналу по границе строгой санитарной зоны поставлена изгородь из колючей проволоки, закрывающая доступ к каналу.

Вдоль границ строгой санитарной зоны установлены столбы. Работа эта была проведена по поручению Строительства земельными органами при участии Госсанинспекции Наркомздрава РСФСР по каналу. Отбитые в натуре границы строгой зоны нанесены на карту масштаба 1 : 10 000, которая послужила материалом для отвода полосы отчуждения, совпадавшей почти везде со строгой санитарной зоной.

Проведенная на строительстве канала Москва—Волга большая ра-

бота по определению размера и характера необходимых в санитарных зонах ограничительных мероприятий, установлению в них соответствующих режимов, порядка эксплуатации сооружений и т. п. внесла много нового в существовавшую до этого практику санитарной охраны водопроводных сооружений. Результаты этих работ послужили основанием для издания специального постановления Совнаркома РСФСР от 27 января 1936 г. «О санитарной охране канала Москва—Волга».

Ввиду применимости установленных правил также для других строек и новизны вопроса ниже приводятся наиболее характерные выдержки из указанного постановления (пункты 8, 9, 11 и 12).

«8. Для зоны ограничения устанавливаются следующие санитарные условия:

а) совершенно воспрещается крупное промышленное строительство;

б) жилищное строительство независимо от его размеров допускается только с разрешения Государственной санитарной инспекции канала;

в) мелкое промышленное строительство, не связанное с образованием производственных сточных вод, требующих канализования и спуска в открытые водоемы, допускается лишь с разрешения Государственной санитарной инспекции канала;

г) во всех населенных пунктах зоны ограничения, а также во всех промышленных предприятиях, учреждениях, школах, больницах и т. д. проводятся за счет соответствующих хозяйственных органов, местных исполнительных комитетов, совхозов, колхозов и отдельных земледельцев по принадлежности плановые мероприятия по санитарному благоустройству по указанию Государственной санитарной инспекции канала, как-то: канализование, устройство непроницаемых выгребов, помойных ям, организация своевременного и рационального вывоза нечистот и т. д.;

д) обобщественные скотные дворы и конюшни обеспечиваются навозохранилищами и жижеприемниками силами и средствами колхозов;

е) воспрещается рубка леса, кроме как в целях ухода за лесом с разрешения в каждом отдельном случае соответствующего лесохозяйственного органа и Государственной санитарной инспекции канала;

ж) воспрещается загрязнение рек, ручьев и других водоемов и их берегов мусором, нечистотами, навозом и т. п.; спуск сточных вод без очистки и устройство поглощающих колодцев для сточных и вообще загрязненных вод; устройство свалок или выбрасывание мусора, нечистот и отходов и выливание помоев вне мест, разрешенных для этой цели местными органами Государственной санитарной инспекции;

з) все лечебно-санитарные учреждения, врачи и фельдшеры, работающие на территории, входящей в зону ограничения, обязаны уведомлять Государственную санитарную инспекцию канала в установленном порядке о каждом случае холеры, брюшного тифа, паратифа, дизентерии и других заразных желудочно-кишечных заболеваний не позднее 24 час. по их обнаружении;

и) районные исполнительные комитеты, городские, поселковые и сельские советы, земельные и лесохозяйственные органы и другие учреждения, ведающие выдачей разрешений на всякого рода земельные и строительные работы, на изыскания, планировку, возведение и перестройку поселков, жилых домов, промышленных предприятий, учреждений, дорог и сооружений, на отвод земель и лесных участков, выдают разрешение на производство упомянутых работ лишь при наличии положительного заключения Государственной санитарной инспекции канала;

к) устройство новых кладбищ и скотогосподств разрешается не ближе 5 км от уреза воды водохранилища и не ближе 1 км от водотоков, питающих водохранилища; существующие кладбища и скотогосподства, не удовлетворяющие этому требованию, должны быть немедленно закрыты.

9. Кроме санитарных условий, установленных в ст. 8 для зон ограничений, устанавливаются дополнительно следующие особые санитарные условия для строгой охранной зоны:

а) совершенно воспрещается всякое не относящееся непосредственно к эксплуатации канала новое строительство — промышленное, колхозное, дачное, расширение существующих строений, их переустройство и капитальный ремонт, а также замена строений временного типа постоянными; имеющие непосредственное отношение к эксплуатации канала здания постоянных вокзалов и мастерских (за исключением пловучих причалов и мастерских по текущему ремонту) должны устраиваться не ближе 50 м от уреза воды, а здания общежитий, стоянки гужевого транспорта и общественных уборных — не ближе 100 м от уреза воды;

б) при каждом жилом строении или группе жилых строений обязательно устройство отхожего места и помойных ям с непроницаемыми выгребами;

в) содержание скота разрешается только при наличии на участке непроницаемых навозохранилища и жижеприемника;

г) совершенно воспрещается устройство в пределах строгой зоны свалок мусора и нечистот, а также обработка земли с навозным удобрением;

д) совершенно воспрещается в пределах строгой зоны пастьба скота и использование водоемов для стирки белья, водопоя и купанья скота, а также для купанья людей.

11. В пределах водопроводной части Учинского водохранилища устройство переправ воспрещается. Воспрещается спуск сточных вод в Учинское водохранилище и водопроводную часть канала.

12. Строгая охранная зона Водопроводного канала от Учинского водохранилища до Сталинской станции подлежит обнесению изгородью из ключей проволоки».

В развитие указанного постановления СНК РСФСР Московским и Калининским облисполкомами были изданы обязательные постановления, установившие точные границы охранных зон и давшие перечень населенных пунктов, расположенных на территории охранных зон, а Госсанинспекцией канала были разработаны мероприятия по благоустройству, которые проводятся в этих пунктах в порядке плановых работ. В охранной зоне оказались расположенными 285 населенных пунктов.

На основании этого же постановления СНК РСФСР, Строительством канала были построены во всех владениях колхозов, оставшихся в полосе строгой санитарной зоны, уборные и помойные ямы с непроницаемыми выгребами и непроницаемые навозохранилища.

Проекты этих установок были разработаны Строительством и утверждены Научно-техническим советом Московского областного земельного управления при участии Госсанинспекции Наркомздрава. В 13 колхозах было построено 237 уборных, 232 помойные ямы и 213 навозохранилищ.

Деньги и материалы для этого были отпущены Строительством в распоряжение исполнительных комитетов заинтересованных районов, которые фактически и проводили эту работу.

3. ОЧИСТКА ЛОЖА ВОДОХРАНИЛИЩ

Крупнейшей работой, проведенной Строительством в связи с санитарной охраной всего канала Москва—Волга, явилась санитарная очистка и подготовка ложа водохранилищ перед заполнением их водой. Задача подготовки водохранилищ заключалась в максимальном освобождении ложа от органических загрязнений, а также от остатков растительности, чтобы предохранить водохранилище не только от инфекционных загрязнений, но и свести к минимуму наличие биогенных элементов, способствующих развитию цветения и зарастанию водохранилищ.

Помимо этой санитарной задачи подготовка водохранилищ должна была отвечать также и интересам рыболовства и судоходства. Главной Г о с сан инспекции РСФСР были разработаны специальные правила по санитарной очистке ложа водохранилищ. Правила предусматривали дифференцированный подход к очистке водохранилищ с более строгими требованиями к водохранилищам, которые полностью служили питьевым целям.

Работа по очистке водохранилищ оказалась очень трудоемкой и потребовала большого количества

рабочей и гужевой силы. В СССР подготовка водохранилищ в таком масштабе и с такой тщательностью проводилась впервые. Из зоны затопления всех водохранилищ было вывезено около 150 тыс. м³ навоза и загрязненного грунта; наибольшее количество загрязнений — 120 тыс. м³ — было вывезено из зоны затопления Учинского, Клязьминского и Икшинского водохранилищ, где очистка проводилась наиболее тщательно. При сводке леса и кустарника пни оставлялись высотой не более 20—30 см; все порубочные остатки сжигались (фиг. 99 и 100).



Фиг. 99. Вырубка леса на трассе Водопроводного канала.



Фиг. 100. Очистка и сжигание хвороста и мусора на месте водохранилища.

Очистка и санитарная обработка водохранилищ производились под наблюдением и контролем Госсаниспекции канала. По мере окончания очистки отдельных объектов водохранилищ — селений, кладбищ, скотомогильников, предприятий и т. д. — составлялись акты приемки комиссиями, в которые входили представители Строительства и Госсаниспекции. Активирование работ по очистке особенно важно было потому, что очистка производилась в зимнее время и очищенные места покрывались вновь снегом. По окончании обработки всего водохранилища перед его заполнением водой работа сдавалась Правительственной комиссии, которая и давала свое заключение о готовности водохранилища с санитарной точки зрения к заполнению водой.

В основном правила по санитарной обработке водохранилищ сводились к следующему.

Очистка дворов производилась после переноса строений, при этом очищались вся территория двора и места, бывшие под жилыми и нежилыми строениями. Строительный мусор сжигался на месте. Навоз и нечистоты вывозились на свалку, отведенную заранее по согласованию с Госсаниспекцией и агрономом. Свалочное место выбиралось за строгой санитарной зоной, на местах со скатом в противоположную от водохранилищ сторону.

Территория дворов очищалась до здорового грунта. Подвалы, уборные и выгребные ямы очищались от отбросов и нечистот и засыпались чистым грунтом. Очищенная территория дворов хлорировалась. Находящиеся на территории переносимых селений грунтовые колодцы засыпались чистым грунтом.

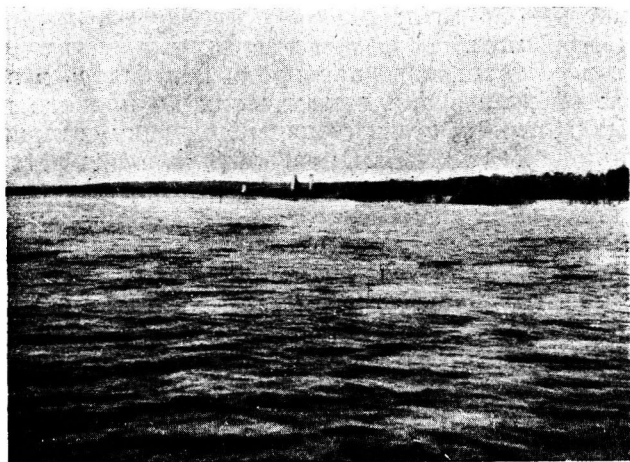
При очистке территорий фабрично-заводских предприятий со специфическими загрязнениями (кожзаводы, утильзаводы, бойни и т. д.) производилась закладка шурфов и определялась глубина, на которую нужно было очищать территорию.

В отношении обычных загрязнений фабрично-заводских территорий применялись те же правила, что и в населенных пунктах. Каменные строения, которые могли быть разобраны, разбирались, а сложенные на цементе взрывались и полученный щебень использовался для заравнивания неровностей территории.

Наиболее сложной работой явилась ликвидация скотомогильников и кладбищ. Все скотомогильники, находившиеся в зоне затопления, подвергались специальному укреплению от размыва водой. Укрепление делалось из плетней с последующим замощением поверхности булыжником на соответствующем подготовленном песчаном основании, без нарушения дернового покрова. В случае отсутствия булыжника на месте работ применялся другой способ заделки. По внешней границе скотомогильника забивались деревянные колья длиной в 1—2 м на расстоянии 0,5 м друг от друга на глубину в 0,6 м. Территория разбивалась на квадраты, по границам которых забивались деревянные колья той же длины, на такую же глубину и расстояние. Колья эти по внешней границе скотомогильника и внутри по границам квадратов переплетались сырым хворостом, для чего использовались кустарники в зоне затопления. Сторона квадрата равнялась 2,5 м. После устройства плетней территория скотомогильника представляла собой как бы отдельные ящики глубиной в 0,6 м. Эти плетневые ящики, у которых дном служит нетронутая поверхность почвы скотомогильника, набивалась плотно утрамбованной глиной. Слой плотно утрамбованной глины доводился до 30 см и укреплялся дерном толщиной в 10—15 см с последующей прошивкой дерна деревянными шпильками длиной 0,4 м. Стенки плетней возвышались над дерновым слоем на 10—15 см. Для лучшего и скорейшего заиления поверхности скотомогильника вокруг внеш-

ней границы его устраивались откосы с креплением для предохранения от волнобоя и разрушения. Скотомогильники, находившиеся в пределах колебания горизонтов воды в водохранилище, укреплялись особенно тщательно. Крепление кладбищ применялось только в том случае, если они находились на уровне сработки водохранилища в линии волнобоя. Как правило, поверхностный слой почвы кладбища оставался нетронутым. Переносились только трупы, похороненные недавно (до двух лет). Территория кладбища очищалась от надмогильных крестов, часовен, кустарников и т. д. и хлорировалась.

При очистке Учинского и Клязьминского водохранилищ с огородных участков, попадавших под затопление, удалялись также и остатки огородных растений, которые либо сжигались на месте, либо вывозились за строгую санитарную зону.



Фиг. 101. Пестовское водохранилище.

Находившиеся в зоне затопления артезианские скважины как функционировавшие, так и нефункциониовавшие были затампонированы, что преследовало цель охраны артезианских водоносных горизонтов.

Попадавшие в зону затопления очистные сооружения, поля орошения и поля фильтрации подвергались специальной обработке, причем с поверхности их удалялся весь загрязненный слой на глубину, которая устанавливалась исследованиями почвы. Смотровые колодцы канализационной сети после очистки и хлорирования засыпались чистым грунтом. Засыпались чистым грунтом также и смотровые колодцы водопроводной сети.

4. КАЧЕСТВО ВОДЫ, ПОДАВАЕМОЙ ПО КАНАЛУ

Учинское, Пестовское, Пяловское, Икшинское и Клязьминское водохранилища были частично наполнены водой в паводок 1936 г. (фиг. 101).

Через год, в паводок 1937 г., были наполнены Ивановское, Яхромское и Химкинское водохранилища, в связи с чем повысился почти до проектных отметок уровень воды в водохранилищах всего водораздельного бьефа и наполнилась водой вся система канала. По заданиям Главной Госсанинспекции РСФСР Санитарным институтом имени Эрисмана было приступлено к изучению качества воды в Учинском водохранилище и канале. Работы эти проводились в 1936 и 1937 гг.

воды, связанное с ослаблением процессов формирования водохранилища.

После пуска волжской воды в Учинском водохранилище повысилась цветность воды с 20 до 26—32 градусов, увеличился солевой состав и щелочность поднялась с 1,5 до 2,5—2,7 см³ нормальной HCl. В то же время начала отмечаться и большая неустойчивость в бактериальном отношении: количество бактерий повышалось и титр кишечной палочки снижался всякий раз, когда имели место попуски воды из Пестовского водохранилища.

В 1937 г. в Ивановском водохранилище на Волге характеризовали следующие показатели:

высокий солевой состав;
жесткость — 6,1—6,3 нем. градуса;
высокая цветность — 51—55 градусов;
высокая окисляемость — 13,2—13,9 мг/л;
прозрачность — 80—90 см по Секки;
потребление кислорода — 13,0 мг/л.
К осени минерализация еще более увеличилась:
возросла жесткость до 9,9 нем. градусов;
уменьшилось потребление кислорода до 1,9 мг/л;
число бактерий в 1 см³ колебалось от 40 до 60;
титр кишечной палочки от 10 до 50 см³.

В водохранилище наблюдались развитие фитопланктона и цветение сине-зелеными водорослями.

По прохождении по каналу вода изменяется в своем химическом составе незначительно: снижается цветность с 55 градусов в Ивановском водохранилище до 48 градусов в канале; окисляемость снижается с 13,9 до 12,18 мг/л. Значительно ухудшается бактериальный состав: число бактерий увеличивается до 500 в 1 см³; титр кишечной палочки снижается до 0,1—1,0 см³. На канале же отмечаются некоторые пункты с более высоким бактериальным загрязнением: у ст. Яхрома число бактерий возрастает до 1 070 в 1 см³, у г. Дмитрова титр кишечной палочки снижается до 0,01 см³.

В 1938 г. по данным местной лаборатории треста Мосводопровод качество воды в Учинском водохранилище определялось во второй половине мая такими основными показателями (анализ 27 мая):

| | |
|-----------------------------------|-------------|
| Цветность | 28 градусов |
| Окисляемость | 7,9 мг/л |
| Растворенного кислорода | 10,8 " |
| Прозрачность | 50 |

За весь период с января по май 1938 г. бактериальный состав характеризовался единичными бактериями 9—12 см³ и высоким титром кишечной палочки в 50,0—100,0 см³. Из физических свойств следует отметить появляющийся по временам посторонний запах, определяемый лабораторией как болотный, слабо затхлый при нагревании.

Таким образом очевидно, что в Учинском водохранилище в общем формируется вода удовлетворительного санитарного качества и отвечает принятым санитарным показателям (отсутствие показателей органического загрязнения, хороший бактериологический состав).

При прохождении по Водопроводному каналу качество воды несколько ухудшается, усиливаются запах, цветность, что является результатом замедленного по сравнению с проектным расчетом движения воды вследствие уменьшенного количества пропускаемой по каналу воды. Тем не менее на Сталинскую насосно-очистительную станцию вода поступает с такими химическими, физическими и бактериологическими

свойствами, с которыми очистные сооружения справляются совершенно свободно, давая воду в городскую сеть, полностью удовлетворяющую санитарным нормам.

5. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ НА СТАЛИНСКОЙ НАСОСНО-ОЧИСТИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ

Исходя из физических, химических и бактериологических качеств волжской воды, а также возможности появления в ней отрицательных физических свойств (цветность, запах, привкус), присущих часто водам закрытых водоемов, какими являются водохранилища, на Сталинской насосной очистительной станции предусмотрен целый комплекс очистных сооружений, который полностью обеспечивает доброкачественность воды, подаваемой в водопроводную сеть Москвы.

Длительное отстаивание воды в Учинском водохранилище следует рассматривать как первичную стадию очистки, благодаря которой волжская вода теряет в значительной степени свою цветность и улучшает свой бактериальный состав, освобождаясь от взвешенных веществ. Для дальнейшей обработки воды на Сталинской станции предусмотрено фильтрование воды через скорые американские фильтры безмешалочного типа с предварительной подготовкой воды для фильтрации. Вода, поступающая на очистные сооружения Сталинской станции из всдоприемника, где она освобождается от крупных плавающих тел, подвергается предварительно химической обработке специальными реагентами, коагулянтами.

Задача коагуляции — вызвать свертывание взвешенных и коллоидальных веществ с тем, чтобы облегчить и ускорить выпадение хлопьев из воды путем отстаивания и фильтрации.

Коагулирование на станции производится сернокислым глиноземом в дозах, колеблющихся от 50 до 80 мг/л. Для осуществления процессов коагулирования на станции имеются здание для коагулирования, где происходит приготовление реагента, здание смесителя, состоящего из подземного железобетонного резервуара с четырьмя отделениями, где собственно и идет реакция коагулирования, т. е. хлопьеобразования, и четыре подземных железобетонных резервуара, где происходит отстаивание воды. От резервуара отходят водостоки для отвода грязной воды, образующейся от осаждения хлопьев грязи и мути.

Ввиду того что естественной щелочности для проведения реакции с сернокислым глиноземом недостаточно и воду иногда приходится подщелачивать, на станции предусмотрена возможность известкования воды.

Точно так же в случае высокого бактериального состава воды есть возможность подвергнуть ее предварительному хлорированию, совмещая это хлорирование с процессом коагулирования в камере смесителя. Однако в 1937 и 1938 гг. ни известкование, ни предварительное хлорирование не производились.

После коагулирования и отстаивания вода поступает на скорые фильтры, где она фильтруется через полутораметровый слой песка и гравия. Фильтры расположены в подземной части здания скорых фильтров. Здесь же при здании фильтров сооружена пятиэтажная башня, на которой размещены два железобетонных резервуара с запасом воды, служащей для периодической промывки фильтров под напором в 20 м.

После фильтров вода подвергается вторичному хлорированию и обработке аммиаком. Обработка аммиаком уменьшает хлоропоглощаемость воды, увеличивает бактерицидную силу хлора, давая возмож-

ность уменьшить дозу хлора, и кроме того предупреждает появление хлорфенольного запаха в воде. Доза применяемого хлора колеблется от 0,5 до 0,7 мг/л воды при наличии остаточного хлора в подаваемой в сеть воде 0,25—0,33 мг/л.

В случае появления в воде в связи с ее цветением посторонних запахов на станции предусмотрена еще и возможность обработки воды активированным углем. Углевание пока еще не применялось.

Очищенная и прохлорированная вода поступает в резервуары, откуда насосами второго подъема подается в городскую сеть.

Грязная вода после промывки фильтров, так же как и осадок после коагулирования, направляется в Мазуринское болото, откуда после осветления вода сбрасывается в р. Чернявку — приток р. Пехорки¹.

На всем пути своего продвижения от Учинского водохранилища до городской сети вода подвергается систематическому контролю рядом лабораторий.

Лаборатория треста Мосводопровод берет пробы воды раз в шестидневку из Учинского, Пестовского и Пяловского водохранилищ и в различных точках Водопроводного канала. Вода из водохранилищ берется в различных точках и с различных глубин. Помимо текущего контроля лабораторией ведутся и научные работы по изучению динамики состава воды в водохранилищах.

На Сталинской насосно-очистительной станции имеется лаборатория, которая ведет контроль за водой в различных стадиях ее обработки: сырой воды, воды, поступающей на фильтр, фильтрата каждого фильтра, общего фильтрата, резервуара чистой воды и напорной трубы. Пробы берутся через каждые 2 часа и делаются определения реакции, цветности, мутности, вкуса и запаха. Кроме того ставятся химические и бактериологические анализы.

Наконец в самом городе воду в сети контролирует Центральная санитарно-гигиеническая лаборатория Мосгорздравотдела.

Табл. 7 дает представление о качестве воды, поступающей со Сталинской станции (по данным лаборатории станции за 1938 г.).

Т а б л и ц а 7

| | 2/I | 1/II | 1/III | 1/IV | 1/V | 1/VI |
|--|-------|------|-------|------|------|------|
| Мутность в мг/л | 0,05 | 0,08 | 0,1 | 0,05 | 0,1 | 0,1 |
| Цветность в градусах по плат.-коб. шкале | 15 | 15 | 12 | 13 | 15 | 15 |
| Щелочность в см ³ | 1,75 | 1,77 | 1,64 | 1,80 | 1,90 | 1,90 |
| Окисляемость в мг O ₂ /л | 5,1 | 5,9 | 5,2 | 5,2 | — | 5,0 |
| Хлориды в мг/л | 2,5 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | — | 2,8 |
| Хлор активный в мг/л | 0,30 | 0,30 | 0,26 | 0,19 | 0,21 | 0,24 |
| Активная реакция рН | 6,95 | 7,0 | 7,0 | 6,95 | — | — |
| Вкус и запах | Хлора | Нет | Хлора | Нет | — | Нет |
| Число бактерий в 1 см ³ | 2 | 7 | 0 | 0 | 1 | — |
| Титр кишечной палочки | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |

Состав воды Сталинской станции, поданной в Москву за период июнь — декабрь 1937 г. (по данным Центральной санитарно-гигиенической лаборатории Мосгорздравотдела), дается в табл. 8.

¹ Техническое описание очистных сооружений дано выше в главе VI этого выпуска.

Таблица 8

| | Среднее за ½ года | Колебания в те- чение ½ года |
|--|----------------------|---------------------------------|
| Цветность в градусах по плат.-коб. шкале | 11,6 | 10,0 — 13,0 |
| Мутность в м/гл | 0,02 | 0,0 — 0,05 |
| Жесткость общая в нем. градусах | 5,7 | 5,3 — 6,0 |
| Жесткость карбонатная в нем. градусах | 4,8 | 3,9 — 5,2 |
| Железо в мг/л | 0,17 | 0,05 — 0,33 |
| Азот аммиака солев. в мг/л | 0,12 | 0,042 — 0,30 |
| „ нитритов в мг/л | 0,000 | — — — |
| „ нитратов в мг/л | 0,09 | 0,0 — 0,15 |
| Хлориды в мг/л | 3,1 | 2,5 — 5,0 |
| Окисляемость в мг O ₂ /л | 4,14 | 3,42 — 5,34 |
| Хлор активный в мг/л | 0,14 | 0,02 — 0,24 |
| Число бактерий в 1 см ³ | 7 | 0 — 55 |
| Титр кишечной палочки | 500 | — — — |

6. ОБЛЕСЕНИЕ И ОЗЕЛЕНЕНИЕ

В соответствии с постановлением Совнаркома РСФСР «О санитарной охране канала Москва—Волга» Строительством был разработан и частично осуществлен проект облесения канала. Облесение канала должно было быть проведено в следующих размерах: по Водопроводному каналу подлежала облесению вся строгая санитарная зона, т. е. полоса в 150 м; берега Учинского водохранилища подлежали облесению полосой в 140 м с оставлением незалесенной лишь узкой полосы вдоль берегов водохранилища для служебных надобностей, наконец вдоль всей трассы судоходного участка канала, от Волги до Клязьминского водохранилища и вдоль берегов Яхромского, Икшинского, Пестовского и Пяловского водохранилищ, облесению подлежали полосы в 40 м по обе стороны канала в 10 м от уреза воды, где также оставлялась полоса для служебных надобностей. Намеченное облесение являлось весьма сложной лесоводческой проблемой. В интересах правильного разрешения этой проблемы Строительством канала к составлению проекта облесения были привлечены Управление лесами местного значения Московского областного земельного управления и Московский научно-исследовательский институт лесного хозяйства.

Обсуждение основных положений проекта проводилось в специальной комиссии Московского областного земельного управления с участием представителей Строительства канала, Госсанинспекции, Наркомвода и лесных органов Земельного управления.

Сложность проекта облесения заключалась в том, что лесонасаждение должно было вестись, во-первых, в чрезвычайно разнообразных почвенно-грунтовых условиях на протяжении нескольких сот километров по обе стороны канала, а во-вторых, должно было удовлетворять целому комплексу требований как лесоводческого и водоохранного порядка, так и санитарных.

Санитарные требования в основном сводились к тому, что облесение должно было: а) обеспечить чистоту воды путем фильтрации поверхностного стока через лесную подстилку, которая задерживала бы снос почвенных частиц и бактерий в водохранилище и тем было бы предупреждено как загрязнение воды, так и постепенное заиливание самого водохранилища; б) уменьшить снос в водохранилище органических соединений, а тем самым и количество поступающих в него биогенных элементов; в) дать защиту от попадания в канал и водохрани-

лица листьев, пыли, ила и т. д.; г) регулировать поверхностный сток в количественном отношении, уменьшая его интенсивность, а тем самым его размывающее действие на водотоки, что в свою очередь вело бы к уменьшению мутности воды.

Удовлетворение всех этих требований находилось в зависимости от типов лесных культур, которые должны были быть применены при облесении канала и водохранилищ. В наибольшей степени эти требования обеспечивались насаждением хвойных пород деревьев в тех размерах, которые не противоречили бы общим принципам ведения лесного хозяйства. Составленным проектом облесения были учтены все эти обстоятельства и предусмотрено преобладание во всех насаждениях хвойных пород. В среднем участие хвойных пород в лесонасаждениях вокруг канала должно было составить 50—75% в зависимости от почвенных условий и санитарного значения того или иного участка канала или водохранилища. В наибольшей степени этот принцип был выдержан по Учинскому водохранилищу и Водопроводному каналу.

Работы по облесению судоходной части канала производились самим Строительством канала, а в части водохранилищ и Водопроводного канала были поручены им Управлению лесоохраны Московской области.

В процессе выполнения работ проект насаждения по судоходной части канала был изменен и вместо насаждений лесного типа были проведены насаждения лесопаркового характера, однако все же с преобладанием хвойных пород. Управление лесоохраны до 1938 г. к облесению водохранилищ еще не приступило. Кроме облесения Строительством канала были проведены также большие озеленительные работы в местах сооружения с устройством газонов, цветников, клумб, что очень гармонировало с архитектурным оформлением канала.

Всего Строительством было высажено свыше 127 тыс. деревьев и 350 тыс. кустарников, причем все насаждения были зрелого возраста.

7. ПРОТИВОМАЛЯРИЙНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Крупной проблемой, возникшей в связи со строительством канала и образованием в его системе больших водохранилищ, явилась также малярийная проблема. Однако полная неясность влияния вновь создаваемых сооружений и водоемов на режим грунтовых вод прилегающих районов и их санитарное состояние — вследствие отсутствия в практике подобного прецедента — не позволили заранее конкретно определить круг необходимых мероприятий по ограждению прилегающих к каналу территорий от этого в известной мере отрицательного влияния канала.

Поэтому те мероприятия, которые были предусмотрены в проекте строительства канала в связи с возможным обострением малярийных условий в отдельных районах канала, оказались недостаточными.

Постановлением Правительства основная часть мероприятий по борьбе с малярией в некоторых районах территории вновь построенного канала была перенесена в основном на период эксплуатации.

В постановлении Совнаркома «О санитарной охране канала» раздел противомаларийных мероприятий был формулирован следующим образом (пункт 19).

«19. Установить обязательность осуществления в процессе эксплуатации канала следующих противомаларийных мероприятий:

а) Наркомводу не реже двух раз в год очищать береговую полосу трассы канала от водной растительности, а в случае выявления в процессе эксплуатации канала неблагоприятных по малярии очагов в отно-

шении их осуществлять гидротехнические мероприятия (углубление, обвалование, осушение береговой полосы и т. д.) по указаниям Государственной санитарной инспекции;

б) Москваволгострою спланировать в процессе строительства в районе канала карьеры и резервы и устроить сток с них;

в) Наркомздраву РСФСР в случаях появления мест выплода малярийного комара на мелководных частях канала проводить не реже шести раз ежегодно в период с конца мая до середины сентября опыление мест выплода комаров соответствующими средствами, а также систематически осуществлять противомаларийные мероприятия по плану, составленному применительно к особенностям отдельных участков канала и водохранилищ».

В процессе строительства противомаларийные организации предъявили требования: не создавать на водохранилищах мелководья; бережные глубины водохранилищ держать не менее 1,5 м, берегам придать правильные геометрические очертания. Эти требования однако полностью удовлетворить не удалось.

В настоящее время имеется достаточно материала, чтобы судить, как сложилась реальная малярийная обстановка на водохранилищах после пуска канала в эксплуатацию.

Наиболее резко выраженная малярийная обстановка сложилась на Ивановском водохранилище. Это водохранилище благодаря своим морфометрическим условиям оказалось в очень неблагоприятном положении. Береговая линия Ивановского водохранилища изрезана и имеет много бухт и заливов, площадь мелководий от 0 до 1,5 м составляет около 12 тыс. га. Благоприятные температурные условия, физико-химический состав воды и развитие обильной водной растительности в прибрежной полосе повело к образованию многочисленных мест и участков, благоприятных для выплода комаров. Пораженность личинками отдельных участков колебалась от 48 до 300 на 1 м². Нужно полагать, что в дальнейшем еще больше будет развиваться водная растительность, чему способствует и гидрологический режим водохранилища, сработка которого в летнее время весьма значительна.

На других водохранилищах малярийная обстановка менее резко выражена, но все же по данным тех же материалов Клязьминское водохранилище в отдельных местах давало значительную плотность заселения личинками малярийного комара, так же как и Пяловское водохранилище.

На Истринском водохранилище уже в 1935 г., в первом году его заполнения, была отмечена большая заселенность его малярийными личинками в количестве от 33 до 118 экземпляров на 1 м². На водохранилищах водораздельного бьефа наличие волнобоя в некоторой степени противодействует во многих местах выплоду комара.

Весьма неблагоприятным фактором в малярийном отношении оказалась также получившая в результате разработки карьеров и резервов деформация некоторых участков трассы канала. По проведению карьерных разработок получилось значительное количество искусственных водоемов, особенно на Волге, благоприятных для выплода комаров. Это вызвало необходимость известной планировки карьеров и резервов как противомаларийного мероприятия.

8. САНИТАРНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ОБВОДНЕНИЯ МОСКВА-РЕКИ

В балансе воды, подаваемой по каналу, как уже говорилось, учитывалась также и необходимость обводнения Москва-реки и ее притоков в целях их санитарного оздоровления. Москва-река в пределах

города, а также впадающие в нее притоки как в виде открытых речек, так и взятых в трубы (всего таких притоков Москва-реки насчитывается около 40) были загрязнены до крайней степени. Некоторые из них превратились в очень загрязненные протоки. Так например наибольший из притоков — р. Яуза в пределах Москвы представляла собой мутный поток, несущий черного цвета дурнопахнущую жидкость. То же следует сказать и относительно более мелких притоков. В таком же неприглядном виде оказалась и сама Москва-река: низкая прозрачность, высокая цветность, отсутствие растворенного кислорода, запах сероводорода, — все это давало право считать Москва-реку в высокой степени загрязненной. В материалах Санитарного института им. Эрисмана, касающихся санитарной характеристики р. Яузы и ее притоков в 1934 г., говорится: «в устье река Яуза характеризуется сильным загрязнением; в реке плавают фекалии; бактерий 1 145 370 в одном кубическом сантиметре; окисляемость 18,4; потребление кислорода 27,9. Зона полисапробная. Титр кишечной палочки в воде р. Яузы в черте г. Москвы всюду ниже 0,001».

Приведенные в этих же материалах данные по притокам р. Яузы также показывают весьма большое их химическое и бактериологическое загрязнение. Параллельно с указанными выше показателями загрязнения наблюдалась также исключительно высокая биохимическая потребность этих рек и речушек в кислороде и весьма низкое содержание растворенного кислорода, доходящее до нуля, т. е. во многих случаях налицо было полное отсутствие кислорода в воде, что создавало благоприятнейшие условия для метанового и сероводородного брожения. То же следует сказать и о самой Москва-реке.

В начале Водоотводного канала Москва-река характеризовалась большим загрязнением, причем здесь точно так же отмечались высокая биохимическая потребность кислорода и почти полное отсутствие растворенного кислорода. Такое состояние Москва-реки явилось результатом поступления в нее и ее притоки не только поверхностных стоков с территории города, но и большого количества неочищенных сточных вод, спускаемых промышленными предприятиями, заводами, фабриками, отдельными учреждениями и т. д.

Вследствие создавшегося режима на Москва-реке она сделалась совершенно непригодной для использования в физкультурных целях: купания, спорта, гребли и т. д. В связи с этим возник вопрос о том, чтобы дополнительными сбросами воды из системы канала Москва—Волга оздоровить Москва-реку, доведя ее химический и бактериологический состав до требуемых санитарных норм. Основным критерием для определения нормального состава воды, допускающего существование обычной речной флоры и фауны, является содержание в воде растворенного кислорода, количество которого по нормам Наркомздрава не должно опускаться ниже 4 мг/л, а биохимическая потребность кислорода ниже 2 мг/л. Исходя из этих расчетов, по заданию Санитарного института им. Эрисмана были определены необходимые количества воды, которые должны поступать из канала в Москва-реку.

Однако вопрос этот оказался более сложным, так как речь шла не только о количестве кислорода, подаваемого попусками воды из канала, но и о мало изученных процессах реаэрации, которые также необходимо было учитывать при установлении кислородного баланса в Москва-реке. В связи с этим Строительством канала были поставлены свои собственные лабораторные наблюдения над режимом Москва-реки и ее способностью к самоочищению.

В результате работы Санитарного института и лаборатории Строительства было определено, что для оздоровления Москва-реки и обо-

гащения ее нормальным составом кислорода необходимо сбрасывать в Москва-реку около 32 м³/сек, большая часть которых, т. е. 27,5 м³, сбрасывается через деривационный канал, отходящий от Химкинского водохранилища к Сходненской гидростанции и через шлюзы канала.

Но уже заранее можно было сказать, что одного обводнения Москва-реки попусками, хотя бы и больших количеств воды, будет недостаточно для ее оздоровления, если параллельно с этим не будет прекращен спуск неочищенных сточных вод в Москва-реку и ее притоки. В связи с этим СНК СССР и ЦК ВКП(б) 11 июня 1936 г. было издано постановление, которым предусматривалось запрещение спуска неочищенных сточных вод в Москва-реку и ее притоки в пределах от с. Рублево до с. Перервы, давались сроки прекращения спуска сточных вод без очистки и определялся порядок финансирования соответствующих организаций и предприятий для строительства очистных сооружений. В развитие этого постановления СНК и ЦК ВКП(б) Московским облисполкомом было издано обязательное постановление, также определявшее порядок ликвидации предприятиями спуска сточных вод.

Однако следует указать, что эти задания к началу 1938 г. были проведены в жизнь только частично. Тем не менее уже в сентябре 1937 г. после начала попусков волжской воды из канала Москва—Волга оздоровление Москва-реки начало сказываться весьма заметно. По данным Центральной санитарно-гигиенической лаборатории Мосгорздраотдела после пуска воды из канала физико-химической и бактериологический состав воды в Москва-реке значительно улучшился, что выразилось в резком снижении биохимической потребности кислорода с 17,0 до 5,9 мг/л, повышении растворенного кислорода с 1,1 до 4,3 мг/л, уменьшении цветности и т. д. По этим данным можно заключить, что разбавление воды в Москва-реке произошло приблизительно в два раза, и это повело к улучшению санитарного состояния реки на обследованном участке.

С подачей в Москва-реку проектного количества воды из канала и прекращением спуска неочищенных сточных вод в Москва-реку и ее притоки на участке от с. Рублево до с. Перервы оздоровление реки скажется в полном объеме, и одно из заданий, поставленных перед каналом, будет выполнено.

9. САНИТАРНЫЕ УСЛОВИЯ СУДОХОДСТВА

Важнейшим делом по санитарной охране воды в канале помимо установления охранной зоны явился также комплекс мероприятий, проведенных в связи с судоходством по каналу.

При специфических оздоровительных задачах канала особенно остро ставился вопрос о методах борьбы с фекальным загрязнением от судов в целях предупреждения распространения кишечных инфекций.

В результате весьма обстоятельных работ по изучению этого вопроса были разработаны специальные требования, которым должны удовлетворять суда, курсирующие по каналу. В основу этих правил был положен принцип полного ограждения канала от каких бы то ни было загрязнений, могущих поступать с судов. Эти требования легли также и в основу правил, которые отражены в постановлении Совнаркома «О санитарной охране канала», а именно (пункты 20—30).

«20. Все суда, плавающие по каналу Москва—Волга, а также все гидротехнические сооружения водного транспорта, находящиеся на канале, должны быть снабжены установками, вполне обеспечивающими от загрязнения воды нечистотами, нефтью, смазочными маслами и опасными в санитарном отношении отбросами грузов.

21. При входе в канал суда должны подвергаться обязательному санитарному осмотру на врачебно-наблюдательных станциях, выдающих судам санитарные пропуска для следования по каналу. При наличии на судне дефектов, явно угрожающих загрязнением воды канала, судно задерживается до устранения этих дефектов.

22. Каждое транзитное пассажирское судно при следовании по каналу должно сопровождаться врачом или фельдшером, который обязан следить за санитарным состоянием судна и за выполнением мероприятий, направленных к защите канала от загрязнения.

23. Суда, плавающие по каналу, должны иметь специально приспособленные ватер-клозеты, гальюны, прачечные и бани без спуска сточных вод в канал. Пользование ватер-клозетами, гальюнами и т. п., имеющими сток непосредственно в воду во время плавания по каналу, воспрещается.

24. Мусор и нечистоты удаляются с судна способом, удовлетворяющим санитарным требованиям, в места, установленные Государственной санитарной инспекцией канала.

25. Воспрещается выбрасывать в воду канала с судов и с пристаней мусор, пищевые отбросы, обтирочный материал из машинокотельных отделений, нефтяные зачистки, подсланевую воду из трюмов, отбросы производственные, бытовые и т. п.

26. При производстве землечерпательных работ на канале устанавливается тот же порядок, что и на судах, плавающих по каналу.

27. Ремонтные работы в камерах шлюзов, на плотинах и на других пунктах, где работа непосредственно соприкасается с водой, должны производиться под контролем санитарного надзора, причем должны быть приняты все меры против загрязнения русла канала всяческими нечистотами.

28. Перевозка скота разрешается только на специальных, приспособленных для этой цели судах, обеспечивающих безопасное в санитарном отношении собиране и удаление навоза.

29. Порядок пользования дебаркадерами и причалами, устройство на них жилых помещений и помещений для ожидания устанавливаются Наркомводом по согласованию с Государственной санитарной инспекцией канала.

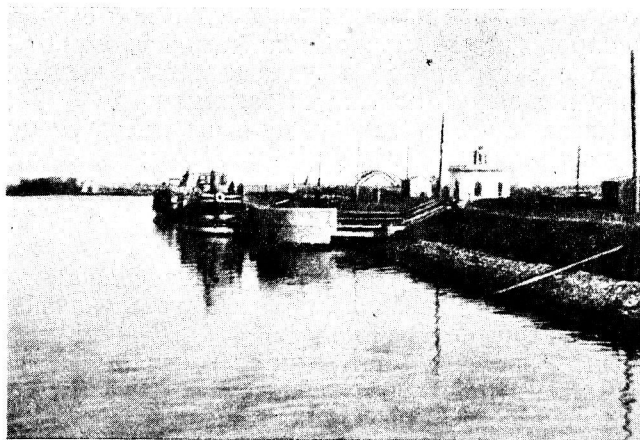
30. Вся пристанская территория, используемая для нужд водного транспорта, должна быть благоустроена (асфальтирована, замощена, озеленена и пр.)».

В связи с этими правилами Наркомводом были устроены на судах, предназначенных к плаванию по каналу, санитарно-технические установки, обеспечивающие сбор нечистот и их эвакуацию, а также береговые санитарно-технические сооружения для приема с судов сточных вод и отбросов. Однако ввиду того, что с такими сложными специальными задачами Наркомводу пришлось столкнуться впервые, устроенные санитарно-технические установки на судах после первого же года эксплуатации потребовали внесения ряда поправок и переустройств.

В основном оборудование судов как теплоходов, так и катеров, санитарными установками сводится к следующему: на теплоходах фекальные воды принимаются в две цистерны, подвешенные под обносом: одна емкостью в 6,5 м³ и вторая в 3,0 м³. Воды от умывальников, душевых, бани, прачечной и кухни подвергаются коагулированию известью и после отстаивания в специально установленных в машинном зале баках выпускаются за борт. В отношении хозяйственных вод таким образом была допущена ошибка, поскольку по правилам не разрешался спуск сточных вод с судов вообще, независимо от спо-

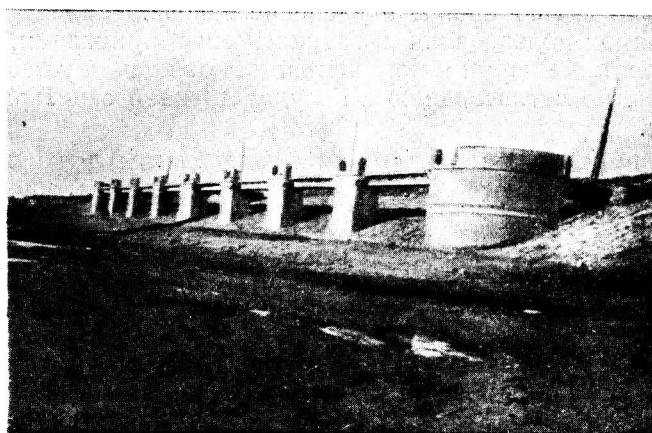
соба их обработки; кроме того приспособления для коагулирования были устроены технически неправильно.

Что касается сбора фекальных вод, то основным недостатком в отношении их являлась недостаточная емкость цистерн вследствие



Фиг. 102. Общий вид фекально-очистой станции в Химках.

того, что нормы водопотребления на судах были занижены. Все это наряду с мелкими техническими недочетами, как-то: малые диаметры отводящих труб, неправильно устроенные сифоны, неодинаковые патрубки у цистерн и ряд других дефектов усложняло и отягощало

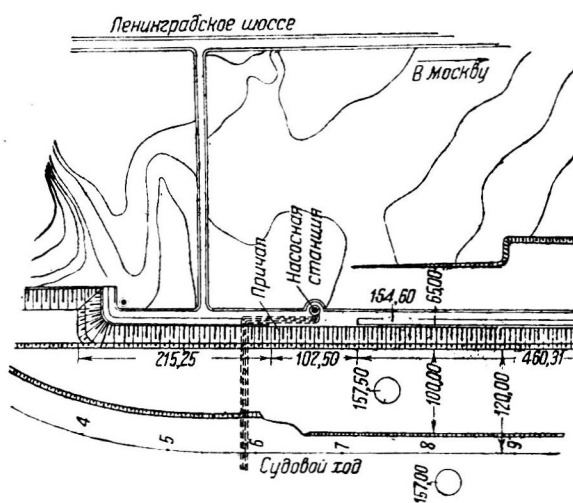


Фиг. 103. Причал фекально-очистой станции до заполнения Химкинского водохранилища.

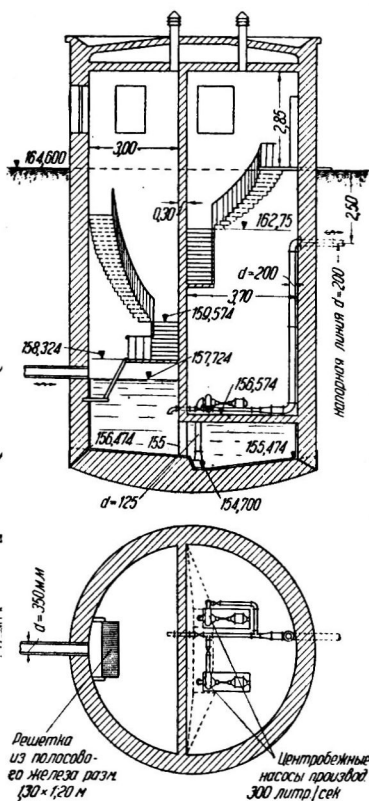
положение с опорожнением судов от нечистот. На непаровых судах для сбора нечистот были сделаны специальные передвижные баки, которые однако также имели ряд недочетов: были очень тяжелы, не обеспечивали возможность контроля за их опорожнением и т. д.

Для нормального функционирования санитарно-технических установок на судах необходимо было иметь достаточное число береговых

сооружений, где суда могли бы освобождаться от нечистот. Для этого должны были быть устроены специальные сливные станции по приему нечистот в г. Калинине и Химкинском порту, а в дальнейшем также на пристани «Большая Волга» у входа в канал для судов, идущих с низовьев Волги. Станция перекачки в Химкинском порту закончена Москва-волгостроем в 1937 г. (фиг. 102—105). В г. Калинине была устроена временная установка для передачи сточных вод в городскую канализацию, а на пристани «Большая Волга» установка должна быть построена дополнительно.



Фиг. 104. План расположения фекально-очистной станции.



Фиг. 105. Фекально-очистная станция. План и разрез.

За зимний ремонтный период 1937/38 г. Наркомречфлот несколько улучшил состояние санитарно-технических установок на судах, увеличил емкость цистерн за счет таких же цистерн на противоположной стороне обноса, которые служили в качестве балласта и не использовались по прямому назначению, были устранены мелкие технические дефекты, налажена работа станции перекачки в Химкинском порту и в г. Калинине, увеличено число автоцистерн для разгрузки судов в аварийных случаях и т. д.

Несомненно, что с каждым годом ведение фекального хозяйства на судах будет улучшаться в связи с накоплением опыта, и отрицательное влияние судоходства на качество воды в канале будет все более и более снижаться.

10. САНИТАРНОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО В СВЯЗИ СО СТРОИТЕЛЬСТВОМ КАНАЛА

Крупное санитарное значение канала Москва—Волга вызвало необходимость ряда законодательных актов, в которых санитарная охрана канала нашла свое оформление. Акты эти легли в основу практи-

ческой деятельности Госсанинспекции и организаций, эксплуатирующих канал. Такими законодательными актами явились:

1. Постановление СНК РСФСР от 27 января 1936 г. «О санитарной охране канала Москва—Волга».

2. Постановление СНК СССР и ЦК ВКП(б) от 11 июня 1936 г. «О реконструкции р. Яузы и р. Москвы и о мерах по подготовке к повышению уровня воды в р. Москве».

3. Постановление Президиума Мособлисполкома от 2 сентября 1936 г. «Об установлении границ зон санитарной охраны канала Москва—Волга», которое было издано в развитие Постановления СНК.

4. Постановление Президиума Калининского облисполкома от 22 февраля 1937 г. «О санитарной охране канала Москва—Волга», которое также было издано в развитие Постановления СНК и в котором предусматривались санитарные мероприятия, которые должны были быть проведены в крупных населенных пунктах, расположенных по берегам Ивановковского водохранилища.

5. Правила производства работ по очистке и санитарной обработке ложа водохранилищ, изданные Главной санитарной инспекцией РСФСР.

6. Правила по установлению режима для персонала, обслуживающего водный транспорт канала Москва—Волга, изданные Главной санитарной инспекцией РСФСР.

7. Правила по очистке сточных вод, спускаемых в Ивановское водохранилище, изданные Главной санитарной инспекцией РСФСР.

8. Положение о работе Государственной санитарной инспекции канала Москва—Волга, изданное Главной санитарной инспекцией РСФСР.

Такое значительное количество постановлений и правил, регулирующих вопросы санитарного порядка, возникшие в связи со строительством канала, не только говорит о санитарном значении канала, но и требует специальной организации, которая осуществляла бы контроль за проведением этих санитарных правил в жизнь.

В связи с этим СНК РСФСР постановил:

«Для осуществления Госсанконтроля на всем протяжении канала и водохранилищ учреждается особая Государственная санитарная инспекция канала, находящаяся в непосредственном ведении Главной Санитарной Инспекции РСФСР.

На Государственную санитарную инспекцию канала Москва—Волга возлагается надзор за соблюдением на территории канала всеми общесоюзными, республиканскими и местными органами, учреждениями и промпредприятиями, а также отдельными лицами установленных санитарных правил».

На основании этого при НКЗдраве РСФСР была учреждена специальная Госсанинспекция, которая за весь период строительства канала с 1934 г. осуществляла санитарный контроль за всеми мероприятиями, которые проводились Строительством при сооружении канала, а также принимала участие в работах приемочных комиссий как самого Строительства, так и Правительственной комиссии.

Водопроводно-санитарная секция Правительственной комиссии, принимавшая сооружения и работы по каналу, имеющие санитарное значение, вынесла следующее суждение:

«Все произведенные работы соответствуют утвержденным проектам за отдельными исключениями, не влияющими на общее санитарное

состояние канала и отмеченными в материалах секции. Комплекс выполненных санитарных мероприятий обеспечивает задачу санитарной охраны зоны канала и снабжение столицы доброкачественной питьевой водой из водохранилищ после очистки ее на водопроводной станции. Однако секция отмечает, что значительная часть проектов по санитарно-техническим устройствам не была представлена своевременно на утверждение Госсанинспекции и в связи с этим содержала ряд ошибок и неправильных конструкций, как например люфт-клозеты на шлюзах, уборные Сходненской ГЭС и др.

Основные санитарно-технические мероприятия по судоходному и Водопроводному каналам и водохранилищам, как-то: перенос селений, подготовка территории к затоплению, озеленение, выделение зон санитарной охраны, выполнены тщательно и оцениваются как отличные и хорошие. Однако в результате задержки санитарно-технических работ и допущенных отдельных упрощений в проектах санитарного оборудования канала, а также несвоевременного согласования проектов с Госсанинспекцией в санитарно-техническом оборудовании имеется ряд дефектов, требующих срочного устранения».

II. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Вся система канала Москва—Волга с ее водохранилищами, каналами, отдельными сооружениями требует самого внимательного и тщательного ухода в период эксплуатации. Только правильная эксплуатация сможет обеспечить технические и санитарные интересы канала.

Для надлежащей санитарной охраны канала необходимы следующие основные меры эксплуатационного характера.

Правильная служба для санитарного контроля за состоянием самого канала, прилегающих к нему населенных пунктов и за судоходством; санитарный надзор за работой сооружений, отводящих сток от канала и принимающих сток в канал, — дюкеров, труб, лотков, люжетов. От правильной работы этих сооружений зависят и санитарное состояние прилегающих к каналу территорий и качество поверхностного стока.

Нужен также строгий контроль за соблюдением правил судоходства. Здесь особого внимания требует предупреждение спуска в канал сточных вод с судов всех типов. Для этого следует все более совершенствовать санитарно-технические установки на судах.

Для купания в канале должны быть отведены специальные места, устроены купальни, уборные.

Правильная эксплуатация канала требует специальной санитарной охраны береговой полосы в 150 м строгой санитарной зоны по типу санитарной милиции. Это особенно важно для Учинского водохранилища и Водопроводного канала.

Большое значение имеют коммунальное благоустройство населенных мест и предотвращение спуска даже очищенных сточных вод в канал и водохранилища, систематический контроль за качеством воды на всем протяжении канала и своевременная борьба с цветением, угрожающим качеству воды.

Наконец органы Наркомздрава должны вести систематическую профилактическую борьбу с малярией, а органы, эксплуатирующие канал — Управление канала при СНК и Мосводопровод, — постоянную работу по малой гидромелиорации.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

| | |
|--|-----|
| От редакционной коллегии | 3 |
| Глава I. Водоснабжение Москвы и канал Москва — Волга | |
| 1. Реконструкция водоснабжения Москвы | 5 |
| 2. Значение Водопроводного канала | 7 |
| Глава II. Схема Водопроводного канала | |
| 1. Учинское водохранилище | 8 |
| 2. Трасса канала | 12 |
| 3. Назначение и расположение сооружений канала | 19 |
| 4. Гидравлические данные | 21 |
| Глава III. Открытые участки канала | |
| 1. Поперечное сечение и облицовка | 26 |
| 2. Дренаж | 30 |
| 3. Производство работ | 32 |
| 4. Опыт эксплуатации | 37 |
| Глава IV. Трубопроводы Водопроводного канала | |
| 1. Конструкция и расчет трубопроводов | 39 |
| 2. Дюкер под р. Клязьмой | 44 |
| 3. Производство работ | 49 |
| 4. Опыт эксплуатации | 54 |
| Глава V. Сооружения на Водопроводном канале | |
| 1. Водозабор | 55 |
| 2. Регуляторы и переключатели | 59 |
| 3. Регулирующий бассейн и водоприемник | 67 |
| 4. Пересечения канала с дорогами | 73 |
| 5. Сооружения для пропуска поверхностного стока | — |
| Глава VI. Сталинская насосно-очистительная станция | |
| 1. Основные предпосылки проекта | 76 |
| 2. Схема работы | 78 |
| 3. Сооружения станции | — |
| 4. Энергоснабжение | 85 |
| 5. Автоматика и диспетчеризация | — |
| Глава VII. Санитария канала Москва—Волга | |
| 1. Общий обзор | 86 |
| 2. Зоны санитарной охраны | 87 |
| 3. Очистка ложа водохранилищ | 91 |
| 4. Качество воды, подаваемой по каналу | 93 |
| 5. Методы очистки воды на Сталинской насосно-очистительной станции | 96 |
| 6. Облесение и озеленение | 98 |
| 7. Противомаларийные мероприятия | 99 |
| 8. Санитарное значение обводнения Москва-реки | 100 |
| 9. Санитарные условия судоходства | 102 |
| 10. Санитарное законодательство в связи со строительством канала | 105 |
| 11. Основные задачи эксплуатации | 107 |

