

ТРУДЫ

ВТОРОГО ВСЕСОЮЗНОГО (XIV) ВОДОПРОВОДНОГО И САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СЪЕЗДА

В Г. ХАРЬКОВЕ 1927 Г.

ВЫПУСК 2, ЧАСТЬ II
ОЧЕРЕДИ. НОМЕР ИЗДАН. ПОСТ. БЮРО № 98

СЕКЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ.

ДОКЛАДЫ, ПРЕНИЯ, ПОСТАНОВЛЕНИЯ

РЕДАКЦИОННЫЙ КОМИТЕТ: проф. П. С. БЕЛОВ, проф. В. А. ДРОЗДОВ,
проф. А. П. ИВАНИЦКИЙ, инж. А. В. НИКИТИН,
проф. А. Н. СЫСИН, проф. В. Е. ТИМОНОВ,
инж. Н. И. ФАЛЬКОВСКИЙ.

МОСКВА 1931

TRAVAUX

DU 2^{ÈME} (XIV^{ÈME}) CONGRÈS DU GÉNIE SANITAIRE
DE L' U. R. S. S.

à KHARKOV en 1927

LIVRAISON 2, PART II
ÉDITION du BUREAU PERMANENT № 98

SECTION
D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

RAPPORTS, DISCUSSIONS, ARRÊTÉS

COMITÉ de RÉDACTION: P. S. BIELOFF, prof., W. A. DROSDOFF, prof., A. P. IWA-
NITSKY, prof., A. W. NIKITINE, ing., A. N. SISINE, prof.,
W. E. TIMONOFF, prof., N. I. FALKOWSKY, ing.

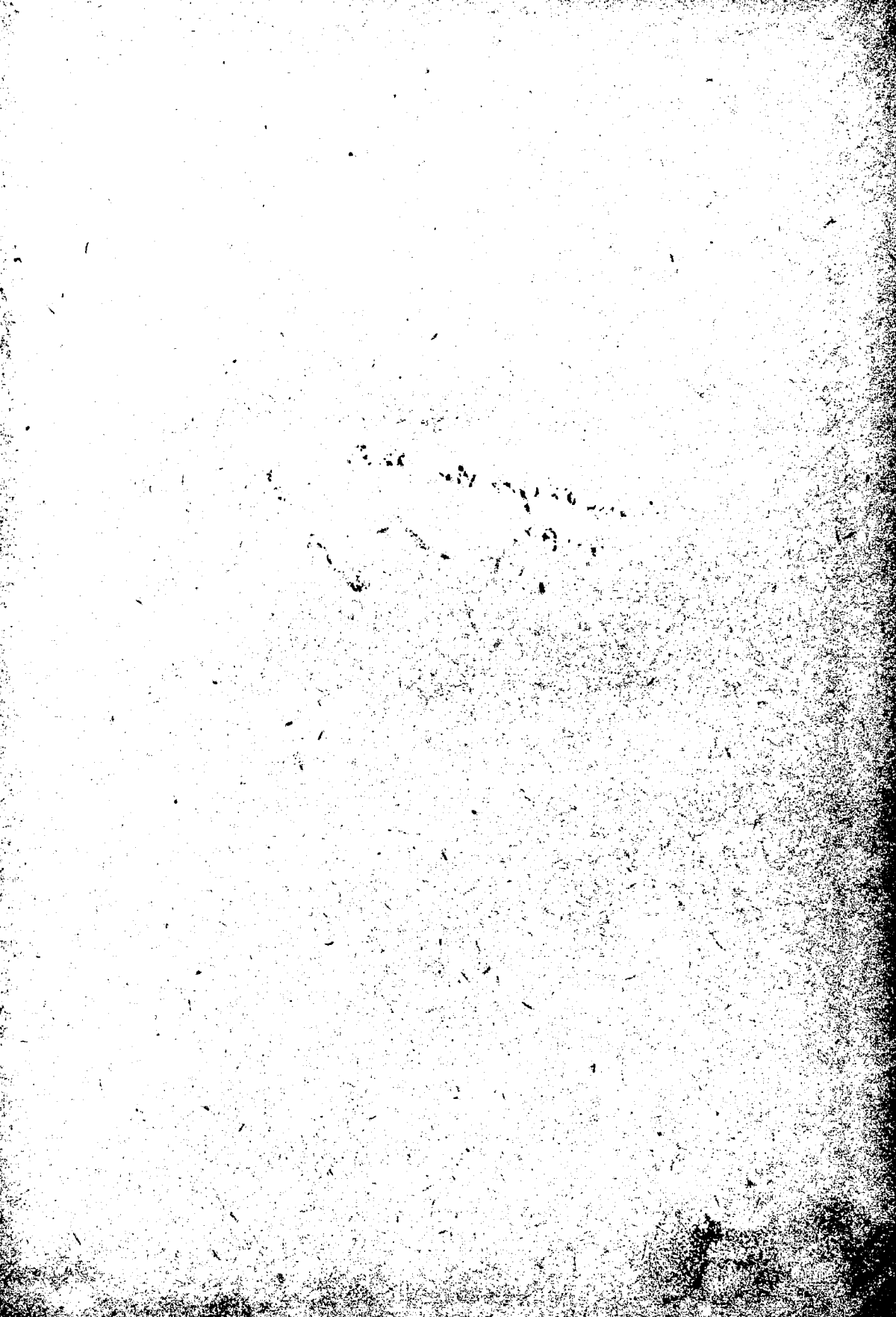
МОСКОВУ 1931

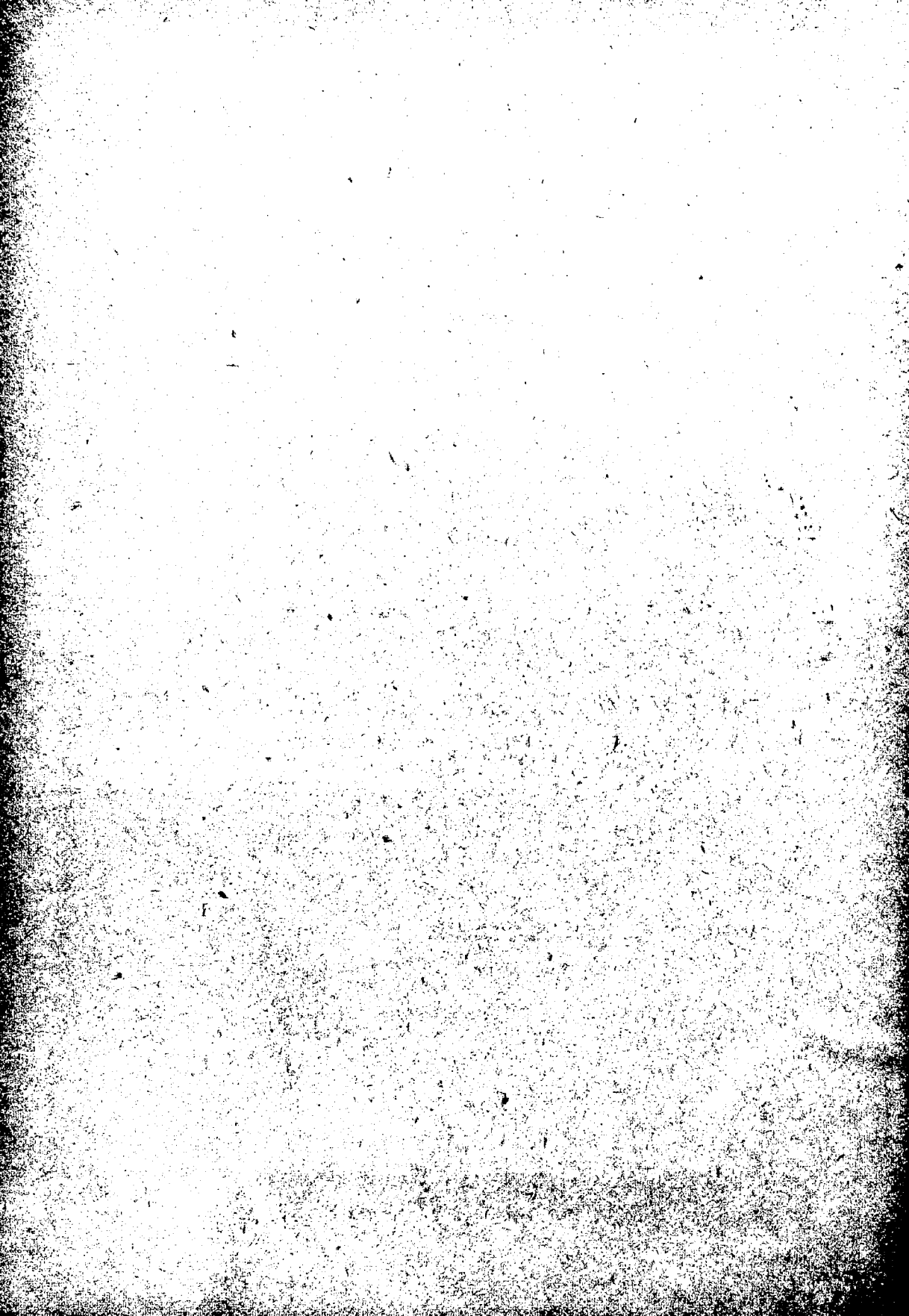
Издание Постоянного Бюро Всесоюзных Водопроводных и Санитарно-
Технических Съездов.

628 Тридти велекы
22 | водопров. и
| Сан. Техн.

сезда в Чарькове 1827г

Л: 1931 341/10
| 708
| 1931





ТРУДЫ

ВТОРОГО ВСЕСОЮЗНОГО (XIV) ВОДОПРОВОДНОГО
И САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СЪЕЗДА
В Г. ХАРЬКОВЕ 1927 Г.

ВЫПУСК 2, ЧАСТЬ II
ОЧЕРЕДН. НОМЕР ИЗДАН. ПОСТ. БЮРО № 98

СЕКЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ.

ДОКЛАДЫ, ПРЕНИЯ, ПОСТАНОВЛЕНИЯ

РЕДАКЦИОННЫЙ КОМИТЕТ: проф. П. С. БЕЛОВ, проф. В. А. ДРОЗДОВ,
проф. А. П. ИВАНИЦКИЙ, инж. А. В. НИКИТИН,
проф. А. Н. СЫСИН, проф. В. Е. ТИМОНОВ,
инж. Н. И. ФАЛЬКОВСКИЙ.

МОСКВА 1931

TRAVAUX

DU 2^{ÈME} (XIV^{ÈME}) CONGRÈS DU GÉNIE SANITAIRE
DE L' U. R. S. S.

à KHARKOV en 1927

LIVRAISON 2, PART U
ÉDITION du BUREAU PERMANENT № 98

SECTION
D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

RAPPORTS, DISCUSSIONS, ARRÊTÉS

COMITÉ de RÉDACTION: P. S. BIELOFF, prof., W. A. DROSDOFF, prof., A. P. IWA-
NITSKY, prof., A. W. NIKITINE, ing., A. N. SISINE, prof.,
W. E. TIMONOFF, prof., N. I. FALKOWSKY, ing.

МОСКОВУ 1931

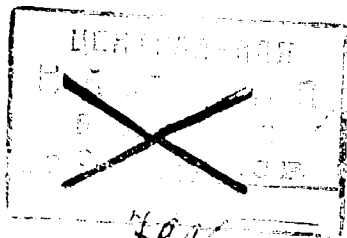
Издание Постоянного Бюро Всесоюзных Водопроводных и Санитарно-
Технических Съездов.

ГОС. ПУБЛИЧНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА СССР

7926 $\frac{20}{60}$



3250



7926

1931

«Мосполиграф»

13-я типо-цинографня

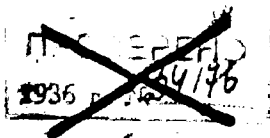
«Мысль Печатница».

Москва, Петровка, 17.

Мособлит №

Тираж 800

Заказ № 694.



I. Доклады по вопросам, общим для водопровода и санитарно-технических сооружений

Доклад проф. П. С. БЕЛОВА

УСПЕХИ РАЗВИТИЯ ВОДОПРОВОДОВ И КАНАЛИЗАЦИЙ В ГОРОДАХ СССР ЗА ВРЕМЯ МЕЖДУ I И II ВСЕСОЮЗНЫМИ СЪЕЗДАМИ

(Доложен в объедин. засед. водопров. и канализацион. секций 10 мая 1927 года.)

Председательствовал инж. Д. С. Черкас.

Ввиду значительного запоздания в выпуске трудов II Съезда и предстоящего выхода в ближайшее время трудов III Съезда, на котором был сделан доклад на эту же тему — сравнительные данные состояния городских водопроводов и канализации за время между I и II Съездами и за время между II и III Съездами будут приведены в Трудах III Съезда.

По докладу Съездом вынесено постановление:

Современное санитарное состояние городов Союза в отношении необеспеченности их в достаточной мере основными санитарно-техническими сооружениями (водопроводом и канализацией) продолжает оставаться неудовлетворительным; темп роста числа и мощности водопроводов и канализаций значительно отстает от роста увеличения населения городов и от их потребности в воде, и ранее совершенно неудовлетворявшейся; грозное предупреждение против недопустимости промедления отпуска денежных средств, необходимых для устроения водопровода, снабжающего население здоровой, в достаточном количестве, водою и рационального отвода сточных вод, — дано в 1926 г. ростовской катастрофой, могущей повториться и в других городах Союза. Съезд считает необходимым фиксировать внимание правительства и общественных кругов на необходимости принятия срочных мер, направленных к сильнейшему развитию темпа планового санитарно-технического строительства; в неотложном порядке должно быть проведено увеличение размера денежных средств, отпускаемых для этой цели, увеличение периода погашения выдаваемых ссуд, по меньшей мере, до 25 лет и уменьшение взимаемого процента, по меньшей мере, до шести.

Доклад инж. М. М. ПОГФИРЬЕВА

О ПОРЯДКЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ПРОЕКТОВ ВОДОПРОВОДОВ И КАНАЛИЗАЦИИ

(Доложен в объедин. заседании водопров. и канализацион. секций 10 мая 1927 г.).

Председательствовали инж. Д. С. Черкас и проф. П. Ф. Горбачев.

Доклад к напечатанию не представлен. Тезисы его опубликованы в № 4 Информационного Бюллетеня Харьковского Съезда.

По докладу Съездом вынесено следующее постановление:

1. Ввиду чрезвычайной важности коммунального водопроводно-канализационного строительства для оздоровления и благоустройства городов и тесной связи его с эконо-

мкой города и страны, необходимо внесение в это строительство планового начала и установление законодательными органами порядка рассмотрения и утверждения проектов, а равно издания соответствующей инструкции.

2. Проекты сооружения новых и капитального переустройства существующих водопроводов и канализаций в городах с населением свыше 10.000 чел. (или свыше иного числа, устанавливаемого правительством соответствующей Союзной Республики) подлежат утверждению Центральным Государственным органом соответствующей Союзной Республики, руководящим коммунальным строительством, с участием представителей Наркомздрава и заинтересованных ведомств, по представлению Губ. (Окр., Край) Ценокомов.

3. Утверждение проектов водопровода и канализации в городах с населением менее указанного в предыдущем пункте должно производиться Губ. (Окр., Край) Комхозами с участием представителей органов здравоохранения, Губ. (Окр., Край) инженера и заинтересованных ведомств и учреждений.

4. В отдельных случаях для городов, имеющих в своем аппарате достаточно мощный технический персонал, возможно передоверие со стороны Центральных органов права утверждения проектов местным Губ. (Окр., Край) Комхозам.

5. Утверждению подлежат основные задания и эскизный проект водопровода или канализации, при чем целесообразно производить утверждение основных положений ранее представления эскизного проекта.

6. Поручить Постоянному Бюро детальную разработку вопроса о прохождении и утверждении проектов, отметив желательность рационализации и возможного упрощения прохождения проектов.

Доклад инж. В. Н. ЗАКАТОВА и инж. А. С. ВАЙНЦВАЙГА.

О ФОРМАХ ОТЧЕТНОСТИ ПО ВОДОПРОВОДАМ И КАНАЛИЗАЦИИ

(Деложен в объединенном заседании водопроводной и канализационной секций 13 мая 1927 г.).

Председательствовал инж. *Л. П. Дюсамидзе.*

Формы Экономической отчетности по эксплуатации водопровода и канализации, принятые специальной Комиссией, опубликованы в 1-м выпуске Трудов Харьковского ВВ и С.-Т. Съезда. М. 1927 г., стр. 195.

Прения.

Инж. А. И. Верника считает желательным пополнение формы отчетности графой примечаний, характеризующих техническую сторону работы. Протие подъема воды нужно отмечать мощность и тип силовой установки, а также стоимость поднятия 1000 кг/м. Против очистки — указывать на метод, напр.: скор. метд. фильтрация, коагулирование хлором и т. п.

Инж. *Л. Н. Дюсамидзе.* В виду тесной связи финансовой отчетности с технической — последняя должна не задерживаться и представляться одновременно.

По докладу Съездом вынесено постановление.

1. Предлагаемые формы экономической отчетности по эксплуатации водопроводов и канализации одобрить и рекомендовать для общего пользования.

2. Поручить Постоянному Бюро продолжить работу по выработке форм «технической» отчетности по водопроводам и канализации, причем по составлению таких форм и по согласованию их с местными группами Съездов, в виду крайней необходимости, внести их на рассмотрение Пленума Постоянного Бюро, не дожидаясь созыва следующего съезда.

3. Просить все водопроводные и канализационные предприятия прислать в Постоянное Бюро принятые у них формы технической отчетности, чтобы при работах Бюро могли быть приняты во внимание местные условия.

САНИТАРНЫЕ ЗАДАЧИ И РОЛЬ САНИТАРНЫХ ОРГАНОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ

(Доложен в объединенном заседании водопроводной и канализационной секций 12 мая 1927 г.).

Председательствовали инж. *Д. С. Черкас* и проф. *П. Ф. Горбачев*.

В в е д е н и е. Восстановительный период нашего народного хозяйства отражается, хотя и в более замедленном темпе, на развитии различных отраслей коммунального строительства. Крупные города, промышленные центры, рабочие и кооперативные поселки приступают к своему санитарно-техническому оборудованию. Крупнейшие работы, в особенности по электрификации целых областей, призванные дать толчок индустриальному развитию нашей страны (Волховстрой, Днепрострой, Волго-Донской канал и др.), несомненно подвинут вперед и страшно отставшее в нашей стране дело благоустройства населенных мест. Эта перспектива обязывает соответственные правительственные и общественные органы заблаговременно ставить и решать ряд вопросов о порядке подготовки к проведению капитальных работ по благоустройству. Одним из таких вопросов является уяснение и законодательная санкция той роли, значения и ответственности, которые в этом деле должны быть приданы органам санитарного надзора.

Проведение в городе какого-либо санитарно-технического сооружения или работы (водопровод, канализация, планировка и пр.) является крупнейшим событием в жизни города, значительнейшей вехой его исторического развития. Являясь, с одной стороны функцией социально-экономического и санитарно-культурного уровня данного города, санитарно-техническое сооружение в свою очередь оказывает сильное влияние на дальнейшее развитие города, в значительной степени меняя его социальный, в особенности культурный облик. В особенности это относится к санитарному состоянию города, которое резко меняется после проведения той или иной крупной санитарно-технической работы. Нет необходимости приводить настоящему съезду доказательства указанного факта. Резкое и устойчивое падение смертности в городах после проведения водопровода и канализации всюду как на Западе, так и у нас — общеизвестно. Достаточно хотя бы в этом отношении сослаться на доклады, читанные на наших водопроводных и санитарно-технических съездах (д-р Н. П. Василевский. Санитарно-статистические данные о влиянии водопровода и канализации на уменьшение смертности в г. Одессе. Труды 4-го съезда, стр. 518; д-р А. В. Корчак-Чепурковский. Изменение смертности в г. Киеве со времени введения в нем канализации. Труды 5-го съезда, стр. 133). Но эта чуткая реакция санитарного состояния на санитарно-техническое сооружение действует и в обратном отношении, т. е. санитарные ошибки, которые были допущены при сооружении, или игнорирование санитарных требований и указаний очень быстро обнаруживаются в эпидемиях (водных) и других неблагоприятных проявлениях. И таких печальных примеров чрезвычайно много особенно в практике наших городов и поселков. Они тем опаснее, что способны дискредитировать в глазах мало культурного населения самую идею санитарно-технического сооружения. Здесь можно согласиться также на примеры исторические. Вот что говорил на 5-м Съезде (1901) по этому поводу д-р А. В. Корчак-Чепурковский: «Однако само собой понятно, что несовершенства в системе устройства канализации, естественно, в состоянии внушить сомнения в полезности этого санитарного предприятия. В таком положении по отношению к данному вопросу находится г. Киев. Разного рода несовершенства технического выполнения системы канализации, особенно устройство дворовых отхожих мест (без правильной и обязательной промывки их), и явные недочеты в эксплуатации этой системы, частое выступление канализационных жидкостей на улицы из ревизионных колодезь, отсутствие вентиляции в уличных сетях, крайне небрежное содержание полей орошения, естественно, внушили подозрение и вызвали громкие заявления о том, что киевская канализация принесла городу не пользу, а вред с санитарной точки зрения».

Другой русский гигиенист д-р Н. П. Васильевский на девятом съезде (1909 г.) высказывался так: «Как бы хорошо ни был устроен водопровод и как бы ни был велик он по своим размерам, но раз он проводит в город воду недоброкачественную, такое водоснабжение будет губительным для здоровья городского населения, и затраты на сооружение такого водопровода никакими промышленными выгодами не могут быть оправданы. За примером ходить недалеко. Город С.-Петербург, с очень значительной общей смертностью в нем, в настоящий момент получил значение холерного очага для всей России вследствие именно зараженной воды в нем. В таком же положении находятся Самара и другие города, получающие воду из сильно загрязненных всякими отбросами рек».

Если мы вспомним только что пережитую драму в Ростове, другие более мелкие факты из практики Моековской губ. (классическая водная эпидемия брюшного тифа на Знаменской мануфактуре), эпидемии в Ганновере и многие другие, то цифровые наши соображения, высказанные два и более десятилетия тому назад, сохранят свое значение и по сей день. Вот почему является своевременным еще и еще раз уяснить роль санитарного надзора в интересующем нас деле и определить ему законом место и влияние в соответствии с характером советского санитарного законодательства.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ.

Проектирование санитарно-технического сооружения связано с длительными, серьезными предварительными изысканиями, должныствующими определить характер, объем и направление сооружения или работы. До проектирования необходимо иметь материалы, всесторонне освещающие состояние города и тенденции его дальнейшего развития на ряд лет вперед в социально-экономическом, санитарно-демографическом и иных отношениях. Должны быть собраны и критически освещены данные относительно движения населения, естественного и механического прироста города в связи с его историко-географическим и социально-хозяйственным развитием: о метеорологических и санитарно-топографических условиях местности; должна быть дана картина заболеваемости как общей, так и в особенности эпидемической, особо по отдельным формам и участкам города, освещаемая с точки зрения ее эпидемиологических связей; необходимо иметь представление о жилищных условиях населения, о его составе по полу, возрасту, занятиям и т. д. и т. д. Во всей этой исследовательской работе санитарному врачу принадлежит пожалуй что одна из первых ролей, особенно в небольших и средних центрах. Часть из упомянутых нами данных и очень существенная, (как например, заболеваемость, общая и эпидемическая, санитарно-топографические), отчасти и демографические данные — могут быть авторитетно даны только представителями санитарного надзора. Что же касается других материалов, как например, социально-экономических, профессиональных, статистических, гидро-геологических, метеорологических, то они также очень часто собираются и разрабатываются санитарным врачом, который по роду и характеру своей деятельности является также социальным гигиенистом. Если в отношении этих материалов санитарный врач не всегда может и должен быть автором, то он всегда может быть успешным их критиком и ценным консультантом при их обсуждении. Таким образом, в этой предварительной исследовательской работе роль органов санитарного надзора представляется нам совершенно неоспоримой в своем значении и активности.

Кроме этого, на этой стадии развития дела необходимо учесть еще одно обстоятельство. В условиях советской общественности успешное проведение какого-либо санитарно-технического сооружения, которое, как мы сказали выше, является историческим событием в жизни города, будет обеспечено лишь при условии привлечения к нему внимания самых широких кругов населения, его активного участия в этом деле. Здесь опять-таки санитарный врач может быть чрезвычайно полезен, как агент санитарного просвещения, владеющий его методикой, могущий его применять на службе пропаганды того или иного санитарно-технического сооружения. Будучи по роду своей деятельности тесно связан с общественными рабоче-крестьянскими организациями (секции

совета, комиссии по охране труда, здравячейки и т. д.), санитарный врач успешно может использовать эти связи для создания общественного движения вокруг нужного нам дела. Всего сказанного достаточно, чтобы уяснить себе какое широкое поле творческой работы открывается перед санитарным врачом, как представителем санитарного надзора еще до проектирования санитарно-технической работы и как велик и значителен должен быть удельный вес его в том комплексе общественных сил и специалистов, которые сообща трудятся над созданием большого дела.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не менее значительна роль санитарного надзора и в процессе непосредственного проектирования санитарно-технической работы. Каков бы ни был характер последней, в той или иной мере она всегда затрагивает санитарные интересы и должна поэтому с самого начала разрабатываться под влиянием этих интересов. В дальнейшем попытаемся более подробно осветить отдельные санитарные моменты по отношению к наиболее крупным санитарно-техническим работам, не претендуя тем самым их исчерпать.

При проектировании водоснабжения, в частности водопровода, санитарный надзор кровно заинтересован в решении целого ряда детальных вопросов, включаемых в проектирование этой санитарно-технической работы. Выбор источника является моментом, в значительной степени предопределяющим как количественное снабжение водоем местности, так, что еще важнее, качество питьевой воды. Голос санитарного надзора должен по отношению к этому моменту звучать особенно авторитетно и во многих случаях быть решающим. Интересы техники и экономики принимаются во внимание лишь постольку, поскольку в первую очередь удовлетворены интересы санитарные. При решении этого вопроса санитарный врач должен в полной мере использовать те санитарно-топографические, гидро-геологические, эпидемиологические и пр. исследования, о которых мы говорили выше.

Система и устройство очистных сооружений также сильно привлекают внимание санитарного надзора, который, стремясь к наиболее совершенной очистке воды, свою точку зрения уравнивает с соображениями экономического и технического свойства.

Исключительно делом инициативы и заботы санитарных органов является организация охранной зоны вокруг источников водоснабжения. Определение ее границ, ее сферы влияния, разработка соответствующих законодательных актов, осуществление непосредственного контроля за выполнением последних является задачей санитарного надзора, которая все шире и шире начинает применяться в условиях нашего Союза и которая в будущем должна будет стать естественным элементом всякой системы водоснабжения.

Далее, проектирование сети водопровода, равно как и распределение водоразборных колонок, не может миновать санитарного врача. Здесь уместно вспомнить положение, которое еще на 4-м Водопроводном Съезде выдвинул инженер В. И. Зуев: «Как в устройстве, так и в расширении водопроводной канализационной сети желательнее по возможности руководиться данными о положении смертности в различных участках города, устанавливая работы в такой очереди, чтобы обеспечить этими санитарными сооружениями прежде всего наиболее неблагополучные участки». К этому положению, высказанному более четверти века тому назад, мы можем прибавить, что в основу проектирования сети санитарный надзор кладет не только данные смертности как общей, так и детской, но и эпидемиологические данные, в особенности по заболеваниям водными инфекциями, а равно и данные относительно общего санитарного состояния отдельных участков и районов (плотность застройки, характер и степень скученности населения и пр.).

Мы рассмотрели наиболее существенные моменты при проектировании водоснабжения, не претендуя тем самым исчерпать все задачи санитарного надзора в этом деле. Для нас является важным установить, что при проведении всех этих фаз проектирования санитарный надзор имеет свое обоснование для активного в них участия, свои специальные задачи и методику их осуществления.

То же, что мы сказали в отношении водоснабжения, относится и к проектированию канализации. Порядок и очередность проектирования сети, выбор места для насосной станции, система и устройство очистных сооружений, постепенность и очередность в присоединении владений к канализации и ряд других моментов является по мотивам вышесказанному в такой же мере сферой компетенции санитарной, как технической.

Нам бы хотелось еще коснуться двух крупных санитарно-технических работ—это планировки и застройки и жилищного строительства. И та и другая задачи становятся для наших современных городов не менее актуальными, чем перечисленные нами элементы благоустройства. Планировка и застройка представляют собою комплекс вопросов, из которых каждый может при правильном решении дать нам громадные санитарные блага, при неправильном нанести нам и грядущим поколениям величайший ущерб. Вопросы предельного числа населения в данном городе, границы его земельного фонда и связанной с этим плотности населения решаются не только с точки зрения социально-экономического прогноза для данного города, не только с точки зрения его технических возможностей, но, и это в первую очередь, с точки зрения санитарных интересов его населения. Направление, ширина и уклон улиц, размер и конфигурация площадей, высота и плотность застроек, система, количество и распределение зеленой площади города, зональное распределение территории города по своему назначению, взаимоотношения жилищных и промышленных районов и др.— все это вопросы снабжения жителей солнечным светом, чистым воздухом, зеленью, т. е. вопросы жизни, вопросы здоровья суших и грядущих поколений.

И в деле жилищного строительства представитель санитарного надзора ведет непрерывную суровую борьбу за свет, воздух и зелень для обитателей будущих домов. участвуя в решении вопросов о выборе участка для жилищного строительства, намечая ту или иную очередность при выработке и программы жилищного строительства (годовой, пятилетний и т. д.), при решении вопроса о типе жилищного строительства, при порою очень трудном выборе между интенсивной многоквартирной и поселковой застройкой. Когда приходится взвешивать и экономические и санитарные соображения, участвуя в разрешении того или иного плана будущего жилища, изучая применение новых строительных материалов и новых технических приемов жилищного строительства, вместе с представителями технического надзора участвуя в технической приемке дома,— во всех этих стадиях и операциях жилищного строительства представитель санитарного надзора опирается на результаты своих исследований, на собираемые и разрабатываемые им материалы жилищно-статистического и жилищно-санитарного свойства и, оперируя ими, проводит во всех необходимых инстанциях идеи, осуществление которых должно обеспечить будущим обитателям новых домов максимум солнца, чистого воздуха, зелени и др. санитарных благ, должно им облегчить задачу наиболее рационального использования, наиболее санитарного содержания.

Задача санитарного надзора по отношению ко всем упомянутым нами санитарно-техническим работам не исчерпывается обслуживанием их только в период проектирования и устройства, но простирается далее на все время эксплуатации соответствующих зданий. В порядке непосредственной преемственности санитарный надзор продолжает вести работу, начатую еще в предварительный период до проектирования, вел ее через все фазы проектирования и строительства и заканчивает текущим надзором за эксплуатацией соответствующих сооружений.

При проведении всех этих задач санитарный надзор становится часто перед необходимостью поставить изучение того или иного вопроса, проводить научно-исследовательские работы, которые вытекают в порядке его практической деятельности. Исследования осуществляются санитарным надзором при содействии научных институтов и других специальных органов (работы гидрогеологические), статистические, лабораторного характера и пр.).

Таким образом, мы видим, что при проектировании любого санитарно-технического сооружения или работы санитарный надзор заинтересован во всех стадиях и фазах развития этой работы. Нам остается еще остановиться на вопросе об условиях, осуществление которых необходимо для того, чтобы санитарный надзор с честью мог выполнить эти задачи. Прежде всего нужно подготовить кадр соответствующих специалистов санитарных врачей, которые, работая специально по вопросам санитарной техники, имели бы возможность углубленно на практике изучать санитарную технику. На цитированном уже нами 4-м Водопроводном Съезде д-р П. П. Дюнтронтов по затронутому нами вопросу высказался так: «В водопроводном деле нужна, конечно, специализация, по ведь специальности прежде всего создаются спросом: будет спрос, будут и специалисты-санитары, подобно тому, как есть специалисты-техники». Прошедшие после этих слов 28 лет были, очевидно, достаточно неблагоприятны для культивирования спроса на такого рода специалистов. Условия советской действительности радикально иные и в этих условиях радикально изменилась роль санитарного врача и его задачи. Спрос наличен, и нет никакого сомнения, что ближайшие же годы дадут нам, если не полное, то хотя бы частичное его удовлетворение не только в деле водопроводном, но и в других отраслях городского благоустройства. Все более дифференцирующаяся деятельность санитарного надзора в связи с изложенными задачами ставит перед последним необходимость соответствующего организационного строительства своего аппарата как в центре, так и на местах.

В качестве кого должен выступать представитель санитарного надзора в своем сотрудничестве с представителями технической компетенции? Должен ли он оставаться только консультантом, контролером, безответственным за решение дела, или вместе с техниками он должен делить всю сумму ответственности за проектированное санитарно-техническое сооружение? И в этом вопросе мы с удовлетворением рады цитировать д-ра П. П. Дюнтронтова из вышеупомянутого доклада: «Важно, чтобы такой санитар не был только безответным контролером, важно, чтобы он принимал активное участие в самой организации дела, был ответственным лицом, работал с сознанием, что те результаты его работы и выводы, которые будут одобрены теорией и практикой, найдут себе применение в деле, которому он себя посвящает». К этим прекрасным словам мы можем только присоединиться, полагая, что только тесное на основе сознания совместной ответственности сотрудничество санитарного инженера и санитарного врача поможет обеспечить наши обездоленные города и населенные пункты такими санитарно-техническими сооружениями, которые будут содействовать оздоровлению народа, подъему его санитарной культуры.

В заключение мы предлагаем Съезду принять следующие положения:

1. Признать, что всякая санитарно-техническая работа, всякий проект санитарно-технических сооружений или установки затрагивает существенные санитарные интересы населения и имеет крупнейшее значение для санитарного состояния города и населенного пункта.

2. Признать, поэтому, необходимым и ходатайствовать перед правительством об издании соответствующего закона, который бы специально формулировал права и обязанности санитарного надзора в деле проектирования санитарно-технических работ.

3. Этот закон должен обеспечить санитарному надзору полную возможность влияния на проект или работу во всех стадиях ее развития от подготовительных работ до приемки отстроенных сооружений или работ.

4. В частности, закон должен определенным образом формулировать как функции саннадзора, участие его в разработке заданий для проектов в выборе участка под строительство или сооружение, в разработке программы и финансового плана, в осуществлении санитарно-технических работ в рассмотрении и даче заключений по планам и типам проектов, в надзоре за выполнением сооружения или работы в процессе производства и, наконец, в приемке законченной работы или сооружения. На всех планах и других документах, отмечающих характер и развитие работы или сооружений, наравне с подписями хозяйственников и технических деятелей, должна быть также и подпись представителя саннадзора.

По докладу Съездом вынесено постановление:

Считая, что рациональное разрешение вопросов по санитарно-техническому оздоровлению населенных мест может быть обеспечено только при совместной дружной работе санитарных инженеров и санитарных врачей.— поручить Постоянному Бюро при участии местных групп проработать на основе вышеприведенного положения вышеуказанные докладчиком тезисы и внести их на обсуждение ближайшего пленума Постоянного Бюро.

Доклад сан. вр. В. М. ПРИВАЛОВА.

ОБЩАЯ ПРОГРАММА ОБСЛЕДОВАНИЯ ГОРОДОВ В ЦЕЛЯХ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО БЛАГОУСТРОЙСТВА

(Доложен в общед. засед. водопров. и канализац. секции 13-го мая 1927 г.)

Председательствовал инж. *Л. Н. Дуаевский.*

По докладу санитарного врача М. А. Невядомского «Об единообразном методе обследования населенных мест» 13 (1-й) Водопроводный и Санитарно-Технический съезд постановил принять предложенную д-ром Невядомским программу как материал и поручил Постоянному Бюро разработать общую программу обследования городов и селений и ряд специальных программ в связи с производством и проектированием тех или иных санитарно-технических работ. В данном случае вниманию Съезда предлагается «Общая Программа» обследования городов в целях их санитарно-технического благоустройства», разработанная Санитарной Комиссией при Постоянном Бюро.

Предлагаемая Программа имеет задачей дать единообразную форму для обследования и описания городов с тем, чтобы получить, таким образом, материал, достаточно полно характеризующий санитарное состояние того или иного города, и выявить те нужды, которые он имеет в отношении санитарно-технического благоустройства. Кроме того, в настоящее время имеет существенное значение следующее обстоятельство: весьма многие города поднимают вопросы о производстве тех или иных санитарно-технических работ, все они являются претендентами на кредиты Коммунального Банка или на особые ассигнования правительства. Нужен какой-то объективный материал, на основании которого планирующие органы могли бы достаточно обоснованно и объективно устанавливать очередность в отношении городов и в отношении отдельных работ в том или ином городе.

Программа не может дать материал для проектирования, по мы рассчитываем, что на основании ее можно получить материал, доказывающий необходимость устройства, переустройства или расширения того или иного сооружения, которое в дальнейшем должно проектироваться по особой программе. Мы полагаем, что в дальнейшем в распоряжение мест должен быть дан особый сборник программ, который мог бы служить исчерпывающим руководящим материалом как для постановки в порядок дня тех или иных работ, так и для производства их.

Настоящая Программа не ставит своей задачей накопление материалов по многим городам в целях их статистической разработки, так как для этой цели нужна была бы не «Программа», а «Карта».

При разработке настоящей Программы в качестве исходного материала была взята вышеупомянутая «Программа санитарного врача Невядомского» и однородная «Программа», доложенная инженером Журавлевым на IX Съезде бактериологов, эпидемиологов и санитарных врачей. Первоначально предполагалось разработать одну программу для населенных мест, включая сюда города и селения, но в процессе работы определилась такая разница круга вопросов, подлежащих освещению, в отношении тех и других, что было решено разработать две программы, что согласуется с постановлением Съезда.

В разработке «Программы» принимали участие санитарный врач Брагш, инженер Журавлев, санитарный врач Невядомский и санитарный врач Привалов.

В последующем согласовании «Программы» принимали участие: инженеры П. П. Гущин, Я. Я. Звягинский, А. П. Иванецкий, А. В. Никитин.

ОБЩАЯ ПРОГРАММА

Обследования городов в целях их санитарно-технического благоустройства

А. Общие сведения

1. Название города и административное положение его (столица республики или автономной области, губернский, уездный и т. п.): какой республики, губернии (или области), уезда (или округа).

2. Географическое положение: долгота, широта.

3. Какая железная дорога (или дороги) проходят через город или вблизи его. Не представляет ли город собою железнодорожного узла. Расстояние от ближайшей станции железной дороги (или пристани) и какой именно. Сообщение с ними: мостовая, шоссе, проселочная дорога и т. п.. Имеются ли шоссевые дороги и к каким городам они идут.

4. Не расположен ли город у реки, моря, озера и какого именно.

5. Местонахождение ближайших населенных мест от города, расстояние до них и отношение их к городу: местожительство извозчиков, рабочих дачников, поставщики в город овощей, молока и т. п.

6. Данные из истории города и края, могущие иметь значение для расширения его или устройства санитарно-технических сооружений.

Б. Экономическое положение города

1. Бюджет города в настоящее время, а также за предыдущие в том числе довоенные годы. Из каких основных статей дохода и расхода он составляется. Расходы на коммунальные и санитарные нужды города. Имеются ли у города свои предприятия и какие и являются ли они доходными для него.

2. Каково состояние города в торговом и промышленном отношении. Имеются ли тенденции роста или упадка торговли и промышленности. Каковы перспективы города в этом отношении.

3. Общие сведения по экономике края: преимущественно сельскохозяйственный, промышленный, промысловый и т. п. край.

В. Характер местоположения города и его окрестностей

1. К л и м а т. 1. Температура: средняя, зимняя, летняя. Максимумы и минимумы летом и зимой.

2. Количество осадков в год и по временам года: зимой, весной, летом и осенью. Максимумы и минимумы по временам года. Бывают ли ливни, как часто и какой продолжительности. Указать максимум осадка в течение одного ливня и максимум продолжительности. Какова средняя относительная влажность годовая и по временам года. Какова облачность по временам года.

3. Как часто бывают ветры, какой продолжительности и какой силы. Каково преобладающее направление их.

II. Т о п о г р а ф и я м е с т н о с т и. 1. Возвышенная, низменная, ровная, холмистая, овражистая и т. п. Месторасположение города: на возвышенности, в низменности, в ложбине, на склоне (и направление его по странам света) и т. п.

2. Высшая и низшая точки в городе, а также в прилегающей местности над уровнем моря и над уровнем прилегающей реки или озера. Дать горизонтальный и вертикальный план местности.

III. Р а с т и т е л ь н о с т ь. 1. Лесистая или степная местность вообще. Если лесистая, то какая растительность преобладает: хвойная или лиственная или смешанная; естественного происхождения или искусственного насаждения.

2. Имеются ли насаждения (древесные) в городе в отдельных владениях и общественного пользования и какие именно: сады, скверы, парки, бульвары и т. п. Какова площадь тех и других в абсолютных цифрах и в проценте ко всей площади города.

3. Растительность вокруг города: леса, парки, огороды, пашни. На чьей земле расположены: городской, крестьянской и т. п. Какова площадь собственно древесных насаждений, их близость к городу и отношение по странам света.

IV. П о ч в а. Почва на территории города и прилегающей местности: песчаная, глинистая, суглинистая, супесчаная, известковая, черноземная, торфянистая, каменистая и т. п. Глубина промерзания почвы зимой, средняя и максимальная. Не имеется ли в городе или в прилегающей местности болот и заболоченных мест. Какой площади и какого происхождения.

V. Г е о л о г и я. Геологическое строение почвы данной местности по искусственным (канавы, буровые скважины и т. п.) и естественным (обрывы, промоины и т. п.) обнажениям, а также по литературным источникам и картам. При отсутствии указанных обозначений желательно производство шурфования или бурения в разных частях города и его окрестностях и составление карт.

VI. Г и д р о г е о л о г и я. Гидрогеологическое строение почвы: высота стояния грунтовых вод по временам года, не имеют ли они связи с ближайшим водоемом (подпор воды). Не имеется ли ключей в городе, где они находятся и какой мощности. Не происходит ли затопливание подвалов и погребов, в каких районах и при каких условиях (таяние снегов, ливни и т. п.). Химико-бактериологический состав грунтовых вод в колодцах. Глубина залегания более глубоких водоносных горизонтов. Степень защищенности их от проникновения в них поверхностных вод. Мощность этих водоносных горизонтов, химико-бактериологический состав воды в них.

VII. В о д о е м ы. 1. Какие водоемы имеются в городе и в прилегающей местности: река, озеро, море и их название. Близость их к городу: расположены ли в самом городе и каким образом: в центре, на окраине, делит город на две части или прилегают к нему и на каком протяжении, с какой стороны по странам света (необходим чертеж расположения водоема по отношению к городу) или вовсе не прилегают, а находятся на некотором и каком именно расстоянии. Способы сообщения с ними.

Море: глубина его вблизи города, характер берегов, дна. Частота и сила прибой. Имеется ли бухта или мол. Направление течений.

Озеро: размеры его по площади и окружности; наибольший и наименьший радиусы его и отношение того и другого к городу. Форма озера, характер берегов, дна; глубина его в разных местах. Имеются ли притоки и истоки из озера и насколько крупные.

Река: где истоки реки и куда она впадает. Ширина ее в разных местах, глубина, скорость течения, характер русла и его изменчивость, характер берегов, дна и т. п. Суточный расход воды в реке выше города и ниже его в межень и во время весеннего паводка. Не замечается ли обмеления реки. Размеры весеннего паводка вообще и в частности в отношении заливаемой площади вблизи города: не захватывает ли он застроенные кварталы, не оставляет ли после себя болот, бочагов и т. п. Продолжительность весеннего паводка. Не бывает ли паводков помимо весеннего, например: после дождей и т. п.

Не имеется ли в городе других, более мелких водоемов: речек, ручьев, прудов. Дать их характеристику, придерживаясь круга вопросов о реке или озере.

2. Характер и состав воды в водоемах на основании годичного биологического, бактериологического и физико-химического обследования их (выше и ниже города и в других пунктах, в зависимости от местных условий). Производилось ли раньше обследование водоемов и имеются ли какие-нибудь материалы по этому поводу. Имеется ли

рыба в данных водоемах, какие виды ее, имеет ли место рыболовство. Если же теперь рыбы нет, была ли она раньше и отчего перевелась.

3. Если в городе происходит загрязнение водоемов, указать его и источники: спуск грязных вод (фекальных, бапных, промышленных и т. п.), городские водостоки, свалки, стойбища скота, мочка льна, конопля, стирка белья и т. п. Если имеются спуски грязных вод, указать подробно какие именно, в каком количестве и в какое время по отношению к городу.

4. Имеет ли место непосредственное пользование водой из водоемов населением, каким способом (водоносы, водовозы, насосы) и для каких целей: для питья, хозяйственных надобностей, водопоя скота, промышленных целей и т. п. В каком размере оно имеет место. Пользуются ли водоемами для купания, катанья на лодках, стирки белья и т. п. Имеются ли купальни, плотомойни и т. п. Имеются ли какие-нибудь гидротехнические сооружения: набережные, запруды, плотины, шлюзы, мосты, для какой цели устроены, как давно. Размеры их, характер устройства и состояние. В каком месте по отношению к городу они устроены и как влияют на водоем.

Имеется ли судоходство и размеры его. Имеются ли пристани, порт и где расположены. Происходит ли гонка и причал плотов.

5. Близость к городу других населенных пунктов, расположенных на данном водоеме (море, озеро, река). В отношении реки указать, какие населенные пункты расположены на ней выше и ниже города на расстоянии 20—50 км.

Г. Водоснабжение

1. Какова система водоснабжения в данном населенном месте: имеется ли центральный, обще-городской или районные водопроводы, групповые водопроводы или индивидуальное водоснабжение при помощи колодцев, водовозов, водоносов и т. п.

2. Если имеется водопровод: откуда берется вода, имеются ли очистные сооружения и какие, описать подробно их с указанием их пропускной способности, очистительного эффекта и состояния в настоящее время. Если источником водоснабжения являются артезианские скважины, дать их описание. Какова длина сети, каков напор воды. Проведен ли водопровод в дома и квартиры или водопользование производится из водоразборных кранов, будок, или имеет место то и другое. Сколько домов присоединено к водопроводу и с каким числом жителей. Какой % они составляют по отношению к общему числу домов и к общему числу жителей. Пределная мощность водопровода и каков фактический расход воды в среднем в сутки. Оборудование и мощность насосной станции для водопровода, ее состояние. Имеются ли напорные башни и указать емкость резервуаров в них. Где производится забор воды для водопровода в отношении города. Дать его санитарную характеристику. Имеется ли охранная зона источников водоснабжения когда и как организована. Химико-бактериологический состав воды по ряду повторных анализов. Имеются ли планы и предположения переустройства и расширения водопровода. Какая плата взимается за воду из водопровода и какова себестоимость ее. Если имеет место пользование электро-энергией, указать тариф.

3. Если имеются групповые водопроводы: в больницах, на фабриках и фабричных поселках и т. п., описать их, с указанием источника водоснабжения, очистных сооружений, длины сети, числа присоединенных домов и числа водоразборных кранов, расхода воды, числа жителей или обслуживаемого, состав воды и т. п.

4. Если имеет место индивидуальное водоснабжение. Каковы источники его: артезианские скважины, колодцы, родники, озеро, река, пруд, и т. п. Имеются ли колодцы общественные или частного владения, система их: срубовые, трубчатые, каменные и т. п., с насосами или с ведрами, глубина их и т. п. Если вода достается из реки, озера или родника — указать каким образом: водовозами или водоносами. Где производится забор воды в них и каково санитарное состояние окружающей местности. Какое число жителей пользуется таким водоснабжением. Дать химико-бактериологический состав воды источников данного водопользования по ряду повторных анализов.

Собрать по возможности данные о расходе воды на 1 человека в сутки при наличии такого индивидуального водоснабжения.

Д. Удаление нечистот и твердых отбросов.

1. Какова система удаления нечистот из города: канализационная вывозная или смешанная.

2. Если имеется канализация, какая: раздельная или общесплавная длина сети ее, число канализационных владений и с каким числом жителей. Какой % они составляют по отношению к общему числу владений и общему числу жителей.

Куда отводятся сточные воды (имеется ли насосная станция) в каком количестве, как очищаются (отстойники, биофильтры, поля орошения и т. п. — описать подробно), и куда спускаются. Дать анализы сточных вод до очистки и после таковой перед спуском в водоем.

3. Не происходит ли пользование городскими водостоками для спуска и сплава нечистот, в каком размере и каким образом, с местной очисткой или без всякой очистки вод.

4. Не имеется ли местных канализаций: в больницах, на фабриках и фабричных поселках, в учреждениях и т. п. Указать: длину сети, число присоединенных домов, число обслуживаемого ими населения и количество удаляемой сточной жидкости. Производится ли очистка сточных вод, на каких сооружениях и насколько удовлетворительно. Куда спускаются сточные воды.

5. Если нет канализации (или в районах неканализованных), каковы домовые устройства для сбора и хранения нечистот: простые отхожие места с выгребными ямами, люфт-клозеты, клозеты с переносными приемниками и т. д.

Имеет ли место пользование поглощающими колодцами, насколько широко.

6. Имеется ли ассенизационный обоз, на сколько единиц (бочки) частный, муниципальный. Какого типа бочки в ассенизационном обозе. Сколько везде нечистот в течение года вывозятся всеми ассенизаторами. Не имеется ли сливных пунктов или станций.

Куда вывозятся нечистоты: на свалки, поля ассенизации, огороды сливные станции. Если имеются свалки и поля ассенизации, указать, на каком расстоянии от границы города и от застроенных кварталов они расположены, какова их площадь, как они устроены, как эксплуатируются. Не причиняют ли они неприятностей ближайшему населению.

7. Имеются ли во владениях мусорные ящики для сбора и хранения мусора. Каким образом производится вывоз твердых отбросов (мусора). Какое количество их вывозится в год. Не происходит ли накопление в городе невывезенного мусора. Не происходит ли закапывание его. Где производится обезвреживание мусора: свалка, земельные участки для обезвреживания отбросов, мусоросжигательные печи.

Е. Общее благоустройство города.

1. Планировка. 1. Площадь города в гектарах и кв. километрах с указанием наименьшего и наибольшего диаметров в отношении селитебной площади и всех земель, принадлежащих ему в пределах городской черты.

2. Планировка города: прямоугольная, радиальная, смешанная. Общий характер улиц и переулков: узкие, широкие, прямые, кривые. Особо дать те же сведения об улицах с наибольшим движением грузовым, легковым и пешеходным. Площади и их назначение. Направление главных улиц по странам света. Имеются ли, выявленные, центр и районы города и их характер.

3. Имеется ли план существующего города и разработанный план его развития. Имеется ли нивелирный план города. Если имеются, приложить их.

4. Имеются ли в городе памятники старины (здания, владения и т. п.) а так же архитектурные памятники, подлежащие охране.

II. Внешнее благоустройство. 1. Замошение улиц, характер его (булыжное, асфальтовое, известняковый камень и т. п.), площадь замощенных улиц и незамощенных в гектарах и в %. Имеются ли тротуары, по всем ли улицам, или нет, характер их, % улиц, не имеющих тротуаров. Имеются ли уличные насаждения. Имеется ли уличное

освещение, какое и в каком размере. Чем и насколько удовлетворительно производится очистка улиц и площадей от навоза, снега, грязи и т. п.

2. Как удаляются поверхностные воды — талые, дождевые. Имеются ли городские водостоки (подземные), их устройство, длина сети, по каким улицам проложены трубы, куда отводятся воды. Имеются ли уличные кюветы, их состояние и длина сети. Имеется ли дренаж, в какой местности и на каком протяжении. Не имеются ли речки, заключенные в трубы. Не наблюдается ли застоя поверхностных вод, его размеры и продолжительность.

3. Средства сообщения в городе. Имеются трамвай или конка, автобусы и т. п. Какие имеются пригородные пути сообщения.

III. Застройка и жилищное строительство. 1. Площадь застроенных кварталов, площадей, улиц и проездов, парков, бульваров, кладбищ, рынков и т. п. в гектарах и в процентном друг к другу отношении.

2. Число владений, средняя площадь их (с указанием наименьшей и наибольшей) и характер застройки: открытая, закрытая. Глубина владения. Плотность застройки по районам.

3. Число жилых домов и квартир. Общая жилая площадь. Тип строения вообще и по районам города: каменные, деревянные, смешанные (% тех и других), одно-двух-много-этажные, одно-много-квартирные (в % отношении). Выделены ли районы города для огнестойкой застройки. Дать описание преобладающего типа жилого дома и квартиры. Состояние жилых строений, число и % разрушенных и нуждающихся в капитальном ремонте. Динамика и характер жилищного строительства: муниципального, кооперативного, промышленного и частного.

IV. Общественные здания и учреждения. 1. Какие в городе имеются крупные общественные и государственные здания и учреждения и где расположены: лечебные заведения, больницы, правительственные и др. учреждения (казармы, вокзалы, тюрьмы, почтовые дома и т. п.). Характер зданий, населенность временная (сколько часов в день) и постоянная посещаемость их. Как обстоит в них дело с водоснабжением, удалением нечистот и др. отходов (дать перечень и характеристику по указанным вопросам в виде таблицы).

2. Имеются ли бани и прачечные общественного пользования. Имеются ли бани частного пользования. Их количество и пропускная способность. Откуда пользуются водой и куда удаляют грязные воды. Расход воды. Не имеется ли дезинфекционных станций при общественных банях и прачечных.

3. Имеются ли в городе специально отведенные или устроенные т о рынки, базары, ярмарки, их месторасположение, площадь и устройство (крытые рынки, замощение их и т. п.). Как велики скопления народа в них. Имеет ли место крестьянский привоз и как он велик. Как производится уборка и удаление мусора, навоза и отходов с рынков.

4. Имеются ли общественные уборные и писсуары. Сколько их, где и как они устроены и на какую пропускную способность рассчитаны.

5. Имеются ли в городе бойни. Их месторасположение. Размеры убоя, который на них производится (указать количество голов крупного и мелкого скота и свиней в год). Имеются ли скотопригонные дворы, холодильники. Имеются ли побочные предприятия: кишечный завод, утилизационный и т. п. Откуда пользуются водой бойни, в каком количестве, куда удаляют грязную воду. Имеются ли очистные сооружения для грязных вод. Как и куда удаляются твердые отходы.

6. Сколько кладбищ в населенном месте, какой давности, их площадь, месторасположение и почвенные условия. Имеются ли могильники для животных и их расположение.

V. Торгово-промышленные предприятия. 1. Сколько промышленных предприятий имеется в городе и каких (текстильных, кожевенных, химических и т. п.) и где они расположены. Дать характеристику каждого из них с указанием характера и производства, занимаемой территории и числа рабочих. Как обстоит на них дело с водоснабжением и, если имеют свой источник водоснабжения, указать какой и дать анализ воды. Как обстоит

на них дело с удалением отбросов производства, нечистот и отработанных производственных вод, будет, таковые имеются. Имеются ли очистные сооружения, какие и как они работают. Все ли воды очищаются. Имеются ли жилые дома при фабриках и какого типа, казармы или одно-двух-квартирные (коттеджи), их населенность и санитарно-техническое оборудование: водопровод, канализация. Не оказывает ли влияния на прилегающие части города дым, газы, пыль и т. п. от фабрично-заводских предприятий. Не наблюдается ли вообще антисанитарного влияния их на город.

2. Имеются ли в городе кустарные промыслы, какие и насколько развиты.

3. Не имеется ли крупных торговых предприятий, антисанитарно влияющих на прилегающую местность.

Ж. Н а с е л е н и е.

1. Число жителей в городе в настоящее время. Привести данные последних переписей. Наблюдается ли рост населения за последнее 30—40 лет. Привести имеющиеся статистические данные о приросте городского населения, по возможности механическом и естественном. Пронесходит прирост населения по всему городу равномерно или более усиленно пронесходит он в отдельных районах его и каких именно.

Плотность населения, общая в городе и по отдельным районам. Привести данные о смертности и рождаемости по возможности за 20—30—40 лет. Какие перспективы роста населения имеются на будущее. Имеются ли помимо постоянного населения большие массы приехавшего населения и какое время года (сезонные рабочие и т. п.). Социальный состав населения и преимущественные занятия его. Имеются ли местные промыслы и какое число населения ими занимается.

2. Собрать и привести данные по годам о болезненности населения брюшным тифом, дизентерией, холерой и др. кишечными заболеваниями; туберкулезом, малярией, а так же привести данные о смертности населения от этих заболеваний и общей смертности. Наблюдались ли в городе значительные вспышки желудочно-кишечных эпидемий, как часто и насколько продолжительны они бывали. Сведения желательнее собрать за последние 20—30—40 лет. Не имеется ли данных, выявляющих особое неблагоприятное того или другого района города в отношении болезненности и смертности населения.

3. Дополнительные сведения и особые замечания.

II. В ы в о д ы и з а к л ю ч е н и е.

По докладу Съездом вынесено постановление:

1) Программу принять как форму первоначального и единообразного общего обследования и описания городов, необходимого при постановке вопроса о их санитарном благоустройстве;

2) Поручить Постоянному Бюро данную программу согласовать с программами по проектированию водопровода, канализации и планировки городов и издать один общий сборник программ.

Доклад д-ра А. Н. МАРЗЕЕВА.

САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ УКРАИНЫ

(Доложен на пленуме Съезда 8 мая 1927 г.)

Председательствовал проф. В. Е. Тимонов.

1) Основной показатель санитарного состояния страны — естественное движение населения на Украине за последние годы выражается в следующих цифрах на 1000 человек:

	1913 г.	1923 г.	1924 г.	1925 г.
Рождаемость	43,0	34,0	41,8	41,4
Смертность	24,5	16,4	17,6	18,7
Прирост	18,5	17,6	24,2	22,7

Наиболее важный санитарный показатель — общая смертность населения значительно упала по сравнению с довоенным временем, ниже на Украине, чем в РСФСР (23,1 в 1923 г.; 23,7 в 1924 г.), но с другой стороны далеко превосходит смертность в других культурных странах мира (9—14 на 1.000), имеет неустойчивый характер и даже тенденцию к повышению.

Все это говорит о мало удовлетворительном санитарном состоянии Украинской Республики, как и всего Союза, и указывает на необходимость широких и радикальных оздоровительных мероприятий.

2) Эпидемическая заболеваемость на Украине по сравнению с довоенным временем резко понизилась в отношении паразитарных тифов, кишечных инфекций, дифтерита и оспы; за исключением оспы падение эпидемической заболеваемости указанными инфекциями нельзя признать стабильным.

Прочие детские инфекции (скарлатина, корь, коклюш) после временного падения вновь достигли довоенного уровня. Заболеваемость малярией выше, чем до войны.

Сравнение нашей эпидемичности с таковой же на Западе говорит о неблагоприятности Союза и Украины по паразитарным тифам, кишечным инфекциям и малярии.

3) Паразитарные тифы до революции 1917 года держались на определенной весьма значительной высоте (сыпной тиф 4—20 : 10000) и не имели тенденции к снижению. После колоссальной их пандемии в 1919—22 г. они за последние 4 года все время снижаются, как в Союзе, так и на Украине (в 1926 году на Украине заболеваемость сыпным тифом была равна 2,7 : 10.000, а возвратным тифом 0,5). Большинство стран Европы совершенно свободны от этих тифов.

4) Кишечные эпидемии до революции не снижались, падение их у нас началось лишь с 1923/24 года (брюшной тиф 30—65 : 10000 в 1900—1915 г.; 8,4 : 10000 в 1926 г.).

5) Огромная волна малярии (318 : 10000 в 1924 г.) начинает спадать и приближается к довоенному уровню:

В 1914 г.	142 на 10.000
„ 1926 „	162 „ 10.000

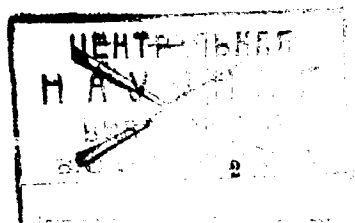
6) Указанное выше падение эпидемической заболеваемости по ряду инфекций объясняется рядом факторов, в том числе временным иммунитетом населения, полученным в результате пандемий (сыпной тиф), цикличностью эпидемий (дифтерия), противоэпидемическими мероприятиями органов здравоохранения (оспопрививание — при оспе, химиозация — при малярии, прививки, санназор, госпитализация при брюшном тифе). В основе этого падения эпидемичности не лежат и это падение не закрепляют оздоровительные санитарно-технические мероприятия. Это положение подтверждается ростом детских эпидемий и их преимущественным распространением в городах (в 1925/26 г. на Украине скарлатины было 75 : 10000 населения, а на селе — 24,6), что стоит в прямой связи с тяжелым жилищным кризисом и неблагоустройством наших городов. Этим же объясняется нарастание у нас туберкулеза в то время, как он падает в большинстве стран Европы и Америки.

7) В основе санитарного неблагоприятия Украины и в частности высокой заболеваемости кишечными инфекциями лежит совершенно неудовлетворительное в количественном и качественном отношении водоснабжение. Водопроводное дело в городах Украины развито весьма слабо и выражается в наличии всего лишь 35 городских водопроводов.

Но и существующие городские водопроводы имеют ряд крупных недостатков:

а) слабо развитую сеть и незначительный процент домовых присоединений;

	%
Сталино	0,01
Винница, Черкассы	10,0
Артемовск	5,7
Харьков	31,2
Киев	31,6
Николаев	37,3
Днепропетровск	60,0
Одесса	97,5



б) малое количество подаваемой воды:
 менее 12 в сутки на человека — 16 водопроводов.

от 12 и до 25 л	— 11
„ 25 „ 60 „	— 7
свыше 60 л	— 7

в) неудовлетворительная в санитарном отношении вода вследствие плохой ее очистки в ряде водопроводов (Житомир, Винница, Запорожье);

г) дороговизна водопроводной воды (от 50 коп. до 2 руб. 50 коп. за 1230 л.

Промышленные районы Ураины, Донбасе и Криворожье, страдают от недостатка воды, плохого ее качества, крайнего недостатка водопроводных сооружений.

Сельское водоснабжение на Украине на основании произведенных санитарной организацией обследований характеризуется:

а) крайне неудовлетворительным санитарно-техническим оборудованием и содержанием шахтных колодцев (таковых на селе 84—87%);

б) недостаточным распространением трубчатых колодцев (1%).

в) трудностью получения воды и водяным голодом в южной степной части Украины.

г) весьма высокой минерализацией воды в сельских колодцах (41,6% их имеют жесткость свыше 20 немецких градусов 8—12% свыше 40°);

д) крайне сильным органическим загрязнением (42—58% колодцев содержит в вод. азотистую кислоту; в 72—75% свыше 1000 колоний в 1 куб. с.; в 40—65% титр кишечн. палочки менее 1,0).

8) Канализационное дело на Украине крайне слабо развито. Канализация имеется лишь в 4 городах Украины: Одессе, Харькове, Киеве и Днепропетровске. Строится канализация в Полтаве. Канализации нет ни в Донбасе, ни в таких крупных и промышленных городах как Николаев и Запорожье.

Имеющиеся 4 канализации содержат ряд существенных дефектов:

а) слабо охватывают население (домовых присоединений в Днепропетровске 5,7%, в Киеве — 31%, Харькове — 30%);

б) без очистки спускается в реку (Днепр) большая часть сточных вод в Киеве и Днепропетровске.

9) Ассенизация населенных мест Украины в количественном отношении совершенно недостаточна, в качественном — примитивна, в экономическом — дорога и малодоступна для населения.

От 50 до 95% уборных в городах имеют поглощающие ямы.

В 59 обследованных городах с населением в общей сложности до 3 миллионов имеется лишь 818 ассенизационных бочек, что дает одну 40-ведерную бочку на 4.500 населения в окрестностях и 1 : 6000 в занятых.

Свалки находятся в крайне неудовлетворительном санитарном состоянии; всюду имеются незаконные свалки.

Коммунальный обоз для твердых отбросов имеется лишь в 10 городах.

Вывоз одной бочки нечистот в среднем обходится от 2 до 5 рублей.

Общественных уборных в городах или нет (в 13), или их недостаточно (в 56 городах — 194 уборных).

Ассенизация в промышленных районах крайне неудовлетворительна.

В селах лишь около 1/4 хат имеют весьма примитивные уборные.

10) Банное дело в городах развито недостаточно. Из 41 окружного города коммунальные бани имеются лишь:

В 27 городах	33 бани
Ведомственных	40 „
Сданных в аренду	21 „
Всего	94 бани

Ряд городов не имеет бань.

В промышленных районах рабочее население обеспечено банями за счет предприятий относительно удовлетворительно.

В селах до последнего времени фактически бань не было.

11) Крайне остро стоит на Украине жилищный вопрос. В большинстве городов и во всех промышленных районах жилищный кризис достиг крайних пределов и выражается в следующих цифрах жилищной площади на 1 человека:

Одесса	17,02	кв. арш.
Киев	15,54	„ „
Днепропетровск	12,27	„ „
Харьков	12,07	„ „
Николаев	11,48	„ „
Полтава	11,28	„ „
Луганск	10,49	„ „
Запорожье	9,90	„ „
Артемовск	9,50	„ „
Кременчуг	9,30	„ „
Сталин	9,10	„ „
Винница	7,91	„ „
По Югостали	8,56	„ „
„ Донуэлю	8,13	„ „
„ Сахаротресту	5—8	„ „

Несмотря на новое жилищное строительство, обеспечение населения жилищной площадью продолжает падать как в городах, так и в рабочих районах.

Обследование сельских жилищ показало крайнюю скученность в них (9 кв. арш в среднем на 1 человека) и значительное ухудшение в санитарном отношении вновь строящихся сельских хат по сравнению с довоенным временем.

12) За последние 2—3 года на Украине можно отметить ряд существенных достижений в деле благоустройства населенных мест и проведения санитарно-технических мероприятий.

13) По линии водоснабжения имеется заметный прогресс в водопроводном деле: устроен новый водопровод в Артемовске, начинают строиться в Сталине, Кривом Роге, Святых горах, Лисичанске; разработан вопрос об устройстве водопроводов в Первомайске, Нежине, Коростене, Проскурове, Конотопе, Ромпах. Начинает строиться первый сельский водопровод в с. Сорочинцах.

По линии НКЗема отпускают средства на сельское водоснабжение в районах колхозно-земельного фонда.

НКЗдрав и ряд окружных Здравинспектур выдают дотации сельскому населению на улучшение водоснабжения.

14) Определенный сдвиг имеется в банном деле. Развивается банное строительство в городах коммунальными и при предприятиях — трестами.

Впервые по инициативе Наркомздрава и при его материальной поддержке началось довольно значительное банное строительство на селе.

В 1926 году Наркомздрав в виде дотации отпустил 22 округам 10.700 рублей на постройку 69 бань.

В текущем 1927 году Наркомздравом отпущено на постройку 60 бань — 20.000 руб.

По пятилетнему плану Наркомздрава предусмотрено с его дотацией построить в течение 5 лет 1040 сельских бань, отпустив на это дело до 1/2 миллиона рублей по госбюджету.

15) Быстро развивается жилищное строительство преимущественно в промышленных районах и крупных городах Украины.

За последние 4 года было построено:

Г о д	Площадь в квадр. саж.	%	Стоимость	%
1923 г.	5.368	2,19	2.274.000	2,22
1924 „	26.944	11,30	10.993.000	10,65
1925 „	73.618	31,30	27.715.000	26,90
1926 „	130.224	55,21	61.880.000	60,23
Итого	235.154	100,0	102.862.000	100,0

Промышленное	132.618 кв. саж. на	75.725.000 руб.
Коммунальное	26.307	12.069.000 ..
Кооперативное	16.182	7.000.000 ..
Частное	28.125	4.500.000 ..
Итого	202.232 кв. саж. на	99.294.000 руб.

16) Значительно способствуют на Украине развитию оздоровительных санитарно-технических мероприятий и правильному их проведению в жизнь введенные законом 3 сентября 1923 года санитарно-технические советы — Центральный, окружные, а ныне и районные. Эти Советы включают в себя санитарную и техническую компетенцию, объединяют и координируют деятельность органов Народного Комиссариата Здравоохранения и других ведомств и учреждений в деле выработки и проведения в жизнь санитарно-технических мероприятий.

За три года своего существования украинские сан.-тех. советы развили значительную деятельность, в значительной степени помогли поднятию благоустройства населенных мест, способствовали техническому и санитарному совершенству проводимых оздоровительных мероприятий.

17) В связи с запросами страны на санитарно-эпидемическую помощь и общим профилактическим характером советской медицины за все эти годы роста и крепла украинская организация, которая в настоящее время имеет в своем составе:

228 городских санитарных врачей, 173 — районных санврача, работающих на селе, и ряд научных (Сан.-Вак. Институты) и практических учреждений (лабораторий, маляристанций и т. п.).

В ы в о д ы :

1) В целях снижения высокой общей смертности, уменьшения эпидемической заболеваемости и доведения их до европейского уровня необходимо помимо медико-санитарных мер широкое проведение санитарно-технических оздоровительных мероприятий, имеющих своей задачей поднятие благоустройства населенных мест Республики.

2) Водопроводное дело на Украине требует дальнейшего расширения и качественного улучшения как в городах, так и в промышленных районах, особенно в Донбассе.

3) Необходимо обратить самое серьезное внимание на улучшение сельского водоснабжения путем санитарно-технического усовершенствования сельских шахтных колодцев, широкого распространения трубчатых колодцев, устройства, где это окажется возможным, сельских водопроводов, усиления санитарного надзора и лабораторного контроля.

В деле улучшения водоснабжения селянству должна оказываться санитарно-техническая помощь и материальная поддержка путем доступного кредита и дотаций.

4) Существующие канализации необходимо расширить, в Киеве и Днепрпетровске организовать очистку сточных вод, на ближайшие годы наметить план постройки канализаций в ряде крупных городов Украины (Николаев, Запорожье и др.).

5) Путем законодательного нормирования, санитарно-технических мер, затраты необходимых средств и санитарного надзора следует всемерно улучшить ассенизацию и ю городов и рабочих поселков как по линии рационального устройства и уборных и ассенизационных обозов, так и урегулирования свалок.

6) Бани на селе должны стать необходимой санитарно-технической установкой. В виду новизны этого дела на Украине насаждение бань на селе должно материально поддерживаться государством. К устройству сельских бань должны быть привлечены крестьянские общественные организации.

7) Масштаб жилищного строительства в перенаселенных городах и рабочих районах должен быть расширен с соответствующим увеличением отпуска на это дело денежных средств.

Важнейшей проблемой современности должно быть разрешение жилищной кризиса и доведение жилищной площади до санитарной нормы, вместе с тем неотложной зада-

чей ставится вопрос об улучшении сельских изб и хат в техническом и гигиеническом отношениях.

8) Основной курс советской политики на индустриализацию Союза в ближайшие же годы значительно усилит темп урбанизации страны, что в свою очередь требует широких мероприятий по радикальному благоустройству промышленных центров и созданию в них необходимых санитарно-технических установок.

Вурный рост промышленности без одновременного проведения санитарно-технических улучшений в области жилищ, водоснабжения и удаления нечистот создаст серьезную угрозу для здоровья трудящихся.

9) В связи с этим в полной увязке с планом развертывания промышленности должны быть теперь же по каждой республике разработаны необходимые мероприятия оздоровительного санитарно-технического характера для центров с нарастающей промышленностью.

10) Необходимо развитие как общесоюзного, так и республиканского санитарного законодательства, которое нормировало бы основные моменты городского и поселкового благоустройства и устанавливало бы обязательность в известных случаях тех или иных санитарно-технических установок.

11) Для объединения и координации деятельности различных ведомств в области разработки и проведения в жизнь санитарно-технических мероприятий необходимо во всех Республиках законодательным порядком создать авторитетные, компетентные междуведомственные комиссии по типу украинских санитарно-технических Советов.

По докладу съездом вынесено постановление:

1) В целях снижения высокой общей смертности, уменьшения эпидемической заболеваемости и доведения их до европейского уровня необходимо помимо медико-санитарных мер широкое проведение санитарно-технических оздоровительных мероприятий, имеющих своей задачей поднятие благоустройства населенных мест Республики.

2) Водопроводное дело на Украине требует дальнейшего расширения и качественного улучшения как в городах, так и в промышленных районах, особенно в Донбассе.

3) Необходимо обратить самое серьезное внимание на улучшение сельского водоснабжения путем санитарно-технического усовершенствования сельских шахтных колодцев, широкого распространения трубчатых колодцев, устройств, где это окажется возможным, сельских водопроводов, усиления санитарного надзора и лабораторного контроля.

В деле улучшения водоснабжения сельянству должны оказываться санитарно-техническая помощь и материальная поддержка путем доступного кредита и дотаций.

4) Существующие канализации необходимо расширить, в Киеве и Днепрпетровске организовать очистку сточных вод, на ближайшие годы наметить план постройки канализаций в ряде крупных городов; Украины, Запорожья и др.

5) Путем законодательного нормирования, санитарно-технических мер, затраты необходимых средств и санитарного надзора следует всемерно улучшить ассенизацию городов и рабочих поселков как по линии рационального устройства уборных и ассенизационных обозов, так и урегулирования свалок.

6) Ваня на селе должна стать необходимой санитарно-технической установкой. Ввиду важности этого дела, на Украине насаждение бань на селе должно материально поддерживаться государством. К устройству сельских бань должны быть привлечены крестьянские общественные организации.

7) Масштаб жилищного строительства в перенаселенных городах и рабочих районах должен быть расширен с соответствующим увеличением отпусков на это дело денежных средств.

Важнейшей проблемой современности должно быть разрешение жилищного кризиса и доведение жилищной площади до санитарной нормы; вместе с тем неотложной задачей ставится вопрос об улучшении сельских изб и хат в техническом и гигиеническом отно-

8) Основной курс советской политики на индустриализацию Союза в ближайшие же годы значительно усилит темп урбанизации страны, что в свою очередь потребует широких мероприятий по радикальному благоустройству промышленных центров и созданию в них необходимых санитарно-технических установок.

Бурный рост промышленности без одновременного проведения санитарно-технических улучшений в области жилищ, водоснабжения и удаления нечистот создаст серьезную угрозу для здоровья трудящихся.

9) В связи с этим с полной увязке с планом развертывания промышленности должны быть теперь же по каждой республике разработаны необходимые мероприятия оздоровительного санитарно-технического характера для центров с нарастающей промышленностью.

10) Необходимо развитие как общесоюзного, так и республиканского санитарного законодательства, которое нормировало бы основные моменты городского и поселкового благоустройства и устанавливало бы обязательность в известных случаях тех или иных санитарно-технических установок.

11) Для объединения и координации деятельности различных ведомств в области разработки и проведения в жизнь санитарно-технических мероприятий необходимо во всех Республиках законодательным порядком создать авторитетные, компетентные между ведомственными комиссия по типу украинские санитарно-технические Советов.

Доклад д-ра В. Н. ДЕМЬЯНЕНКО.

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И САМООЧИЩЕНИЯ РЕК УКРАИНЫ.

(Доложен в утреннем заседании секции 10 мая 1927 года).

Председательствовал инж. *Л. П. Дивисмицг*

Доклад к напечатанию не представлен.

Пр и м е р

Инж. *М. М. Порфирьев*, признавая крайне необходимой организацию на Украине исследования загрязнений естественных водоемов, считает для Съезда по возможности определить ведомство, за которым это дело должно быть фиксировано.

Проф. *Л. А. Шкорбатов* считает годичное изучение р. Сев. Донца вполне подтверждающим необходимость предлагаемой докладчиком организации; при выработке структуры последней должен быть использован опыт Харьковского Сан.-Бактер. Института.

По докладу Съездом вынесено **п о с т а н о в л е н и е**.

Ввиду того, что водоемы Украины не изучены с санитарной стороны, и равно не изучены источники их загрязнения, признать необходимым организацию систематического их учета.

Д о к л а д инж. Н. И. ФАЛЬКОВСКОГО

О НОРМАХ ОПЛАТЫ ТРУДА ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ.

(Доложен в секции по разным вопросам).

Доклад к напечатанию не представлен.

По докладу Съездом вынесено **п о с т а н о в л е н и е**:

Поручить Постолитному Бюро разработку норм оплаты труда по проектированию санитарно-технических сооружений, в первую очередь водопроводных и канализационных, исходя из их особенностей, степени сложности сооружения и разработанных проекти, его оригинальности, требуемой затраты труда и проч.

Доклад проф. П. А. ВЕЛИХОВА

ЖЕЛАТЕЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В НОРМАХ ЖЕЛЕЗО-БЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЙ.

(Доложен в объединенном заседании водопроводной и канализационной секции 10 мая 1927 г.).

Председательствовали проф. П. С. Белов и проф. Н. М. Ушков.

Доклад к напечатанию не представлен.

По докладу Съездом вынесено постановление:

Признать необходимым внести в нормы Госплана при их переиздании соответствующие указания на допускаемые напряжения в бетоне и железе при расчете резервуаров. При этом Съезд обращает внимание на чрезмерность размеров сечения как арматуры, так и бетона, предписываемую для стенок резервуаров нормами НКПС по сравнению с методами, общепризнанными за границей.

Доклад проф. Г. К. ДЕМЕНТЬЕВА.

УСЛОВИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЦЕМЕНТНО-БЕТОННЫХ ВОДОПРОВОДОВ В ГРУНТОВЫХ И МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОДАХ

(Доложен в объедин. засед. водопров. и канализац. секций 10 мая 1927 года).

Председательствовали проф. П. С. Белов и проф. Н. М. Ушков.

Представляя существенным образом соединения окиси кальция (CaO), кремния (SiO_2) и алюминия (Al_2O_3), портланд-цемент с легкостью разлагается водой, причем продукты этого разложения большей частью обеспечивают твердение раствора. Однако отношение их к воде таково, что достаточно большое ее количество может и растворить их (CaO) и превратить в студенистое состояние ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$). Итак, теоретически ясно (Байков), что портланд-цемент должен разрушаться при непрерывном соприкосновении каждой его частицы с простой водой. Если же последние содержит и некоторые другие вещества, реагирующие с портланд-цементом или с продуктами его гидротации так, что нарушают их первоначальную крепость, то эффект действия такой воды будет, конечно, усилен. Мы знаем, что портланд-цемент и продукты его гидротации превосходно растворимы в слабых кислотах, а следовательно, кислые воды с растворенной углекислотой (Ландриш) или гумумовыми кислотами (Комиссаров) будут еще более вредны, чем чистая вода. Хорошо известно также образование в процессе взаимодействия окиси кальция цемента с сульфатным ионом или их обоих с гидратом алюминия. (Канцло, Деваль), соединений с высоким объемом, деформирующее действие которых облегчает дальнейшее проникновение в толщу бетона минерализованных вод.

SO_4 -ион должен быть признан особенно вредным.

Вот основания, послужившие к возникновению мнения о полной непригодности бетона из портланд-цемента чуть ли не во всяких, а особенно в минерализованных грунтовых водах.

Но какова количественная ценность этих опасений? Нам хорошо известно, что наиболее устойчивые естественные каменные материалы разрушаются с течением времени ни чуть не хуже портланд-цемента, являющегося все-таки важнейшим строительным гидравлическим вяжущим веществом, т.е. таким, которое предназначено нести строительную службу именно под водой. В то же время всякая вода является в той или иной мере минерализованной. Отсюда вытекает необходимость количественного учета явлений и введения фактора времени устойчивости сооружений, которая все же вполне возможна хотя бы только на том основании, что реакция твердения цемента есть пре-

жде всего реакция поверхностная, идущая весьма медленно, что в равной мере обязательно и для противоположной реакции — разрушения.

Есть много средств защиты бетона из портланд-цемента от действия минерализованных вод, однако, экономическая сторона дела требует разрешения вопроса о том, когда и в какой мере их необходимо применять.

Пока я не коснусь чисто физических средств защиты, как изоляция бетона, дренаж и пр., ибо темой работы является попытка выяснения степени сопротивляемости портланд-цементного бетона прогрессивно действующей на него минерализованной воды, следовательно момент соприкосновения их, а не разъединения. Наиболее распространенная вода, с которой приходится встречаться гидротехническим сооружениям, это вода морская, активнейшим вредным началом которой является сульфатный ион, широко распространенный также и в большинстве грунтовых минерализованных вод. Действие же его сводится к образованию в твердом портланд-цементе сульфоалюмината кальция, разрывающего цемент. Но если бы сульфатный ион реагировал не с твердым веществом, получающимся в процессе гидратации, а с такими, которые находятся в жидкой фазе, то естественно, что увеличение объема, вызываемого образованием сульфоалюмината кальция не было бы связано с деформацией сооружения (Байков).

Таким именно свойством обладают продукты гидратации глиноземистого цемента ($2CaO, Al_2O_3, 7H_2O$); это дает возможность проф. Байкову высказать заключение, что глиноземистый цемент по самой своей природе не способен подвергаться действию сернокислых вод ¹⁾. Наблюдения, производимые над сооружениями из глиноземистого цемента в течение ряда лет, показали его хорошую устойчивость в морской воде. Однако за глиноземистым цементом нет столь длинного опыта, как за портланд-цементом, и устойчивость его сернокислой воде, повидному, не бесспорна, как это следует из работы Бурхардта (Z. № 5, 1927 г.), приведенного факт разрушения глиноземистого цемента водой состава:

SO_3	. . . . .	3610	мл. на 1 л
$CaCl$	. . . . .	1900	» » 1 »
$MgCl$	. . . . .	3660	» » 1 »
Cl	. . . . .	23720	» » 1 »

при устойчивости в ней портланд-цемента. Заметим, что эта вода менее концентрирована по содержанию SO_3 , чем та, которая разрушила участок водозода Баку—Шоллар, но лишь через 6 лет, в то время как в первом случае глиноземистый цемент устоял всего 4 недели.

Таким образом, к вопросу безусловного предпочтения глиноземистого цемента следует подходить с осторожностью.

Кроме того и производство глиноземистых цементов у нас является еще делом не столь близкого будущего.

Если бы образующийся в результате гидратации портланд-цемента $4CaO, Al_2O_3, 12H_2O$ и превращающийся под действием $CaSO_4$ в сульфоалюминат кальция разлагался бы до этого превращения, то не наблюдалось бы и связанных с его образованием деформацией бетона.

Это мыслимо при понижении концентрации $Ca(OH)_2$, растворенной во внутренней воде бетона, которая должна в этом случае восстанавливаться за счет разложения четырехкальциевого алюмината; понижение же концентрации извести с извлечением ее из раствора в осадок и достигается добавлением к цементу нецелланических веществ.

Последние обладают еще и способностью к набуханию, а следовательно, к уменьшению занятого водой пространства пор портланд-цемента и к удержанию в нем извести, выщелачивание которой считается причиной разрушения цемента.

¹⁾ Строительная Промышленность № 4, 1926 г.

Кроме того, надо иметь в виду, что добавка пушчолан понижает механические сопротивления цемента, так что добавляемое ее количество должно быть ограничено (Комиссаров). Тем не менее повсеместное почти распространение диатомовых земель (Брянская, Пензенская, Ульяновская, Вольская, Ахалцихская, Эриванская и пр.), залегающих иногда на месте существующих заводов портланд-цемента, позволяет легко делать надлежащий выбор добавки и сильно повлиять в сторону снижения цены продукта, чем и сделать его весьма доступным для гидротехнических работ.

Повышение абсолютного количества извести в бетоне портланд-цемента несомненно понизит относительное количество сернокислых солей в нем за тот же срок действия минерализованной воды, а следовательно удлинит и срок службы сооружения. Отсюда видно, что по мере увеличения содержания SO_3 в водах, необходимо применять более жирный бетон, что обеспечивает, кроме того, и большую его плотность.

Решение вопроса о том, нужны ли, какие и в какой степени меры защиты портланд-цемента от действия определенной минерализованной воды, зависит лишь от освещения количественной стороны вопроса, к разрешению которого, несмотря на крайне скудный и не точный опытный материал, я попытаюсь подойти, главным образом, с целью установления необходимости постановки количественных наблюдений над службой сооружений из портланд-цементного бетона в минерализованных водах.

Признавая, что необходимым и достаточным условием разрушения сооружения из портланд-цемента и балласта является постоянное соприкосновение частиц портланд-цемента и продуктов его гидротации с активными реагентами окружающих вод, а скорость разрушения должна быть прямо пропорциональна действующей по времени массе вредного начала и обратно пропорциональна степени твердения цемента, — необходимо изучить действие как органических, так и неорганических соединений, встречающихся в водах, как на скорость гидротации цементного раствора, так и на продукты его гидротации, дабы установить условия равновесия системы.

$$P + (H_2O + M) = K + R, \text{ где}$$

P — соответствует портланд-цементу;

M — примеси в воде, окруж. его частицы;

K — продукты гидротации, вызывающие устойчивость сооружения;

R — продукты гидротации, вызывающие его разрушение.

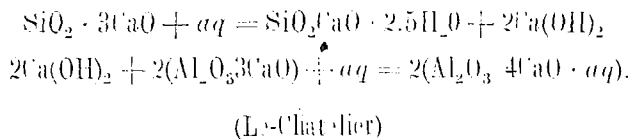
Очевидно, что если пределы равновесия удовлетворяют требованиям, предъявленным техникой к устойчивости сооружения по времени, то не нужно изменение выше-приведенного условия естественного соприкосновения цемента и воды окружающей среды. В противном случае нужно либо сменить условия равновесия в желаемую сторону путем выбора специального цемента, либо сделать приведенную реакцию вообще невозможной, — соответствующей изоляцией сооружения. Точное знание указанных условий равновесия этих систем в сооружениях весьма важно, так как способно значительно повлиять на экономическую сторону дела, но оно и весьма затруднено почти полным отсутствием количественных наблюдений в этой области, так как в силу естественной трудности их постановка при сроках наблюдения далеко выходящих из условий лабораторной практики и по целому ряду приводящих и не могущих быть воспроизведенными в лабораториях обстоятельств — указанный смысл исследования ограничивался качественной стороной.

Поэтому, не имея пока возможности осветить этот вопрос в полном объеме, мы сделаем попытку выяснения вопроса устойчивости сооружения с количественной точки зрения относительно главного продукта гидротации портланд-цемента — окиси кальция (CaO) и наиболее вредного реагента минерализованных вод — сульфатного иона (SO_4).

Прежде всего необходимо знать количество CaO , которое выделяется в процессе полной гидротации портланд-цемента, а затем то, которое, вступая в соединение с SO_4 , обуславливает полное разрушение сооружения в инженерном смысле.

По первому вопросу теоретические данные говорят нам следующее.

При нормальном составе портланд-цемента ($m=2$) количество выделяющейся в процессе гидротации окиси кальция, рассчитанное по реакциям:



равно ок. 37% от веса цемента.

Тоже исходя из $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{CaO}$ (Zulkovski) — 36%.

По Michaelis'у — выделяется 25%.

Лабораторные опыты проф. Ляминя дали цифру близкую к 25% через 180 дней.

Проф. Байков дает цифру не меньше 30%.

Поставленные мною в этом году опыты изучения гидротации портланд-цемента под действием хлористого аммония показали что из нормального портланд-цемента не может быть извлечено в процессе его гидротации больше 37% CaO, что как видно вышше совпадает с расчетом по L.-Chatelier.

Я полагаю, что так как последняя цифра указывает лишь на предельно возможное количество CaO в свободном виде, получающееся при теоретически полной гидротации портланд-цемента, что достигается на практике лишь в весьма длительные сроки, то предел практической гидротации цемента должен быть между 25% (Лямин, Михаэлис) и 37% (Ле-Шателье, Зулковский, автор), что в среднем дает 31% и указывает, что на появление в свободном виде больше 37% CaO нет теоретических оснований рассчитывать, это и важно иметь в виду при определении дозировки пуццоланических веществ.

Кроме приведенных теоретических данных и опытов лабораторий — есть прямой инженерный опыт в виде разрушений Шолларского водовода в Баку, исследованный мною в 1923 г. (см. доклад автора «Цемент в применении к водопроводно-канализационному и нефтяному делу в зависимости от влияния на него грунтовых и буровых вод» и докладник Мямлина «Дефекты водовода Шоллар—Баку». Труды I-XIII В. В. и С.-Т. Съезда 1926 г.). А также наблюдения над устойчивостью бетонных сооружений в воде Черного моря (Байков).

Количественная сторона моего обследования говорит, что в процессе практического разрушения сооружения в цементе осталось в связанном с силикатами состоянии лишь 33.7% CaO и из бывших в портланд-цементе 62% ее выделилось 28%, дав 22% соли Деваля и гипс, вызвавших разрушение частей водовода.

Полученная цифра выделяющейся окиси кальция находится в ранее установленных нами пределах и соединение соответствующего количества окиси кальция с сульфатным ионом обуславливает практическое разрушение водопроводного сооружения в течение определенного срока, — сооружения, изготовленного из хорошего портланд-цемента (Новороссийских заводов) с бетоном состава 1 : 2 : 4 и без принятия каких бы то ни было мер защиты сооружения от грунтовой воды даже в самые первые сроки твердения бетона.

Это позволяет вывести некоторые соотношения, зная, что 1) количество окиси кальция, выделяющееся в процессе полного твердения цемента равно около 28%, а участвующее в сульфатомпнате кальция — около 11%, и 2) количество сульфатного иона в поврежденном бетоне равно 12% от веса сухой разрушенной массы цемента (тот же источник «Исследование причин разрушения Шолларского водовода» — автор).

Примем, что количество цемента в 1 м³ бетона = равно p кг.

Тогда общее количество могущей выделиться в процессе полной гидротации извести будет $\frac{28 p}{100}$. Но в соли Деваля ее участвует 11%, т. е. $\frac{11 p}{100}$ — разница равная $\frac{17 p}{100}$ должна пойти на гипс.

Количество SO_3 связывающее (CaO) равно:

для $Al_2O_3 \cdot 3CaO \cdot 3CaSO_4$	11 <i>p</i> 80
	100 112
» $CaSO_4$	17 <i>p</i> 80
	100 56

Итого 0,324 *p* кг SO_3 на 1 м³ бетона.

Но, если содержание SO_3 в воде = *m* кг в 1 м³, то для разрушения бетона необходимо $\frac{0,324 \text{ } p}{m}$ м³ воды, SO_3 , которой вступило в соединение с (CaO) цемента и, если эта реакция до разрушения сооружения происходила в течение *n* лет, то в год действовало разрушающим образом $x = \frac{0,324 \text{ } p}{m \text{ } n}$ м³ воды, откуда предел устойчивости сооружения определяется формулой:

$$n = \frac{0,324 \text{ } p}{m \text{ } x} \dots \dots \dots (1)$$

Исходя из другого способа определения предельной устойчивости сооружения приведем следующие соображения.

Разрушенный цемент содержит 12% SO_3 и имеет удельный вес 2,65; удельный вес цемента до разрушения — около 3 и 1 м³ бетона его объем равнялся $\frac{p}{3}$. Соответствующий ему вес разрушенного цемента таким образом равен $\frac{2,65 \text{ } p}{3}$ и количество заключающийся в нем SO_3 составляет $\frac{2,65 \text{ } p \text{ } 12}{3 \text{ } 100} = 0,106 \text{ } p$ на 1 м бетона. Отсюда по вынесказанному

$$n = \frac{0,106 \text{ } p}{m \text{ } x} \dots \dots \dots (2)$$

Здесь мы видим, что числитель выражения (2) значительно меньше, чем в формуле (1), что и должно быть, так как в первом случае мы исходили из того количества SO_3 , которое могло подействовать на CaO цемента, во втором же из фактически оставшегося в бетоне количества SO_3 , соединения которой с CaO конечно могли быть вымыты из бетона.

Опыт Шолларского водовода говорит нам, что средняя строительная прочность его по разрезающимся участкам определяется в 4—6—8 лет — в среднем 6 = *n* (данные шж. Мямлина).

Средняя концентрация SO_3 в грунтовой воде, соответствующей этим участкам, равна *m* = 4,663 г на 1 л.

Пропорция бетона была 1 : 2 : 4, что соответствует содержанию цемента *p* = 280 кг на 1 куб. м бетона.

Таким образом, имеются все данные для определения величины *x*, которая равна:

$$1) \ x = \frac{0,321 \cdot 280}{4,663 \cdot 6} = 3,21$$

$$2) \ x = \frac{0,106 \cdot 280}{4,663 \cdot 6} = 1,06$$

подставляя *x* в формулы для *n*, получим:

$$n = \frac{0,321 \text{ } p}{m \text{ } 3,21} \dots \dots (1) = \frac{0,106 \text{ } p}{m \text{ } 1,06} \dots \dots (2) = \frac{0,1 \text{ } p}{m}$$

Как видно обе формулы совпали благодаря стройному равенству $p = 1,0 m \cdot n$, что в данном случае указывает на независимость от выбора системы расчета.

Попытаемся проверить выведенное соотношение на каком-либо еще известном факте.

Проф. Байков указывает, что срок устойчивости сооружений в морской воде 25—30 лет («Строительная Промышленность» № 4, 1926 г.) и Тр. Г. В. В. и С.-Т. С., стр. 37). Это относится к воде Черного моря у северных и восточных его берегов.

Гидрометеорологические наблюдения Гидрографических Экспедиций за 1924 г. (вып. № 4) дают следующие концентрации сульфатного иона у северного и восточного побережья Черного моря (глубина 0 м).

№№ станц. . .	149	150	151	152	189	195
	VIII	VIII	VIII	VIII	XI	XI
SO_4 в 1 L . . .	1,2639	1,3410	1,3359	1,3601	1,3558	1,3996

Откуда максимальное содержание SO_3	= 1,1663	в 1 L
» среднее	»	= 1,1189
» минимальное	»	= 1,0532

Подставляя в нашу формулу эти величины для SO_3 находим:

$$\begin{aligned} n \text{ макс.} &= 26,5 \text{ лет} \\ n \text{ сред.} &= 25 \text{ »} \\ n \text{ мин.} &= 24 \text{ года,} \end{aligned}$$

что хорошо совпадает с данными и этого опыта.

Однако, несмотря на это, я считаю возможным привести указанную зависимость лишь как первую грубую и суммарную попытку ветать на количественные пути исследования, оставляя право путем накопления фактов так менять коэффициент пропорциональности K , чтобы каждому его значению отвечал ряд конкретных условий инженерной практики.

Взяв, единственно пока нам доступную, величину $K = 0,1$, мы воспользуемся формулой $n = \frac{0,1 p}{n}$ для сравнительной оценки действия тех или иных вод на инженерное сооружение из бетона портланд-цемента с точки зрения выяснения необходимости принятия тех или иных защитных мер, в зависимости от необходимого срока службы сооружения и его устойчивости (n).

Заметим, что если последняя величина задана ($n = N$), то в нашей формуле мы имеем лишь одну величину, которая может быть изменена ($p = x$), это количество цемента на 1 м³ бетона, т. е. марка бетона.

При заданном N и при разных величинах m мы можем, определив p , уяснить возможность пользования той или другой дозировкой цемента, и если последняя выходит из инженерных рамок, то поставить вопрос о замене обыкновенного бетона бетоном из пуццоланового портланд-цемента, решив вопрос о дозировке пуццоланы на основании следующих соображений.

Пусть по формуле $n = \frac{Kp}{m}$, мы определили, что по заданному нам условию $n = N$ лет, находимая величина p нас почему-либо не удовлетворяет; тогда должно быть изменено $m (= SO_3)$, однако это не в наших возможностях, но нам и не нужно изменять концентрацию сульфатного иона в окружающей частицы портланд-цемента воде — нам нужно лишь изменить массу его, действующую на $Ca(OH)_2$, что мы и можем сделать выведя из-под действия SO_4 определенное количество гидрата извести, связав его пуццоланической добавкой. Итак мы можем написать $m = \frac{Kp}{N}$, т. е. такое количество SO_3 , которое может быть

допущено к действию на СаО в течение N лет без разрушения сооружения. Но количество выделяющейся при гидротации портланд-цемента извести нами принято 28%, которые могут быть связаны с m гр. SO₃ в неустраняющий срок n лет.

Мы же для достижения устойчивости сооружения в течение N лет можем позволить вступить в реакцию лишь тому количеству СаО, которое эквивалентно $m = \frac{Kp}{N}$ г.,

т. е. $\frac{Kp \cdot 28}{Nm}$ %.

Следовательно, то количество извести, которое нужно лишь способности к действию на SO₃ должно быть равно $\left(28 - \frac{Kp \cdot 28}{Nm}\right)$ % от веса цемента.

Избирая же для этой цели пуццоланическую добавку с поглощающей способностью в 2 в. ч. на 1 в. ч. СаО, мы найдем, что количество ее от веса цемента должно быть равно:

$$\alpha = \frac{28}{2} \left(1 - \frac{Kp}{Nm}\right) \% \text{ или}$$

$$\alpha \cdot 1 + \alpha(100) \% \text{ от веса пуццол. цемента.}$$

Перейдем теперь к рассмотрению ряда случаев с целью выявления принятия тех или других мер защиты бетона из портланд-цемента от действия тех или других минерализованных вод.

Но для того, чтобы легко выразить всю сумму вредно действующих на портланд-цемент веществ, мы будем выражать их анализ не в радикалах, а в ионах; эти же последние пересчитаем на их реакционную емкость, получающуюся путем умножения найденного веса иона (выраженного в долях на один миллион частей воды) на частное от деления валентности иона на ионный вес. Это даст нам возможность просто суммировать найденные величины реакционных емкостей вредных ионов и вводить в формулу их сумму.

Коэффициент пропорциональности K, вследствие этого изменится таким образом:

$$K = \frac{n \cdot m}{p}, \text{ где } p = 280 \text{ и}$$

1) Для Шолларского водопровода:

$$\begin{aligned} SO_4 &= 5595,6; \text{ ч. } SO_4 = 5595,6 \cdot 0,0208 = 116,39 \\ CO_3 &= 347; \text{ ч. } CO_3 = 347 \cdot 0,0333 = 11,55 \\ \text{Сумма реакц. емкост. } m &= 127,94 \\ &\qquad \qquad \qquad n = 6 \text{ лет.} \end{aligned}$$

2) Для Черного моря:

$$\begin{aligned} SO_4 &= 1342,7; \text{ ч. } SO_4 = 1342,7 \cdot 0,0208 = 28,93 \\ CO_3 &= 98,3; \text{ ч. } CO_3 = 98,3 \cdot 0,0333 = 3,27 \\ m &= 31,2 \\ n &= 25 \text{ лет.} \end{aligned}$$

Отсюда:

$$\begin{aligned} \text{в 1 случае } K &= \frac{6 \cdot 127,94}{280} = 2,74 \\ \text{в 2 случае } K &= \frac{25 \cdot 31,2}{280} = 2,77 \\ \text{среднее} &= 2,75 \end{aligned}$$

Итак, для практических расчетов мы воспользуемся формулами:

$$p = \frac{N \cdot m}{K} = 36,3 \text{ м} \dots \dots \dots (1)$$

$$\alpha = \frac{28}{2} \left(1 - \frac{Kp}{Nm} \right) = \frac{1}{2} \left(28 = \frac{0,77 p}{m} \right) \dots \dots \dots (2)$$

причем N — срок службы сооружения принят в 100 лет, p — количество килограммов портланд-цемента в 1 м^3 бетона, из сортов которого возьмем две крайних (1 и 5) и одну среднюю (2) марки по нормам для железобетонных сооружений Госплана СССР за 1926 г. и примем, что если p выходит за верхний предел, то необходимо применить сорта специальных пуццолановых портланд-цементов; итак:

Марка бетона	5	2	1
P	150	280	350
Пропорция	1:4:8	1:2:4	1:1 $\frac{1}{2}$:3

Что же касается пуццолановых цементов, то добавка их к цементу ¹⁾ определяется нами в зависимости от способности их к поглощению извести. Из всех многочисленных гидравлических добавок я возьму наиболее характерные, изученные и соответствующие изготовленным в настоящее время пуццолановым портланд-цементом.

Это: 1) трассе Карадага, соответствующий Новороссийскому трассовому портланд-цементу.

2) Пдживанский или Аникийский туф Армении, соответствующий пуццолан. портланд-цементу Закавк. завод.

3) Брянская Диатомовая земля, соответствующая Мальцевскому пуццоланов. портланд-цементу.

Поглощающая способность их изучена проф. Киндом ²⁾, а отчасти и нами, и определяется так:

Для Карадагского трасса	= 0,18	част. CaO	на 1 ч. добавки
» Эриванского туфа	= 0,34	»	» 1 »
» Брянской земли	= 0,68	»	» 1 »

через 130 суток, что, примерно, соответствует выделению извести за тот же срок в лабораторных условиях и принятому нами в 28%.

Наиболее выгодное количество той или другой добавки вполне, правда, еще не установлено, но в качестве примера мы примем величину наиболее выгоднейшей дозировки (по проф. Кинду ²⁾), а именно:

Для Карадагского трасса	60—70%
» Армянского туфа	50—60% (наши наблюд.)
» Брянской земли	40—50%

Для примера возьмем следующие воды:

Характеристика воды:

1. Вода из скважины на месте устройства свайного основания для электростанции в Белом городе Баку, признанная лабораторией Азнефти вредной.
2. Канализационная вода г. Баку на месте устройства канализации.
3. Сточная вода г. Баку на месте устройства канализации.
4. Грунтовая вода г. Баку ок. фабр. «Ленина».
5. Вуровая вода из скважин, тампонируемых портланд-цементом, в Балаханан.
6. Вода Черного моря.

¹⁾ «Строит. Пром.» № 4 и № 5, за 1926 г.

²⁾ «Строит. Пром.» № 5, за 1926 г.

7. Средний состав грунтовой воды, разрушившей Шолларский водовод на 60—63 км.

8. Грунтовая вода, разрушившая Шолларский водовод на 60—68 км.

Воды эти характеризуются следующими свойствами по реакционной емкости вредных для портланд-цемента ионов.

№ воды	1	2	3	4	5	6	7	8
ч. SO_4	6,35	6,30	5,20	21,0	19,7	27,9	116,4	233,8
ч. S	—	2,00	5,1	—	7,5	—	—	—
ч. Cl_3	1,48	2,10	2,8	0,1	0,7	3,3	11,5	18,2
m	7,53	10,40	13,1	21,1	28,9	31,2	127,9	252,0

Определим возможно ли и до каких величин m применять портланд-цемент безо всякой защиты на основании равенства $p = 36,3 m$.

№№ воды	p	Марка бетона	Пропорция
1	254	2	2 : 4 : 8
2	350	1	1 : 1½ : 3
3	440	—	—

Таким образом, для вод № 1 и № 2 приемлемы нормальные марки бетона из простого портланд-цемента без каких-либо защитных мер.

Дальше необходимо, очевидно, применять пуццолановые портланд-цементы в количестве, определяемой формулой:

$$\left(28 - \frac{0,77 p}{m} \right) \%_0$$

Для различных марок бетона (p) и разных гидравлических добавок (Курдигск., Армянск., Брянск.) имеем:

№№ воды		В % значение P		
		150	280	350
3	σk	105	63	44
	αA	56	33	24
	αB	28	14	12
4	αk	125	99	85
	αA	66	52	45
	αB	33	27	22
5	σk	132	113	102
	αA	70	60	54
6	αB	35	30	27
	αk	150	146	144
7	αA	80	77	76
	αB	40	38	38
	σk	150	150	150
8	αA	82	82	80
	αB	41	41	40

Черными взяты цифры, соответствующие наиболее выгодной дозировке, по Кинду, если же придерживаться мнения других исследователей (Комиссаров), не рекомендующих употреблять больше 30% пуццоланической добавки, то очевидной окажется для вод №№ 7 и 8, т. е. для грунтовых, разрушивших Шолларский водовод, необходимость изоляции сооружения.

Перейдем поэтому к вопросу о физической защите бетона путем применения изолирующих веществ.

Из всех многочисленных веществ, примениваемых к цементу при его затворении, мы остановимся лишь на тех, действие которых научно освещено, а именно, на гидравлических добавках, оставляя в стороне все патентованные вещества.

Оценивая вещества внешней изоляции, мы должны установить, что они разделяются на кроющие и на впитывающиеся.

Для успешного выполнения назначения необходимо поставить первой группе веществ следующие условия:

1. Прочное сцепление с телом бетона.
2. Химическую инертность.
3. Равенство коэффициентов сжатия и расширения.
4. Непроницаемость для воды.

Нетрудно видеть, что лучше всего удовлетворяет этим условиям сам портланд-цемент, а потому и штукатурка бетона раствором 1 : 1 (Эвальд) с соответствующим железнением поверхности, что доказывается отличной устойчивостью цементной штукатурки в разрушенных частях бетона Шолларского водовода, которой он, к сожалению, был оштукатурен лишь изнутри.

Следующим веществом является асфальт — он не удовлетворяет третьему условию, что компенсируется его эластичностью, хотя последняя ограничивает уменьшение толщины слоя изоляции, благодаря возможности ее продавливания, а увеличение ее толщины усугубляет несоответствие третьему условию.

От впитывающихся веществ необходимо требовать или образование совершенно нерастворимых продуктов реакции их с веществом цемента, заполняющих его поры, или полную химическую инертность по отношению к портланд-цементу и незначительность.

К первой группе веществ, предложенных Кесслером еще 40 л. тому назад и рекомендованных на III Съезде Зодчих в 1905 г. проф. Белецкийким, а теперь почти позабытых (Ляхтин), относятся флюаты Кесслера-Гоуэинильда.

Вот анализ одного из флюатов, изучение которых было проведено в лаборатории проф. К. Р. Деметьева в 1908 г. М. Меркуловым.

ZnSO ₄	19,81%
Fe ₂ (SO ₄) ₃	1,33%
H ₂ SO ₄	3,72%
NaF	16,32%
SiF ₄	1,52%
H ₂ O	57,19%
Сумма	99,94%

Анализ устанавливает, что флюаты Кесслера являются солями кремне-фтористо-водородной кислоты с тем или другим металлом.

Защитное их действие по отношению к портланд-цементу объясняется следующими реакциями между CaO цемента или CaCO₃ его броневою пленки. Так, например,

Для магнией-флюата

$3MgSiF_6 + 6CaO = 6CaF_2 + 3MgF_2 + 3SiO_2$, мы видим, что в результате реакции образуются совершенно нерастворимые фтористые соли кальция и магния совместно с кремниевой кислотой, которые столь заполняют поры цементной штукатурки, что проникновение даже кислых флюатов ограничивается глубиной лишь в 1 см, при хорошей сопротивляемости флюатированной поверхности даже действию слабой соляной кислоты. Гоуэинильдом выпускались на рынок следующие сорта флюатов:

С о р т	П а з н а ч е н и е	С о с т о я н и е
Аван флюат	Для малонизвестковых камней	Жидкость 15°Be
Доппель-флюат	Для пористых и крупно-зернистых камней	Тверд. или жидк. 40°Be

С о р т	Назначе н и е	С о с т о я н и е
Цинк-флоат	Для противод. плесени на камнях . . .	Тверд. или жидк. 40°Вс
Путц-флоат	Для очистки потемневших построек .	—
Блей-флоат	Для защиты цемента, бетона от дей- ствия органических кислот и угольной кислоты	Жидк. 40°Вс
Магний-флоат	Для защиты цементного бетона . . .	Тверд. или жидк. 20°Вс
Энкаустик-флоат	Для придания цементному бетону после флоатирования магний- флоатом большей непроницае- мости	—
Алюминий-флоат	Для окончательного флоатирования .	Жидк. 15°Вс

Флоаты Кесслера не только создают броню по поверхности бетона, но и вообще увеличивают сопротивление бетона, что видно из приводимой таблицы (работа ст. Меркулова и проф. К. Г. Дементьева).

Попыш. сопротив. флоатировани. образцов в % для цемент. пшукат. 1:1	На замора- живание	Сопротивление раздавливанию					
		Н а в о з д у х е			В в о д е		
	50%	7 дней	14 дней	28 дней	7 дней	14 дней	28 дней
		11%	9%	7%	34%	37%	37%

Эта таблица кристорежива показывает весьма значительное повышение механических сопротивляемостей при употреблении флоатов Кесслера.

Что касается веществ не смачиваемых и инертных по отношению к портланд-цементу, то я остановлюсь лишь на минеральных маслах, инертное отношение которых к портланд-цементу вообще известно давно (Дементьев, Эвальд, Büssing), а в частности найдено, что можно безболезненно для механических сопротивляемостей ввести их больше 10% даже при затворении теста, в результате чего получаются несмачиваемые водой поверхности, а следовательно, и неспособные дать возможность минерализованным водам вступить в реакцию с портланд-цементом.

В заключение, я полагаю, что нервное применение всех решительно средств защиты бетона из портланд-цемента одновременно и в любой минерализованной воде, даже слабой, не оправдывается объективными данными. Необходимо накопление точных данных об устройстве Водопроводных и Санитарно-Технических бетонных сооружений, условиях их существования и продолжительности службы, дабы дальнейшее развитие и уточнение количественных соотношений позволило строителю спокойно и уверенно применять тот метод исполнения сооружений, который при всех прочих требованиях защитит не только бетон из портланд-цемента, но и средства, отпускаемые на выполнение из него инженерного Водопроводно-Санитарного сооружения.

Доклад проф. Г. К. ДЕМЕНТЬЕВА.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРУНТОВЫХ, СТОЧНЫХ И КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ВОД Г. БАКУ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ИХ НА ПОРТЛАНД-ЦЕМЕНТ.

(Доложен в объед. засед. водопров. и канализ. секций 10 мая 1927 г.).

Председательствовали проф. П. С. Белов и проф. Н. М. Ушаков.

На 1 (XIII) Съезде в г. Баку проф. Дроздовым был приведен обширный материал «о влиянии сточной жидкости и грунтовых вод на разрушение бетонных труб». Обильное количество неблагоприятных для портланд-цемента фактов дали возможность автору высказать положение о том, «что камень, кирпич и кислотоупорный клинкер являются наиболее подходящим материалом для канализационных каналов».

На основании этого, а также докладов проф. Байкова и моего, портланд-цемент как бы потерял доверие и Съездом было особенно подчеркнута необходимость изучения изолирующих веществ. В своем докладе я указывал на то, что, как только сооружение из портланд-цемента будет разобщено от прогрессивного действия той или иной воды то не может быть уже речи о их взаимодействии и результатах его. Но так как желание

Съезда заключалось также и в необходимости организации исследования действия вод на бетоны, то настоящая работа выдержана в условиях определения устойчивости обыкновенного портланд-цементного бетона, предоставленного самому себе в среде минерализованных вод и в качестве частного примера были взяты воды г. Баку, исследование которых совпало с устройством в этом городе канализации. Стремление хотя бы слабо осветить количественную сторону вопроса заставило подробное остановиться на химической сущности результатов взаимодействия этих вод с портланд-цементом, ибо понятие грунтовая или канализационная вода не есть понятие количественное в указанном смысле.

Я предусматриваю взаимодействие вод с портланд-цементом и как с таковым и с продуктами его гидратации. Недостаточный материал и чрезвычайная сложность последнего заставляют выбрать из продуктов гидратации цемента лишь окись кальция, как всеми признанный важнейший и наиболее активный их ингредиент.

Всякая вода является минерализованной и содержащей различные количества органических и неорганических веществ, — последних больше в грунтовых водах, а первых — в канализационных. Переходом могут служить сточные воды. В смысле действия на портланд-цемент нет принципиальной необходимости в этих названиях впредь до установления количественной классификации этих вод. Важно лишь рассмотрение вопроса о действии на портланд-цемент органических и неорганических веществ, заключающихся в этих водах.

Область действия неорганических веществ.

Так как неорганических веществ заключается больше в грунтовых водах, то для удобства мы рассмотрим именно их. В целях достижения сравнительности результатов мы примем пока классификацию Пальмера, избирая свойство вод в реакционной емкости по ионам, выражающейся в произведении веса иона на частное от деления валентности иона на его ионный вес. Соотношением реакционной емкости радикалов (Рожене) свойства воды выражаются в

- первичной солености (Na Cl, SO₄)
- вторичной солености (Ca, Mg Cl, SO₄)
- первичной щелочности (Na HCO₃, CO₃)
- вторичной щелочности (Ca, Mg HCO₃, CO₃).

Соединения этих главнейших ионов, минерализующие воду относятся к портланд-цементу следующим образом:

Соль Цемент	Отношение к CaO	Результат	Исследователи	Действ. и/цем.	Принадл. к класс.
NaCl		Индифферентно	Дементьев, Эвальд	Не вредно	Первичн. солености
Na ₂ SO ₄ + Ca(OH) ₂ = CaSO ₄ + Na(OH) ₂		Увеличен. объем	Капдлю, Дементьев	Вредно	То же
CaSO ₄		То же	То же	„	Вторичн. солености
MgSO ₄ + Ca(OH) ₂ = CaSO ₄ + Mg(OH) ₂		„	„	„	То же
CaCl ₂		Индифферентно	Эвальд	Не вредно	„
MgCl ₂ + Ca(OH) ₂ = CaSO ₄ + Mg(OH) ₂		Увелич. объем и разр. кристалл. CaO	Капдлю, Байков	Вредно	„
NaHCO ₃ + Ca(OH) ₂ = CaCO ₃ + NaOH + H ₂ O		Индифферентно	Büssing, Эвальд	Не вредно	Первичн. солености
Ca(HCO ₃) ₂ + Ca(OH) ₂ = 2CaCO ₃ + 2H ₂ O		То же	То же	„	Вторичн. солености
Mg(HCO ₃) ₂ + Ca(OH) ₂ = CaCO ₃ + MgCO ₃ + 2H ₂ O		„	„	„	То же
Na ₂ CO ₃ + Ca(OH) ₂ = CaCO ₃ + 2NaOH		„	„	„	„

из этой таблицы видно, что вредное действие оказывает на цемент превличная соленость по сульфатному попу и вторичная соленость по сульфатному же попу и магнию.

На основании этого мы будем классифицировать грунтовые воды по отношению их действия на портланд-цемент по сумме их реакционных емкостей.

А м м и а к, Сероводород и Углекислота в значительных количествах скорее участвуют в специально минерализованных водах и канализационных и так как действие последних существенным образом сводится к отношению этих соединений к портланд-цементу, то и постараемся его выяснить.

А м м и а к

Как таковой на портланд-цемент гидрат аммония не действует так как слабые щелочи на цемент вредно не действуют вообще (Bussing, Дементьев, Эвальд), а затем мною был поставлен следующий опыт:

К цементу применялось столько хлористого аммония, чтобы его было достаточно для взаимодействия со всем тем количеством извести, которое может выделиться в процессе гидратации (30%). Из теста нормальной густоты были изготовлены пробы, которые подверглись испытанию; вот его результаты:

Постоянство объема	Сопротивление разрыву чистого	
Нагревание до 120°C	Накаливание шарика до белого каления по Гейнцелю	С N H ₄ Cl без N H ₃ С 1 4 дп. 7 дп.
выдержал	выдержал	37 klz/cm ² 37 klz/cm ²

Восьмерки резко пахли аммиаком, пропитавшим т. о. в течение четырех дней тело цемента и не послевшим удалиться и дать дальнейшему процессу гидратации при его отсутствии затушевать результат.

Действие аммиака в его соединениях сводится т. о. лишь к действию кислотного иона — вредным же является лишь SO₄ и его реакционная емкость должна быть включена в общую сумму вредно действующих начал.

С е р о в о д о р о д.

Сероводород, как и его соли, вредно действует на цемент, так как кроме конечного превращения в CaSO₄ сероводород является еще и слабой кислотой; действие же минерализованных кислот, хотя бы и слабых, изучено хорошо (Дементьев) и весьма пагубно в противоположность действию слабых щелочей, которые не вредны (Bussing). Значит реакционная емкость S^{''} и она должна быть суммирована с SO₄.

У г л е к и с л о т а.

В том случае, когда углекислый газ находится в воздухе, действие его нельзя признать вредным, наоборот оно полезно, (Landrin) так как образует защитную броню CaCO₃=CaO+CO₂, но если углекислый газ растворен в воде, то в силу реакции CaCO₃+CO₂+H₂O=Ca(HCO₃)₂ он разрушает эту броневую пленку и действует вредно (Эвальд).

Область действия органических веществ.

Перейдем теперь к выяснению вопроса о действии на портланд-цемент органической части вод. Наиболее широко она развита в канализационных водах и состоит из веществ растворимых, нерастворимых и продуктов их разложения. Нерастворимые и очень мало растворимые вещества, очевидно, действия на цемент не окажут и к ним относятся: мочеваая кислота (C₅ H₄ N₄ O₃), креатин (C₄ H₃ N₃ O₂), крезол (C₆ H₄ CH₃ OH), гишгуровая кислота (C₆ H₅ CONHCO₂ COOH), индол C₈ H₄ CHNHCH), скатол (C₈ H₆ CH₃), билирубин (C₃₂ H₃₆ N₄ O₈) и т. д.

Из растворимых веществ не должны оказать вредного действия белки (Альбумины и Глобулины) фенол (C₆ H₅ OH), таурохолевоксислый натр (C₂₆ H₄₄ NO₇ SNa), мочевины (CO/NH₂), как обмыливающаяся в NH₃ и CO₂, креатинин (C₄ H₂ N₃; O), крахмал и желатина¹⁾.

¹⁾ По Швецову.

Из продуктов распада органических веществ канализационных вод не будут вредными аммиак, щавелевая кислота (Швецов) их соли с угольной и мочевиной кислотой, продукты распада белков с основными свойствами.

Вредным началом канализационных вод являются такие вещества, как сернистый индоксил ($C_8 H_7 N SO_4$), действующий своей сульфатной группой, глюкозы ($C_6 H_{12} O_6$) $(COO_2 H_4) COH$ и сахарозы ($C_{12} H_{22} O_{11}$), действие которых весьма вредно и изучено, молочная кислота ($C_3 H_5 O_6$), уксусная ($C_2 H_4 O_2$), жирные масла (Bussing, Schumann) вероятно, амидокислоты, альбумины, как вытесняющие CO_2 из $CaCO_3$ и, конечно, H_2S и CO_2 в воде, которым и здесь принадлежит преобладающее значение. Но содержание органических соединений таково, что позволяет сказать отрицательно в смысле вредного действия на портланд цемент фекальных веществ (Деметьев) и подтверждается опытом, который нам довелось произвести над восьмерками, помещенными в вышеупомянутые вещества проф. Шуляченко за десять лет до их разрыва, не обнаружившего какого-либо снижения от нормального процесса твердения.

Так как воды, являющиеся предметом настоящей работы не обнаруживали присутствия сахаристых веществ и все обладали щелочной реакцией, то исследование их ограничилось определением основных вредно действующих на портланд-цемент ионов, а именно:

SO_4 , $Mg S$, CO_3 — сумма реакционной емкости которых и будет мерой действия их на портланд-цемент.

АНАЛИЗЫ ВОД г. Баян.

Пробы вод были доставлены в отдел канализации Отдела Водоснабжения Баянсовета из следующих мест:

XX воды

Место взятия пробы.

1. Шолларская вода из водопровода.
2. Колодезная вода по ул. 28, апреля д. № 19 «Немец. Киргас».
3. Сточная вода канализационного канала ул. Б. Морская.
4. Сточная вода канализацион. канала по Черныгор.
5. Сточная вода канализацион. канала по ул. Карганова.
6. Сточная вода коллектора, ул. «Народов Востока».
7. Сточная вода из коллектора А между ул. Карганова и Кооператива.
8. Грунтовая вода из дренажа сада им. «Пальча».
9. Колодезная вода по Кривой ул. д. № 13.
10. Грунтовая вода из отводного канала между Электротокком и фаб. «Женщина».
11. Грунтовая вода из открытого канала из Балаханов.

Результаты анализов вод (в форме радикалов) (в миллиграммах на 1л)

№№ воды	SO_4	S	CO_2	Cl	CaO	MgO	NH_3	Плотн. остаток
1	57,5	—	23	—	66	30	—	—
2	280	—	—	84	94	59	—	2.400
3	267	32	9	223	201	—	27	7.000
4	303	15	15	161	20	с.п.	29	5.100
5	195	26	28	167	204	189	15	4.480
6	210	82	12	105	244	120	45	3.700
7	630	15	1	56	460	117	8	2.736
8	800	1	2	98	300	154	0,5	10.088
9	814	—	2	656	652	203	—	16.460
10	840	—	—	188	320	189	—	6.000
11	790	61	31	2.450	568	412	32	42.552

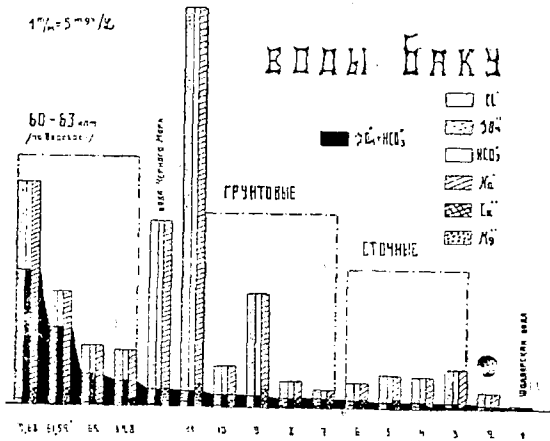
Пересчет на полную форму.

Приняты следующие реакционные коэффициенты:

SO_4 — 0,0208; S — 0,0622; HCO_3 — 0,0164; Cl — 0,0282;

Ca — 0,0499; Mg — 0,0821; Na — 0,0434.

При помощи пересчета с ними полная форма анализов представляется в следующем виде: (см. диагр. № 1).



В весовых единицах

№№ воды	SO ₄	S	CO ₂	Cl	Ca	Mg	Na
1	1,4	—	5,3	—	2,3	1,5	2,96
2	7,0	—	0,14	23,7	2,3	2,9	24,6
3	6,7	2,0	2,1	62,9	7,2	—	66,5
4	7,6	0,9	3,5	45,4	0,7	—	56,7
5	4,87	1,6	6,6	47,1	7,3	9,3	43,6
6	5,2	5,1	2,8	29,6	8,0	5,9	28,8
7	15,7	0,9	0,4	15,8	16,4	5,8	10,6
8	20,0	—	0,4	27,6	10,7	7,6	29,7
9	20,3	—	0,6	18,5	23,2	10,0	172,7
10	21,0	—	0,1	53,0	11,4	9,3	53,4
11	19,7	7,5	0,7	690,9	20,2	20,3	678,1

В процентах

1	10,7	—	39,3	—	17,3	109,0	21,8
2	11,3	—	0,3	38,4	5,4	5,2	39,4
3	4,1	0,13	1,4	43,2	4,9	—	45,1
4	6,6	0,8	3,0	39,6	0,5	—	49,5
5	4,05	6,13	5,5	39,2	6,0	7,7	36,2
6	6,1	6,1	3,3	34,5	9,3	6,9	38,8
7	23,9	9,13	0,6	24,2	25,0	8,8	16,2
8	20,7	—	0,4	28,7	11,1	8,0	30,9
9	5,0	—	0,1	44,9	5,6	2,5	41,9
10	14,2	—	—	35,8	7,7	6,3	36,0
11	1,4	0,5	0,1	48,0	1,4	1,4	47,2

По характеристике Пальмера эти воды будут обладать такими свойствами:

№№ воды	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Первичная соленость в ‰	78,6	78,6	90,6	92,0	72,0	65,4	31,6	61,8	83,8	72,0	94,3
Вторичная соленость в ‰	—	20,6	5,6	6,2	15,6	21,4	65,8	37,0	16,0	27,9	5,3
Первичная щелочность в ‰	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Вторичная щелочность в ‰	—	0,6	2,2	1,2	12,4	13,2	2,6	1,2	0,2	0,1	0,4
Реакционная емкость	—	30,8	72,7	57,0	59,3	40,1	32,4	48,1	205,9	74,1	713,1
Сульфатная соленость	—	22,7	9,6	14,0	9,3	14,9	49,9	42,0	10,0	28,0	2,8

Характеризуя воды с общепринятой точки зрения, эта классификация не может непосредственно служить нашей цели, так как нам важна сумма реакционных емкостей вредно действующих на портланд-цемент ионов.

Оценка вод с этой точки зрения приведена ниже. Причем для сравнения приведены указанные величины для Шолларской воды, грунтовой, разрушившей Шолларский водопровод на 60—63 километра и воды Черного моря.

№№ воды		Реакцион. емкость
1	Шолларск.	6,80
2	. . . . .	7,14
3	. . . . .	10,80
4	. . . . .	12,00
5	. . . . .	13,05
6	. . . . .	13,10
7	. . . . .	17,00
8	. . . . .	20,40
9	. . . . .	20,90
10	. . . . .	21,10
11	. . . . .	27,70
	Черное море	27,90
	Грунт. Шолл. вод. сред.	115,00

Как видно отрицательная активность вод Баку во много раз меньше разрушившей Шолларский водопровод грунтовой воды 60—63 километра. Лишь в одном случае она равна отрицательной активности воды северного и восточного побережья Черного моря, но первая вода из глубоких буровых недр.

Для выяснения непосредственного действия этих вод на портланд-цемент был поставлен ряд опытов.

Исходя из той точки зрения, что наиболее активным отрицательным фактором вод является сульфатный ион, внедрение которого в цемент в достаточном количестве обязательно обуславливает образование высокоемных соединений, изменяющих объем отвердевшего образца с соответствующими деформациями. — главное внимание было обращено на постоянство объема цемента, затворенного на этих водах и погруженного в них.

Для опытов были взяты наиболее характерные воды № 9 и № 3. Цемент был взят завода № 2 Азметреста в г. Баку, стабильность свойств которого устанавливалась многократными испытаниями его.

Испытания производились на постоянство объема лепешками и нагреванием их и выдержкой в водах, а также цилиндрами Ле-Шателье, предварительно сверленными и дающими ошибку в расхождении усиков не больше 1 мм. Этим последним способом испытывалось как чистое тесто, так и тесто с песком 1:2, что благодаря пористости песчаных образцов давало гарантию в непрерывном соприкосновении цемента и воды.

Результаты испытания таковы:

Ч и с т ы й ц е м е н т			
Л е п е ш к и	Ч и с т а я в о д а	В о д а № 9	В о д а № 3
Нагревание до 120° С	Выдержал	Выдержал	Выдержал
В воде 28 дней	1 mm	0	0
Метод Ле-Шателье в mm			
С п е с к о м 1 : 2			
Метод Ле-Шателье в mm			
28 дней в воде	0	0	0
28 дней на воздухе	0	0	0

Итак, ни какого непостоянства объема в цементе от действия на него указанных вод обнаружено не было.

Испытание на разрыв. Не трамбованных восьмерок с песком 1 : 2
в *kg* на *cm*²

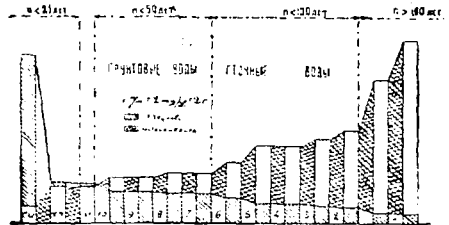
	Чистая вода	Вода № 9	Вода № 3
7 дней	20,0	24,7	24,3
28 "	30,2	32,2	28,8

Отсюда видно, что в пределах сроков испытаний никакого падения крепости не обнаружено.

На основании всего изложенного видно, что эти воды в пределах сроков исследования не обнаруживают своих вредных свойств.

Так как практически невозможно удовлетворить строительную технику столь же длительными опытами, сколь долговечно сооружение, а всякое искусственное ускорение процесса (напр., метод Ле-Шателье — на постоянство объема, и термостатический — на разрыв) весьма далеко от естественных условий, то я позволяю себе привести результаты сравнительного метода определения долговечности инженерного сооружения на основе расчета подробно изложенного в моем докладе П. В. В. и С. Т. Съезду «Условия устойчивости цемента бетонных водоводов в грунтовых минерализованных водах».

УСТОЙЧИВОСТЬ В ОДНОМ ВЕЩЕСТВЕ ВОДАХ БАКУ



Там мы предложили зависимость:

$N \frac{kp}{m}$ где N наименьшее число лет службы сооружения до его разрушения минерализованной водой; p — количество килограмм цемента в 1 м³; бетона, m — количество SO₃ в гр. на 1 л; k — коэффициент пропорциональности, находимой опытом и при выражении вредных реagensов воды в сумме их ионов равный 2,48.

Представляя себе бетон состава 1 : 2 : 4, будем иметь $N = \frac{696}{m}$ 696m, отсюда по известному нам m находим N :

№№ воды	m	n
1	6,80	125 лет
2	7,14	98 "
3	10,80	64 "
4	12,00	58 "
5	13,05	53 "
6	13,10	53 "
7	17,00	41 "
8	20,40	34 "
9	20,90	33 "
10	21,10	33 "
11	27,70	25 "
Черн. моря	27,90	25 "
Грунт. Шолл. вод.	115,00	6 "

Как видно при фактической устойчивости сооружений из портланд-цемента в грунтовой воде, разрушившей участки Шолларского водовода в 6 лет и при устойчивости в воде Черного моря сооружений из портланд-цемента в течение 25 лет, что нам хорошо известно, — наименьший срок устойчивости канализационного сооружения в грунтовых и сточных водах г. Баку сооружения, изготовленного из посредственного бетона состава 1 : 2 : 4 и самого обыкновенного портланд-цемента без принятия каких бы то ни было защитных мер лежит в пределах от 25 до 100 лет.

Эти сроки устойчивости могут быть нами удержаны в любых пределах и повышением количества портланд-цемента в бетоне на основании ранее выведенного соотношения и введением в состав портланд-цемента пуццолана на основании соотношения $\alpha \frac{28}{q} (1 - \frac{kp}{Nm})$ где $\alpha = 9\%$ пуццоланической добавки: q — количество грамм извести, которое может быть поглощено 1 5 добавки N — желаемая устойчивость сооружения в годах и n — концентрация сульфатного иона в воде.

На основании этого для вод г. Баку можно составить следующую таблицу, полагая $N=50$ годам.

№№ воды	Необходимое количество n — цемента и бетоне — p	Марка бетона	Состав бетона	% пуццолан. добавки к бетону М. 2 (1 : 2 : 4)		
				для Новорос. трассов. цемента	Мальцев. пуццол.	Местного пуццолан.
1	28.5	5	1 : 4 : 8	—	—	—
2	140.0	5	То же	—	—	—
3	133.5	5	"	—	—	—
4	151.5	5	"	—	—	—
5	97.5	5	"	—	—	—
6	105.0	5	"	—	—	—
7	315.0	1	1 : 1 ₂ : 3	—	—	—
8	400.0	—	—	50	15	30
9	407.0	—	—	50	15	30
10	420.0	—	—	50	15	30
11	395.0	—	—	50	15	30
Грунт. Шотландск. водовода . .	2331.5	—	—	150	40	80

Итак, в водах г. Баку за №№ 2, 3, 4, 5, 6 в течение не менее 50 лет может быть устойчив бетон состава 1 : 4 : 8, в воде №7 — бетон состава 1 : 1₂ : 3 и защитные меры в виде применения пуццолан целесообразно принять лишь для вод №№ 8, 9, 10, 11, воды в портланд-цемент или 50% Карадагского трасса (Новоросийский трассовый цемент), или 15% Брянской диатомовой земли (Мальцевский пуццолановый портланд-цемент), или 30% Ашйского трассела (Бакинский пуццолановый портланд-цемент).

Доклад инж. В. А. НОВОДВОРСКОГО.

ЗАЩИТА ПОДЗЕМНЫХ БЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЙ ОТ РАЗРУШЕНИЯ ГРУНТОВЫМИ ВОДАМИ.

(Доложен в об'ед. заседании водопроводной и канализационной секции 10 мая 1927 г.).

Председательствовали проф. П. С. Блов и Н. М. Ушкаев.

1. Неоспоримый факт разрушения многих бетонных подземных сооружений грунтовыми водами, содержащими сернокислые соли и другие вредные примеси, заставил инженеров пересмотреть во всем объеме вопрос о целесообразности применения бетона в качестве материала для санитарно-технических сооружений, расположенных ниже уровня земли.

Естественным следствием гибели ряда сооружений был, с одной стороны, усиленный научный интерес к явлениям, вызывающим разрушение и, с другой стороны, серьезные опасения практиков строителей за судьбу всех вообще бетонных подземных сооружений.

До того, как сведения о перерождении бетона стали известны достаточно широким техническим кругам, — бетон был в виду своей дешевизны одним из любимых материалов для санитарно-технических инженерных построек. Затем, по мере обнаружения

и опубликования извешних место случаев разрушения сооружений, наступила реакция и бетон был признан материалом сомнительного качества, а многими авторами даже абсолютно непригодным для маломальски долговечных подземных сооружений. Подобное огульное отрицание пригодности бетона для сооружений, омываемых грунтовыми водами, создало своего рода панику в некоторых кругах санитарных техников.

Действительно, факты местных или более общих повреждений бетонных сооружений тщательно собирались, публиковались в технической периодической печати и монографиях и таким образом образовался длинный мартиролог неудачных случаев применения бетона. К сожалению, случаи вполне безупречной службы сооружений собирались, регистрировались и предавались гласности с меньшим рвением и меньшей тщательностью, нежели противоположные, что, несомненно, искажило перспективу и создавало несколько неправильную одностороннюю картину существующих отношений.

Кроме того, к моменту обнаружения разрушений редко сохранялись достаточно полные сведения об условиях, сопровождавших постройку. Таким образом затруднялось установление действительной связи между условиями образования и разрушения бетона. Однако одновременно с накоплением фактического материала шло научное изучение причин разрушения и характера самого процесса разрушения.

На этом пути встретились большие трудности потому, что сама природа портландцемента и физико-химические и механические явления, сопровождающие его твердение, были мало изучены.

В настоящее время наши познания в этой области настолько расширились, что настало время сделать необходимые практические выводы и от изучения качественной стороны химических и физических явлений, происходящих в цементе, перейти к анализу работы сооружений в целом, к систематическому изучению последовательности явлений, ведущих к разрушению, и по возможности к количественной оценке всех вредных факторов.

Строители интересуют те практические выводы, которые могут быть сделаны из результатов научных изысканий и наблюдений над службой сооружений. Ему нужно дать рецепты, нужно предписать те меры, которые обеспечат сооружению долгодетие. Но так как в конечном счете правильным может быть только решение экономически целесообразное, то результаты исследований должны быть даны в такой форме, чтобы на них можно было бы базировать экономические расчеты.

Явления должны быть описаны не только с качественной, но и с количественной стороны, причем вся последовательная цепь явлений, из которых складывается разрушение и против которых принимаются противомеры, должны быть систематизированы и связаны со сроками службы сооружений.

Численный материал, к сожалению, еще недостаточен для более или менее точного решения задачи, но уже вполне определено можно наметить пути, по которым должны пойти количественные исследования и практические расчеты.

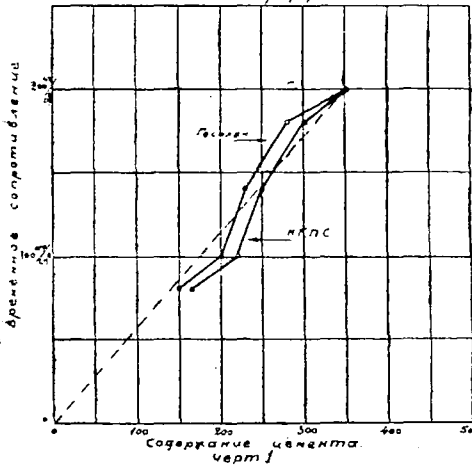
2. Совокупность явлений, обуславливающих разрушение бетона в подземных сооружениях, укладывается в нижеследующий систематизированный перечень:

Последовательность явлений, обуславливающих разрушение	Величины, подлежащие изучению и определению, как вообще, так и для каждого данного сооружения в частности
а) Наличие грунтовых вод, содержащих сернистые соли и другие вредные для устойчивости цемента вещества. б) Непосредственное смачивание наружной поверхности бетона грунтовыми водами.	1. Гидростатическое давление или уровень стояния грунтовых вод. 2. Концентрация вредных веществ в грунтовой воде. 3. Развитие наружной поверхности сооружения на единицу массы бетона. 4. Фильтрационная способность изолирующего слоя при наличии изоляции. 5. Долговечность изолирующего слоя.

Последовательность явлений, обуславливающих разрушение	Величины, подлежащие изучению и определению, как вообще, так и для каждого данного сооружения в частности.
<p>в) Фильтрация грунтовой воды через толщу бетона.</p> <p>г) Наличие в бетоне портланд — цемента, содержащего свободную известь.</p> <p>д) Химическое взаимодействие между портланд — цементом и растворенными в грунтовой воде солями, нарушающее механическую прочность бетона.</p>	<p>6. Сквозность (пористость) бетона.</p> <p>7. Поперечные размеры отдельных пор или каналов.</p> <p>8. Величина внутренней поверхности пор (каналов).</p> <p>9. Расход воды в единицу времени через слои бетона.</p> <p>10. Состав бетона.</p> <p>11. Количество свободной извести в отвердевшем цементе.</p> <p>12. Объем грунтовой воды, необходимый для дезинтеграции единицы массы цемента.</p> <p>13. Численные характеристики физико-химических явлений.</p>

Отсутствие хотя бы одного звена из этого последовательного ряда благоприятствующих разрушению факторов устраняет опасность разрушения. Ослабление или усиление каждого из них соответственно ослабляет или усиливает процесс разрушения. Таким образом меры предохранения сооружения могут быть следующих четырех категорий:

Зависимость между временным сопротивлением и содержанием цемента.



- а) понижение уровня грунтовых вод;
- б) покрытие бетонной поверхности слоем изолирующего от воды вещества;
- в) уменьшение фильтрационной способности самого бетона;
- г) применение цементов, не содержащих в отвердевшем виде свободной извести или таких, в которых реакция между известью и сернокислыми солями не вызывает разрушения материала.

Экономически правильное решение задачи защиты сооружения от разрушения должно учитывать требуемый

срок службы сооружения. В каждом отдельном случае должна быть принята такая комбинация средств защиты, которая обеспечивала нужное долговечие при наименьших затратах.

При малой величине эксплуатационных расходов и независимости их от конструкции можно с достаточной точностью принять, что мерой целесообразности решения послужит стоимость ежегодной амортизации сооружения, т. е. стоимость сооружения, разделенная на количество лет службы его.

3. Когда строится сооружение из расчета на определенное количество лет службы, после чего оно подлежит замене другим, вследствие ли технической устарелости, или изменившихся потребностей, тогда и устойчивость его против разрушительного влияния среды, достигаемая соответствующими затратами, не должна распространяться далее заданного срока.

Прочность бетонного сооружения определяется содержащим в нем портландцемента на единицу объема бетона, которое назовем (M_1) (см. черт. 1). Если запас прочности

при проектировании был принят m_n , то сооружение должно разрушиться когда оставшаяся масса цемента будет

$$M_o = \frac{M_1}{m_n}$$

в предположении прямой пропорциональности между содержанием цемента и внешним сопротивлением.

К концу срока службы должен остаться еще некоторый запас прочности m_k . Тогда за время службы сооружения может быть допущена дезинтеграция нижеследующего количества цемента

$$M_1 - M_o = M_1 - \frac{M_1 m_k}{m_n} = M_1 \frac{m_n - m_k}{m_n}$$

Множитель $\frac{m_n - m_k}{m_n}$ характеризует таким образом запас устойчивости против разрушения грунтовыми водами.

Если например: $m_n = 5$ и $m_k = 2$, то

$$\frac{m_n - m_k}{m_n} = 0,6$$

т. е. к концу службы сооружения в нем должно оставаться 46% первоначального количества цемента.

Обозначим интенсивность разрушения через i , подразумевая под интенсивностью массу вещества дезинтегрированную в единицу времени (например в течение года), т. е.

$$i = \frac{\Delta M}{\Delta T}$$

Полный срок службы сооружения будет:

$$T = \frac{M_1}{i} \frac{m_n - m_k}{m_n} \dots \dots \dots (1)$$

При условии, что интенсивность не меняется с течением времени. Если же i есть функция времени, то T найдем из условия:

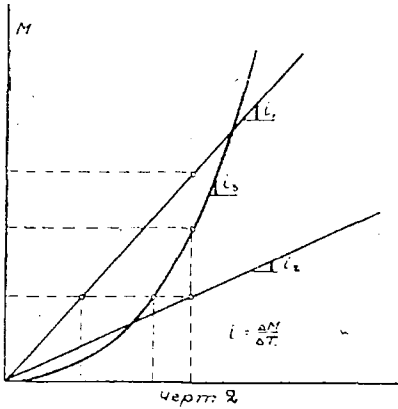
$$\int_0^T i dT = M_1 \frac{m_n - m_k}{m_n} \dots \dots \dots (2)$$

Если отложим M по оси ординат и T по оси абсцисс, то в первом случае зависимость между M и T представится в виде прямой линии, проходящей через начало координат и составляющей с осью абсцисс угол, тангенс которого равен i , а во втором случае кривой линией, а интенсивность разрушения представится тангенсом угла касательной к этой кривой в данной точке (черт. 2).

Зная зависимость интенсивности разрушения i от перечисленных в таблице величин, мы могли бы решить любую задачу по нахождению наилучших мер защиты. Отметим здесь, что покрытие поверхности бетона изолирующим слоем абсолютно непроницаемым для воды отсрочит начало разрушения до время уничтожения им повреждения этого слоя. Тогда к сроку, численному по формулам (1 или 2), следует прибавить срок существования изоляции. Если изолирующий слой не вполне водонепроницаем, а лишь уменьшает фильтрацию, то влияние его скажется соответствующим уменьшением величины i .

Выбор наиболее целесообразных мер защиты становится вполне наглядным при нижеприведенном графическом построении.

Отложим, как и раньше, по оси абсцисс вверх от начала координат количество цемента в единице объема бетона, но на этот раз не в мерах веса, а в мерах стоимости, т. е. в рублях (черт. 3) и построим кривые интенсивности разрушения (i) при разном внешнем содержании цемента, но при прочих равных условиях (например при равных условиях устройства дренажа). Построение кривых i начнем с точки на оси ординат, соответствующей минимуму содержания цемента в конеч-



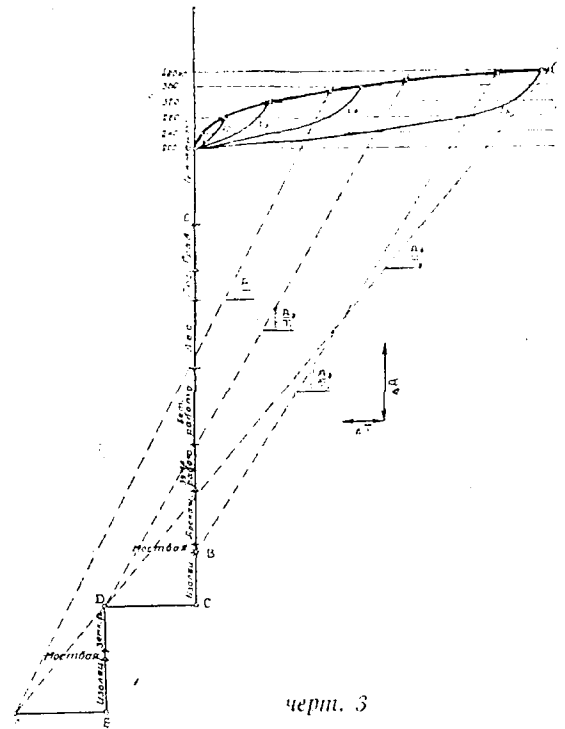
ный срок службы сооружения $\left(\frac{M_1 m_k}{m_k} \right)$. В пересечении с абсциссами начального содержания цемента получим точки, дающие сроки существования сооружения. Соединяя конечные точки кривых i , получим кривую изображающую срок службы бетона в зависимости от содержания цемента.

Далее по той же оси ординат, вниз от точки O отложим в том же денежном масштабе остальные элементы стоимости сооружения (материалы — гравий, песок, лес и пр. и работы — бетонные, земляные и пр.), отнесенные на 1 куб. метр бетона. От конечной точки B отложим все в том же масштабе стоимость изоляции до точки C и от C влево по абсциссе — срок службы ее. Получим точку D .

От D отложим опять вниз стоимость возобновления изоляции и влево новый срок службы ее до точки F . Теперь соединяя любую из точек B , D и F с какой-либо точкой, выбранной на верхней кривой, получим прямой отрезок, горизонтальная проекция которого дает срок службы сооружения, а вертикальная — стоимость на единицу объема бетона при разном содержании цемента. Тангенсом угла наклона такого отрезка измеряется ежегодная амортизация. Приведенное построение, которое можно повторить для разных типов изоляций, дренажа и пр., дает возможность легко найти невыгоднейшее решение для любого срока амортизации.

Чтобы воспользоваться этим методом нужно уметь вычислить и построить кривые i , т. е. нужно знать зависимость во времени интенсивности разрушения от всех величин, указанных в правой части вышеприведенной таблицы.

4. Когда для изготовления бетона применены вполне доброкачественные инертные материалы, удовлетворяющие обычным техническим условиям, то разрушение бетона может происходить только вследствие разрушения отвердевшего цемента и казалось бы, что изучение способов защиты бетона от разрушения могло бы ограничиться одним



черт. 3

лишь изучением условий химической устойчивости вещества цемента. На самом деле задача усложняется тем, что структура бетона, зависящая не от качества составных частей, но и от способов дозировки и изготовления, определяет до некоторой степени свойства среды, окружающей цемент.

Химическая сторона явлений, обуславливающих неустойчивость отвердевшего портланд-цемента в присутствии минерализованных вод, составляет предмет ряда докладов как на прошлом, так и на нынешнем съезде и большого количества других работ.

Из них мы можем сделать следующие существенные выводы.

Реакция разрушения есть реакция поверхностная, происходящая по поверхностям отделяющим твердое вещество от жидкой среды, а потому при равных прочих условиях интенсивность реакции должна быть пропорциональна этой поверхности (S). Для того чтобы реакция могла протекать непрерывно необходимо, чтобы вещества, входящие во взаимодействие с цементом постоянно возобновлялись, т. е. должен быть осуществлен постоянный приток свежей воды и отвод ее, по мере насыщения продуктами разрушения, или по мере израсходования растворенных в ней вредных реагентов. Таким образом, существенное влияние на процесс разрушения окажет как размер протока воды (q), так и концентрация в ней раствора вредных солей.

Далее, имея в виду, что уязвимой частью цементирующего вещества является свободная известь, приходим к заключению, что с увеличением содержания ее увеличится опасность разрушения.

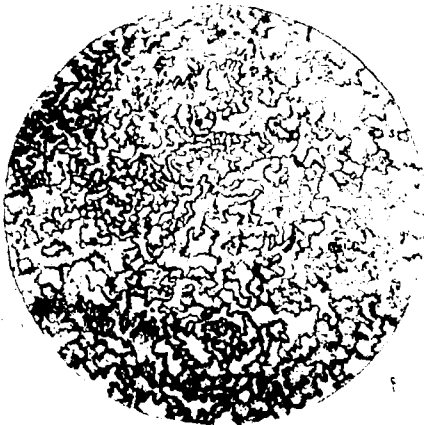
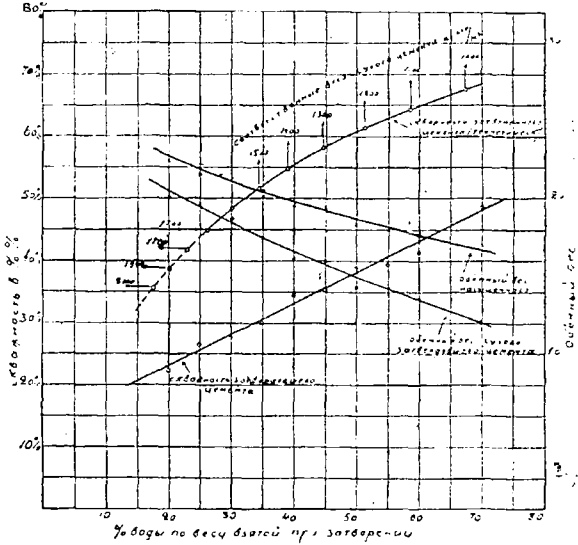
На этом основании интенсивность разрушения можно выразить формулой:

$$i = k \cdot s \cdot q \dots \dots \dots (3),$$

где k представляет множитель, включающий все химические факторы. Здесь займемся лишь последними двумя множителями. Исследование химических факторов составляет предмет других докладов.

Величины s и q находятся в прямой зависимости от структуры бетона. Если вода не имеет возможности проникнуть в тело бетона, а только омывает его наружную поверхность, то величина s весьма мала. Она выражается несколькими (5—15) квадратными метрами на куб. метр бетона. Процесс разрушения будет происходить чрезвычайно медленно. Но — дело в том, что — бетон есть тело пористое, т.е. пронизанное сетью каналов и каверн, наполненных водой или воздухом.

Зависимость между % затворенной воды
сквозностью и объемным весом цемента



Фиг. 5.

ную поверхность, то величина s весьма мала. Она выражается несколькими (5—15) квадратными метрами на куб. метр бетона. Процесс разрушения будет происходить чрезвычайно медленно. Но — дело в том, что — бетон есть тело пористое, т.е. пронизанное сетью каналов и каверн, наполненных водой или воздухом.

5. Поры в бетоне могут быть разделены на несколько категорий в зависимости от их величины и способа образования. Рассмотрим сначала поры, образующиеся в отвердевшем порланд-цементе без отошающих добавок.

Образование их неизбежно даже в самых благоприятных условиях изготовления раствора. Я позволю себе сослаться на свой доклад прошлому Съезду, где дан график теоретической пористости отвердевшего цемента. Уплотнение цемента находится в прямой зависимости от количества воды, взятой для затворения. В смеси с водой порошок клинкера образует взвесь, в которой частицы клинкера равномерно рассеяны и отделены друг от друга прослойками воды. На чертеже 4 изображена зависимость между пористостью отвердевшего цемента и процентным по весу содержанием затворенной воды. График составлен по данным Graf'a и Bauglis'a ¹⁾. В опытах Bauglis'a, где изменения этого процента или «водоцементного фактора» колебались в широких пределах между 20 и 70, не замечалось концентрации воды в отдельных кавернах. Отвердевший цемент при всех количествах примененной воды представляет однородное тело (исключая незначительные пузырьки воздуха) с равномерно распределенной все увеличивающейся скважностью.

Чтобы ясно представить себе характер строения отвердевшего цемента, необходимо уяснить себе, что как плотная масса, так и поры имеют непрерывное строение во всем протяжении вещества, в противном случае или масса не представляла бы твердого тела, или вещество было бы совершенно непроницаемым. Таким образом цементный камень должен представлять губчатую массу, состоящую из сплетения волокон твердого вещества и каналов, проводящих воду и воздух. Достаточно взглянуть на фиг. 5, представляющую заимствованную у Bauglis'a микрофотографию отвердевшего цемента, чтобы убедиться в правильности этого предположения.

Мы можем себе представить подобное тело, сложенное из геометрически правильных фигур, например из волокон и каналов прямоугольного сечения, и изучить геометрические свойства такого идеального скважистого тела. Полученные выводы можем распространить с некоторыми оговорками и на тела неправильной, но однородной структуры с непрерывными волокнами и каналами.

Пусть каналы имеют квадратное сечение со стороной d_0 , а волокна — квадратное со стороной d_1 . Расстояние между осями двух соседних каналов или волокон равно e , т. е. $d_0 + d_1 = e$

Кроме того

$$\begin{aligned} d_0 &= \alpha e \\ d_1 &= (1 - \alpha) e \end{aligned}$$

Нетрудно убедиться, что внутренняя поверхность всех каналов на единицу объема тела (удельная поверхность) состоит в этом случае

$$s = \alpha(1 - \alpha) \frac{12}{e} \dots \dots \dots (4)$$

а объем всех каналов на единицу кажущегося объема тела, т. е. скважность

$$W = (3 - 2\alpha) \alpha^2 \dots \dots \dots (5)$$

В интересующих нас пределах W между 0,2 и 0,8 решение урав. (5) относительно α может быть с достаточной точностью представлено в виде

$$\alpha = 0,15 + 0,70 W \dots \dots \dots (6)$$

Чтобы определить величину удельной поверхности необходимо знать величину e , которая зависит от тонкости помола цемента. Вследствие особенностей структуры цементного камня, вытекающих из процесса его образования, можно допустить, что

¹⁾ O. Graf, Der Aufbau des Mörtels im Beton, Berlin I. Springer, 1923. Pr. of th Am. Soc. of Civ Eng. April, 1926.

величина e , т. е. среднее расстояние между двумя волокнами или между двумя каналами равно среднему расстоянию между двумя соседними зернами клинкера. Если порошок цемента уплотнен до полного соприкосновения зерен клинкера между собой, что должно соответствовать наибольшему возможному уплотнению цементного порошка, то $e = \delta$, где δ — средний поперечник частицы перемолотого клинкера. Гранулометрически кривые, построенные для разных цементов, показывают, что если мы примем $\delta = 0,05$ мм, то погрешность будет скорее в сторону преувеличения нежели преуменьшения величины δ .

Посмотрим еще, как отразится изменение количества воды при затворении. За наибольшее возможное уплотнение цементного порошка можно принять то, при котором объемный вес его равен около 2000 кг/м^3 и количество пустот равно $\approx 35\%$. С одной стороны мы знаем, что практически неосуществимы большие уплотнения, с другой стороны, по аналогии с сухим песком, можно считать, что 35% пустот соответствует непосредственному соприкосновению частиц между собой. В действительности же в обычном состоянии частицы непосредственно не соприкасаются, а отделены друг от друга пр. слоями воздуха, в сухом виде, при воде — в затворенном, причем по мере увеличения расстояния между ними увеличивается объем, занимаемый одним и тем же весовым количеством цемента и увеличится скважность. Таким образом, между количеством затворенной воды и расстоянием между частицами существует зависимость

$$\frac{e}{e_0} = \frac{\sqrt[3]{\frac{1}{3,10} + p}}{\sqrt[3]{\frac{1}{3,10} + p_0}} \dots \dots \dots (7)$$

При условии, что вода заполнит все пространство между зернами клинкера. Здесь $100p$ есть процент по весу затворенной воды, а $\frac{p}{3,10 + p}$ есть величина пористости данного объема цемента до начала процесса гидратации (поры заполнены водой).

Если положим, как указано выше, $e_0 = \delta$, (при уплотнении цемента до 2000 кг/м^3 и 35% пустот), чему соответствует $p_0 = 0,175$, то

$$e = \frac{\delta \sqrt[3]{0,32 + p}}{0,791} = 1,26 \delta \sqrt[3]{0,32 + p}$$

и формула (4) примет вид

$$s = \frac{\alpha(1 - \alpha)}{1,26 \sqrt[3]{0,32 + p} \delta} \dots \dots \dots (8)$$

В связи с гидратацией скважность цемента уменьшится, как это видно из сравнения верхней и нижней кривых скважности на черт. 4. Нижняя линия, построенная на основании сыпных данных близка к прямой и дает зависимость между p и W выражаемую формулой

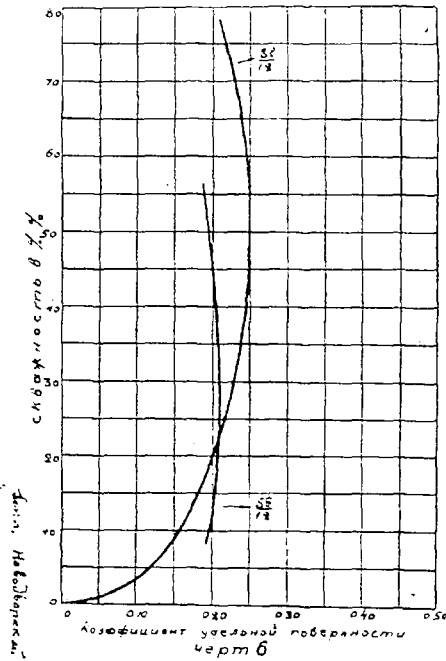
$$W = 0,13 + 0,5p \dots \dots \dots (9)$$

заменяя α и p в формуле (8) через их значения из ур-ний (6) и (9) получим зависимость

$$s = \frac{(0,15 + 0,70W)(0,85 - 0,70W)}{1,26 \sqrt[3]{2W + 0,06} \delta} \dots \dots \dots (10)$$

Коэффициенты в правой части формул (4) и (10) изображены графически на черт. 6.

В пределах практических изменений скважности отвердевшего цемента между 20 и 50-процентными, величина $\frac{\delta \delta}{r^2}$ почти постоянна и равна около 0,20. Таким



образом для величины удельной поверхности имеем приближенную формулу

$$s = \frac{2,4}{\delta}$$

т. е. удельная поверхность не зависит ни от скважности цемента, ни от количества затворенной воды, а лишь от среднего размера зерен.

При $\delta = 0,05$ мм получим

$$s = \frac{2,4}{0,00005} = 48000 \text{ м}^2/\text{м}^3.$$

Внутренняя поверхность всех пустот в цемента достигает, как видно, огромных цифр, по сравнению с которыми совершенно ничтожны, как наружная поверхность, так и поверхность пустот образованных в бетоне вследствие смещения инертными составными частями, к рассмотрению в торых мы перейдем ниже.

Согласно исследований Майер'a вся поверхность инертных составных частей бетона может составить

$$(0,218 \pm 0,50 \times 4,39) 1800 = \approx 4500 \text{ м}^2/\text{м}^3.$$

поверхность же обусловленных ими пустот должна быть меньше.

Вышеприведенные рассуждения приводят нас к мысли, что в формуле (3) мы можем считать s постоянной величиной и равной приблизительно

$$s = 50000 \text{ м}^2/\text{м}^3.$$

Если процент затворенной в ды мало влияет на величину внутренней и поверхности, зато он имеет существенное значение для величины поперечного сечения каналов и фильтрации.

Выше мы имеем

$$e = 0,126\delta \sqrt[3]{0,32 + p}$$

$$d_o = \alpha e = 0,126\alpha\delta \sqrt[3]{0,32 + p}$$

Подставляя значение α в функции от w из уравнения (6) и пользуясь эмпирической кривой зависимости между скважностью и величиной p можем построить кривую зависимости между d_o и p .

Формула Poiseuille'a для движения в ды в капиллярных трубах имеет вид

$$Q = c \frac{d^4}{L} PT,$$

где P — давление и L — длина капилляра.

Число капиллярных каналов на единицу площади m жп² принять равным.

$$n = \frac{1}{e^2}$$

Поэтому расход через единицу $и$ поверхности выразится

$$q = 0,016 e x^4 \delta^2 \sqrt{(0,32 + p)^2} \frac{PT}{L}$$

здесь $e = \frac{\pi}{1,28 \tau}$, а τ — есть коэффициент внутреннего трения жидкости.

Для годового расхода через 1 кв. см наружной поверхности получим, принимая $\delta = 0,005$ см и $\tau = 0,012$ и выражая x в функции от W или от W , q в кил. граммах, L в сантиметрах и P в кил. граммах на 1 кв. см

$$q = 9,64 (0,214 + W)^4 (0,03 + W)^{\frac{2}{3}} \frac{PT}{L} \dots \dots \dots (11)$$

$$q = 0,78 (0,69 + p)^4 (0,32 + p)^{\frac{2}{3}} \frac{PT}{L} \dots \dots \dots (12)$$

В исследуемых пределах формула (11) может быть представлена в следующем виде

$$q = 650 W^3 \frac{PT}{L} \dots \dots \dots (13)$$

По формуле (12) построена нижняя кривая на черт. 7. Если бы каналы образовавшиеся при твердении цемента оставались неизменными с течением времени, то фильтрация воды через них была бы постоянна и выражалась бы формулами (12) или (11). Если фильтрующаяся вода имеет свойство закупоривать поры образовавшимся углекислого кальция или наоборот — увеличивать их, растворяя гидрат окиси кальция, то будет изменяться скважность W и соответственно изменится расход q . Отсюда следует, что интенсивность разрушения i от действия вод, содержащих сернистые соли, должна расти с течением времени т. е. с ростом W .

8. Изложенное выше касается чистого цемента. С добавлением инертных материалов картина значительно изменится. Упомянутые выше исследования Майер'a показали, что пустоты в бетоне делятся на два разряда: поры микроскопические, образованные в результате твердения цемента в смеси с водой и поры макроскопические, обязанные своим происхождением методом смешения цемента с инертными составными частями. Значение первых рассмотрено нами подробно выше. Что касается вторых, то среди них главнейшие значения имеют две категории: пустоты, образованные вследствие незаполнения всех промежутков между отдельными зернами камневидной, и прослойки, образующиеся в результате неплотного прилегания цемента к поверхностям инертных составных частей.

В случае употребления плотно-жирных (по дозировке) бетонов образование тех или других находится в прямой зависимости от содержания воды, т. е. от подвижности, пластичности или «податливости» бетона. Чем больше содержания воды, тем «податливее» бетон в работе, тем лучше раствор заполняет промежутки между отдельными камнями, а цементное тесто промежутки между песчинками, и тем более обеспечено обоблакивание инертных зерен. Поэтому, если бы мы имели достаточно данных для построения кривой, выражающей только ту часть фильтрации, которая вызвала сквозными каналами этого типа, то мы получили бы кривую вроде вычерченной пунктиром в верхней части чертежа 7.

Совокупность обеих фильтраций дает минимум, согласно опытных данных примерно при $p = 60\%$.

Микроскопические поры имеют столь крупные сечения, что их сопротивление прониканию воды чрезвычайно мало по сравнению с рассмотренным выше сопротивлением тонких микроскопических скважин, а бетон пропускал бы воду, как решетку, если бы все крупные поры были сквозные. Они большей частью отделяются друг от друга прослойками более плотного вещества. Бетон уподобляется таким

образом, живому организму, в котором имеются сосуды разной величины от самых крупных главных артерий и вен до микроскопических капилляров.

То же самое происходит в бетоне. Крупные каналы имеют слабо развитую поверхность, но зато легко проводят воду вглубь бетона, где вода просачивается через тонкие пленки и простенки из цемента.

Чем больше размеры крупных каналов, тем меньше величина L в формулах (11) и (12) в соответствии с чем растет расход воды q .

Возвращаясь к формуле (3) и принимая во внимание изложенное выше, найдем, что интенсивность разрушения может быть выражена следующим образом

$$i = ks \cdot 650 W^3 \frac{P}{DL},$$

где D есть толщина бетонных стенок и все линейные величины выражены в сантиметрах. Напомним, что W есть скважность чистого цемента при данном водоцементном факторе и в данный период времени. L выражает в сантиметрах среднюю толщину суммы всех прослоек чистого цемента на всю толщину бетона и может быть выражена $L = \lambda D$, где λ есть коэффициент меньше единицы, зависящий от состава и консистенции бетона. За отсутствием достаточных данных для суждения о величине λ , можно для первого приближения считать что, ввиду расположения наиболее водопроницаемых пор в бетоне главным образом вдоль поверхностей инертных составных частей, λ равно отношению объема цемента $\frac{1}{3}$ воды к объему всех составных частей бетона, умноженному на коэффициент выхода бетона — μ .

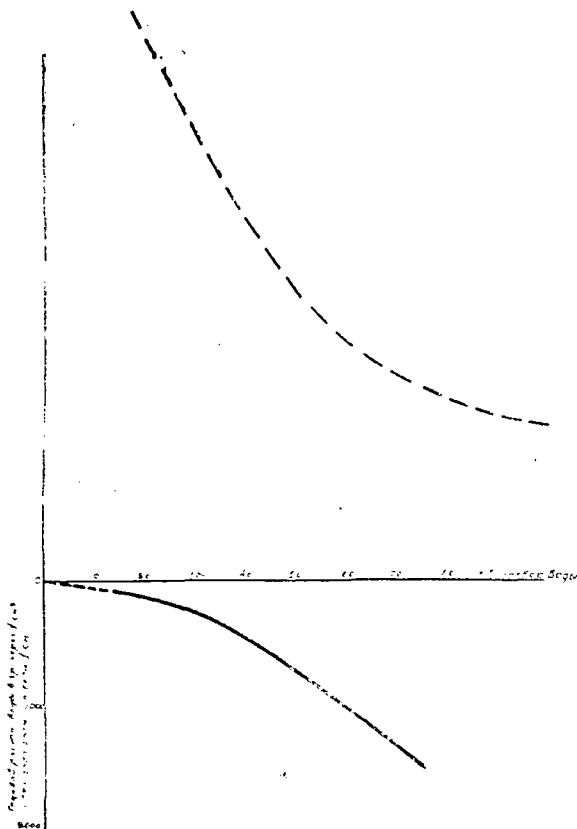
$$\lambda = g \frac{1}{3 \cdot 1 + p} = g \frac{0,32 - p}{1000 \mu}$$

Здесь g выражено в килограммах цемента на кубический метр бетона.

Крайние значения λ будут:

Для сооружения из чистого цемента $\lambda = 1$

Для сооружения без цемента $\lambda = 0$



Черт. 7.

Введя среднюю величину внутренней поверхности $S = 500 \text{ см}^{-1}$ и учитывая увеличение скважности цемента с течением времени, пропорциональное массе разрушенного цемента получим

$$i = 320\,000 \frac{k}{\mu} \frac{P T}{D^2} \left(W + 0.35 \frac{T}{\sigma} i \Delta T \right)^3$$

или, иначе

$$i = 40 \frac{k}{\lambda} g \frac{P T}{D^2} (0.32 + p) \left(0.26 + p + 0.7 \frac{T}{\sigma} i \Delta T \right)^3 \dots (14)$$

уравнение, по которому может быть начислена интенсивность разрушения для каждого последующего года по предыдущему.

Числом 0,35 обозначена величина обратная объемному весу гидратизированного цемента. Гидростатическое давление T может быть уменьшено или устройством дренажа, или соответствующей мало проницаемой изоляцией.

Для введения в расчет действительной величины T падо найти в первом случае депрессионный уровень, во втором — сопротивление изолирующего слоя фильтрации воды.

k есть коэффициент, характеризующий интенсивность химических реакций в зависимости от концентрации растворов и от содержания свободной извести в цементе.

10. Выведенная формула (14) не может быть окончательно верной и безошибочной. Это есть лишь первая попытка выражения интенсивности процесса разрушения в функции от всех факторов, содействующих процессу. Мы надеемся однако, что путем опытного исследования величин, вошедших в нее, мы сможем, быть может, уже в непродолжительном времени решать основную, поставленную здесь, задачу выбора наиболее выгодных мер защиты бетонных сооружений от разрушения грунтовыми водами.

По двум докладам проф. Дементьева и по докладу инж. Новодворского Съездом высесено п о с т а н о в л е н и е:

Признать чрезвычайную важность и новизну сделанных проф. Г. К. Дементьевым и инж. В. А. Новодворским докладов; передать эти доклады вместе с докладом проф. П. А. Велихова в комиссию при постоянном бюро и просить последнюю опубликовать эти доклады вместе в докладом проф. П. А. Велихова самым срочным порядком. Вместе с тем, при продолжении работы Комиссии по бетону связать эту работу с лабораториями по испытанию материалов и с учреждениями, с которыми крупнее бетонные работы.

II. Доклады, касающиеся общих данных по устройству и эксплуатации водопроводов.

Доклад инж. Д. Д. Тиц.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НА БУДУЩЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ г. ХАРЬКОВА.

(Доложен на засед. секции 12 мая 1927 г.).

Председательствовал инж. А. В. Кондратьев.

История. До постройки водопровода жители города в качестве питьевой воды пользовались колодцами и родниками, так называемыми в Харькове «криницами», из которых некоторые и до сих пор не утратили своего значения в деле водоснабжения. Так старая Барновская криница послужила местом для сбора воды в первичной стадии водопровода под названием Богомоловского источника, который еще и в настоящее время числится в списке источников современного водоснабжения, а Белгородская криница и до настоящего времени пользуется любовью населения, благодаря большой мягкости ее воды, поддерживается в состоянии, позволяющем пользование ею (ручными насосами) и недавно еще в гору и бурю гражданской войны, когда частые перерывы в работе электрической станции вызывали перебои и в работе водопровода, служила единственным источником водоснабжения для огромной части города, расположенной на возвышенности, служащей водоразделом между реками Харьков и Лопань, у подножия которой находится эта криница.

Эта вода до постройки водопровода обходилась жителям с доставкой до $1\frac{1}{2}$ коп. за 12,3 л (ведро).

В истории возникновения Харьковского водопровода, так же как и в истории водопровода всех старых более или менее крупных городов нашего Союза, осуществлению сооружения предшествует длительный период разговоров и окончившихся неудачей попыток, причина которых заключается в новизне самого дела постройки водопроводов в нашем отечестве в то время.

По документальным сохранившимся данным, первым вкладом в дело сооружения водопровода явилось пожертвование в сумме 15.000 рублей, которое сделал покидавший Харьков преподаватель французского языка в институте благородных девиц швейцарец Борель в сороковых годах прошлого столетия.

В 1846 году купечество города Харькова согласилось ежегодно отчислять по 0,5% со стоимости всех своих недвижимых владений в фонд на сооружение водопровода.

Первым реальным шагом к осуществлению водопровода является контракт, который заключила 18 марта 1869 г. Городская дума с Петербургской фирмой Заллер и Арманд. Однако это первая попытка не привела ни к каким результатам, так как фирма не приступила в обусловленный контрактном сроком к работам.

В 1872 г. Городская Дума пригласила инженера А. А. Белелюбского (строителя Новочеркасского водопровода) исследовать запасы воды в окрестностях города и составить проект водопровода. Инженер А. А. Белелюбский на основании произведенных

им изысканий пришел к заключению, что все наиболее крупные источники в окрестностях города (Карповские, Павловские, Куряжские и др.) могут дать не более 5363 м³ (436.000) ведер в сутки при стоимости сооружения в 1.239.470 руб. Им же был составлен проект водопровода из реки (Сев. Донец на 8610 м³ (700.000 вед.) в сутки с водоводом длиной около 42,5 км стоимостью в 3.355.500 руб. Но и эти работы не привели к реальным результатам.

Наконец 1 марта 1878 г. Городской Управой был заключен новый контракт с предпринимателем А. К. Рейссом и К. К. Диллем, которые, хотя сами и не использовали таковой, но переуступили в 1879 г. свои права компании в составе Рубана, Розенблома и Герца, которые и приступили к постройке и открыли действие водопровода 1 июня 1881 г.

С этой даты и начинается в прямом смысле история Харьковского водопровода, каковая распадается на 3 отдельные периода:

1) 1881—1904 гг. период эксплуатации водопровода концессионерами.

2) 1904—1919 гг. — с момента выкупа водопровода Городом до окончательного установления Советской власти на Украине.

3) 1920—1927 гг. — последний период Советской власти до 2-го Всесоюзного Водопроводного и Сан.-технического Съезда в Харькове.

1-й период. Концессия. Согласно контракту право на эксплуатацию водопровода было предоставлено концессионеру на 45 лет со дня открытия действия водопровода. Городское Управление гарантировало предпринимателю валовой доход в сумме 100.375 руб. в год, что при цене в 25 к. за 1230 л. соответствовало суточной продаже 1353 куб. м. Концессионер со своей стороны обязался доставить снабжение водой до 6027 куб. м в сутки и уложить 32,5 км труб с 340 пожарными гидрантами. При достижении потребления воды до 1845 куб. м в сутки первоначальный тариф в 25 коп. за 1230 л. должен был понижаться с доведением его до 16 коп. 1230 л. при потреблении 6027 куб. м.

Источником водоснабжения при сооружении водопровода послужила вода Харьковского песчанника, питающая Карповскую криницу.

Каптажные сооружения состояли из деревянных галлерей, заложенных в Богомоловском овраге на глубине от 3,8 до 10 м под поверхностью земли. Галлерей заканчивались сборный колодезь, также деревянным, из которого вода самотеком по чугунным трубам протяжением 690 м поступала на фильтры английского типа при насосной станции № 1, построенной на отведенном городском участке земли в конце Конторской (ныне Красно-Октябрьской) улицы у подножия Холодной Горы, на склонах которой расположен Карповский сад, отделяемый от территории насосной станции полотном Южных жел. дорог. С фильтров вода самотеком же поступала в сборный колодезь, над которым непосредственно в первые годы существования водопровода был установлен паровой насос для подачи воды в бак, стоявший в том же здании над помещением насоса. Нанором этого бака вода разводилась трубами в районы, прилегающие непосредственно к насосной станции. Эта насосная установка не удовлетворяла город и концессионеры построили другую насосную станцию, здание каковой в настоящее время использовано под водомерную испытательную станцию и токарный цех мастерской, а верхний этаж под клуб работников Водопровода.

Количество воды Богомоловских источников (812 куб. м в сутки) скоро оказалось недостаточным для удовлетворения потребности города в воде и концессионер приобрел Павловские источники, находившиеся на другом конце города в Саржинском Яру на сравнительно большой высоте над уровнем Конторской Станции, что позволило и эту воду провести самотеком к той же насосной станции водоводом из гончарных труб диаметром 225 мм (9") через весь город на длину свыше 7,5 км. Сбор воды Павловских источников был сделан дренажными гончарными трубами. Этот источник добавил еще 745 куб. м в сутки, но скоро и этой воды стало недостаточно и концессионер вынужден был искать новых источников водоснабжения.

Еще в 1862 г. профессор геологии Борисяк указывал на возможность получения в Харькове артезианской воды из песков под толщею мелового пласта. Проф. Гуров по поручению О-ва Водоснабжения проверил эти предположения и пришел к заключе-

пно, что действительно вода должна быть по его предложению на глубине 213—255 м. На основании этих данных О-во Водоснабжения приступило 11 марта 1886 г. к бурению артезианской скважины на территории насосной станции на отметке 102 м над уровнем Черн. моря. Вода действительно была получена, но только на глубине 607 м. Так как количество ее было менее ожидаемого, было решено идти глубже и на глубине 636,9 м был встречен новый водоносный слой, вода из коего поднималась на 10,7 м выше поверхности земли. Скважина была закончена диаметром 80 мм и давала самоизливом на поверхность фильтров 535 куб. м в сутки. Бурение продолжалось 3 года (скважина была закончена в марте 1889 г.). Вода выделяла запах сероводорода и заключала в себе железо, по остальным же физическим и химическим качествам она была признана по лабораторным испытаниям хорошей и годной для питья. Температура воды была 22,5°C.

Небезынтересно для истории водопровода отметить, что распоряжением генерал-губернатора вода 1 артезианского колодца, устроенного Обществом Водоснабжения, не была допущена к употреблению на основании представления, сделанного Городской Управой. О-во Водоснабжения предъявило к Городу иск, который и выиграло во всех инстанциях.

В 1898 г. О-во Водоснабжения построило вторую артезианскую скважину (№ 2). — и в 1901 г. — № 3, обе с конечной обсадной трубой диаметром 200 мм. Скважина № 2 давала сначала 1120 куб. м, но быстро уменьшила дебет и к моменту выкупа водопро. вода городом давала при понижении уровня паровым насосом только 900 куб. м в сутки. Вода скважин самооттеком подавалась на те же фильтры, которые в начале были построены для воды грунтовых источников, но целью фильтрации была уже очистка от железа, вода же грунтовых источников была пущена прямо в сборник.

Городская Дума состава 1902—1905 гг. поставила своей целью муниципализацию городских предприятий и решила воспользоваться в отношении водопровода представленным по контракту городу правом досрочного выкупа. Выкуп состоялся 1 марта 1904 года. Выкупная стоимость, определенная в 1.250.000 руб., была внесена Концессионеру 5% облигациями Харьковского Городского Займа.

Таким образом в руках концессионера водопровод пробыл 23 года.

К моменту выкупа последняя станция была оборудована 3 котлами (один Ланкаширский с 2 жаровыми трубами с полной поверхностью нагрева 64,5 кв. м и 2 — Корнваллийских с поверхностью нагрева каждый по 33 кв. м) и 3 паровыми водоподъемными машинами.

Длина городской сети составляла 49,2 км диаметром от 40 до 375 мм, не включая домовых ответвлений. Число пожарных гидрантов вантузного типа составляло 503. Количество домовых ответвлений на 1 марта 1903 г. составляло 1235.

В высших точках сети имелось 2 резервуара: один, существующий и в настоящее время, на Холодной Горе, кирпичный, разделенный перегородкой на 2 камеры, общей емкостью 1136 м³. Другой, уничтоженный при развитии водопровода, в форме железного бака емкостью 123 м³, помещавшегося в кирпичной башне высотой в 14 м на углу улиц Пушкинской и Бассейной.

Водоразборных будок было 12.

Учет воды в домовладениях производился водомерами по цене 22,5 коп. за 1230 л, за исключением некоторых крупных потребителей, которым вода отпускалась по оптовой цене. Из водоразборов вода отпускалась по 0,25 коп. 12,3 л.

Последние 5 лет эксплуатации концессионером подача воды в город выражалась следующими цифрами:

	1899 г.	1900 г.	1901 г.	1902 г.	1903 г.
За год куб. м	811.452	928.172	997.504	1.057.780	12.198.442
В среднем за сутки куб. м	2.223	2.543	2.733	5.898	3.444
Прирост в %% по сравнению с предыдущим годом	—	14	7	6	19

2-й период. До революции. Второй период в истории водопровода в свою очередь распадается на 2 отличных один от другого периода. Первый охватывает время до 1912 года. В течение этого времени с 1907 года продолжается то же постепенное развитие, как и в период концессии, без особо наперед разработанного плана. Первые 3 года управления водопроводом Городская Управа, получая чистый доход, почти ничего не отпускает на развитие предприятия, что вызывает справедливое нареkanie Зав. Водоснабжением инженера С. Несцошко-Вуйницкого в дополнительной записке к отчету за 1907 год.

С 1907 г. устраиваются новые скважины, прокладываются новые линии по городу, главным образом за счет желающих присоединиться к водопроводу домовладельцев. В 1906 г. закладывается скважина, в а 1908 г. закапывается новое машинное и котельное здания с кирпичной дымовой трубой. В этих зданиях устанавливаются в 1907 г. 2 водотрубных паровых котла на давление в 10 атмосфер Фицнер-Гампер по 125 кв. м поверхности нагрева каждый (в 1911 г. добавляется такой же третий), а в новом машинном здании устанавливаются (в 1908 г.) перенесенная из старого здания водоподъемная машина завода Коккерпл в Англии с насосом Тандем-компаунд и новая машина завода Густава Лист (в 1907 г.), первая производительностью 3057 куб. м в сутки, а вторая 3321 куб. м при давлении около 7 атм. В 1908 году к этим машинам добавляется еще третья Краматорского завода на 4428 куб. м в сутки, переделанная из двух старых насосов, а в 1911 г. четвертая завода Густава Лист тех же размеров, что и первая. Наконец, из крупных сооружений возводится в 1910 году и с весны 1911 г. включается в работу подземный регулирующий резервуар на отметке 168,25 м н. у. Ч. м. емкостью на 6150 куб. м. Наружные и разделяющая его на 2 камеры стены сложены из кирпича, а перекрытие и колонны, поддерживающие перекрытие, из железобетона. При резервуаре построено жилое здание для обслуживающего персонала с помещением для насосов верхней зоны (с отметкой выше 128 м н. уров. Черн. моря).

За этот период подмеловая скважина № 2, несмотря на попытки ее возобновления, выходит из работы вследствие обвала, по той же причине выбывает из строя подмеловая скважина № 3 и в 1910 году для пополнения убыли в воде устраиваются новые подмеловые скважины № 4 (в 1907 г. с самонизливом 2240 куб. м в сутки), № 5, работа по устройству которой отмечена рядом неудач (обрыв штанг, выдавливание которых потребовало значительного времени, последующий обрыв труб и т. д.), и которая поэтому, начатая в июне 1909 г., была закончена только в августе 1912 года, и № 6 (начата в апреле 1910 г. и закончена в феврале 1911 г.) с изливом на фильтры 1900 куб. м в сутки.

За этот же период впервые появляются скважины из трещин мела, как необходимость для усиления подачи воды в виду уменьшения дебита подмеловых скважин №№ 2 и 3 и в связи с неудачей с № 5. Первая такая скважина устроена в 1909 г., а в 1910 г. устраиваются еще 4, каковые все вместе путем откачки горизонтальными центробежными электронасосами давали до 1490 куб. м в сутки. Электрическая энергия для моторов добывалась на самой насосной станции путем установки 2 паро-динамо, первой на 20 кв. в 1910 г. с паровой частью работы англ. завода Робей, а вторая на 50 кв. в 1912 г. с паровой частью работы германского завода Борзига. Обе машины состояли из вертикальной быстроходной паровой машины (первая на 350 оборотов в минуту и 2-я на 275), соединенной непосредственно с генератором постоянного тока на 230 вольт (в обеих машинах динамо завода Всеобщая Компания Электричества).

Длина разводящей сети к 1912 г. составляла 82,95 км.

В 1912 г. наконец, Городская Управа после продолжительных и безуспешных настояний заведующего Харьковским Водоснабжением инж. С. Несцошко-Вуйницкого приступает к разработке плана развития водоснабжения города на период в 18 лет, т. е. до 1930 г. Для этой цели организуется Бюро для составления проекта под общим руководством проф. Д. П. Рузского во главе с инж. Л. В. Цеслинским, в составе инж. Л. П. Кашцева, М. В. Кульчицкого, Р. С. Будзиловича и А. П. Чеботарева. Основными положениями проекта являются следующие. При числе населения в 400.000 жителей Харьков в то время имел 250.000 жит.) количество воды должно быть доведено до 24.600 куб. м в сутки при среднем потреблении 61,5 л на человека. Водопровод должен

был удовлетворять хозяйственным нуждам с минимальным свободным напором около 3 атм. Для противопожарных целей водопровод должен был удовлетворять только в отношении подачи достаточного количества воды к машинам пожарного обоза.

Составленный проект заключал подробно разработанный план городской водопроводной сети, в остальном же ограничился только схемой, которая проводится в жизнь и в настоящее время. Схема эта заключается в следующем. Вся территория города, лежащая ниже отметки 127,8 м н. у. Ч. м., составляет нижнюю зону водоснабжения. Эта территория охватывается кольцом магистральных труб, каковое питается водой в часы наибольшего расхода с 5 точек: от четырех насосных станций, расположенных более или менее равномерно по кольцу в подходящих по топографическим условиям пунктах, а 5-й точкой питания является в часы максимального расхода регулирующий резервуар, расположенный на отметке 168,25 м н. у. Ч. м. и описанный уже выше. В остальные часы дня при равномерной работе насосов резервуар аккумулирует избыток подаваемой насосами воды.

Части города, лежащие выше отметки 128 м н. у. Ч. м., составляют особую верхнюю зону. Таких частей в городе имеется 3, но в проекте подробной разработке подверглась только одна часть, снабжение которой являлось острым вопросом дня по ходу застройки высокими домами, а именно возвышенной части, лежащей на водоразделе между реками Харьков и Лопань между улицами Сумской (ныне К. Либкнехта) и Пушкинской.

Для другой возвышенной части города, лежащей за полотном Южных ж. д., а именно для Холодной и Лысой горы, была дана только идея возможного разрешения вопроса, а относительно 3-й, лежащей в ю.-в. части города за полотном б. Юго-Восточной жел. дор. (теперь Балашовская линия Ю. ж. д.), мнения разошлись. Инж. С. Пещонко-Буйницкий настаивал на выделении этого района, но проф. Д. Рузский полагал, что характер застройки этой окраины не требует усиления напора. Изменившиеся во время войны и после революции условия развития города показали, что инж. С. Пещонко-Буйницкий был прав и в текущем году производится выделение и этого района в верхнюю зону водоснабжения.

Помимо кольцевых магистралей, от каждой станции была намечена радиальная магистраль для питания центра и для создания более короткого пути для воды, подаваемой насосами в сеть, к регулирующему резервуару.

После одобрения проекта проф. Д. П. Рузского и Д. В. Цеслинского в 1913 году была организована Комитора по расширению водопровода, главным инженером которой был приглашен по конкурсу инженер Д. Д. Тил, стоящий во главе Комитора до 1919 г., в конце коего, после смерти Заведующего Водопроводом инж. С. С. Пономарева, он был назначен Заведующим Водоснабжением, объединив в своем лице и эксплуатацию и строительную часть.

Начавшаяся в 1914 году империалистическая война сначала отразилась на сокращении планов расширительных работ, но катастрофа, которой окончилась наступление на Карпаты, с последовавшей эвакуацией ряда заводов В. К. Э. из Риги, Герлих Пульст из Варшавы, Лейтнер из Риги и жителей, потребовал на оборот резкого усиления водоснабжения. Поэтому работы по расширению замерли только уже после революции в период гражданской войны, но условия военного времени не могли не отразиться на нормальном ходе работ. Заграничный рынок отпал, русские заводы были завалены работой на оборону, а потому естественно приходилось приобретать машины случайно, более или менее подходящие, отказываться от ряда сооружений, диктовавшихся техническими соображениями, за невозможностью получить оборудование (напр. регуляторы для фильтров), ограничиваться временными сооружениями и довольствоваться в бурении старыми налаженными методами.

Все это не следует забывать, когда приходится знакомиться с сооружениями, относящимися к этому периоду.

Необходимо для истории водопровода отметить, что к началу рассматриваемого периода статический горизонт воды в подмеловых скважинах в результате открытия новых и новых скважин понизился, количество воды, изливаемой скважинами напором

водоносного горизонта на фильтры, вследствие этого уменьшилось, а потому пришлось изменить метод эксплуатации, обратившись к способу, применявшемуся к меловым скважинам, т. е. к откачке центробежными насосами. В 1913 г. самонзливом вода поступала на фильтры только из скважин №№ 4 и 6, позднее эти скважины переведены на оборудование насосами.

В 1912 г. расход воды городом составил за год 2.002.337 куб. м или в среднем за сутки 5485,5 куб. м.

В 1919 году расход воды городом составил в год 4966 605 м³ или в среднем за сутки 12.850 м³.

Такое увеличение было достигнуто следующими работами:

Устроено новых подмеловых скважин 26 (№№ 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 21а, 22, 22а, 23, 23а, 24, 24а, 25, 25а, 26, 26а и 27) и из фосфоритовых песков 4 скважины (№№ 7, 9, 9а и 10).

Построена с капитальными сооружениями по схеме проекта Д. П. Рузского и Л. В. Цеслинского станция № 2 (на Малиновской ул.) и с сооружениями временного характера станции № 3 (на Павловской Даче).

Длина сети к 1 января 1920 года доведена до 130,6 км, число домовых присоединений до 3090, число водоразборных будок доведено до 36 и колонок до 6, а всего общественных водоразборов до 42.

После 1919 года события гражданской войны с сопутствовавшей, как следствие империалистической и гражданской войн хозяйственной разрухой, почти совершенно приостанавливают рост развития предприятия, каковой начинается снова только в 1924 года.

3-й период. При Советской власти. В последний период истории водопровода водоснабжение вступило в сильно расшатанном состоянии. Ограниченность отпускаемых средств на развитие в период войны при быстро растущих потребностях города в воде не давали возможности при существовавших в военное время затруднениях в получении предметов оборудования своевременно заменять, а часто даже и ремонтировать работавшие без останова машины, так как все средства вкладывались на устройство новых скважин. Насосы 1 подъема воды на скважинах при наличии в воде свободной углекислоты и сероводорода были изношены и разрушены до того, что в некоторых из них появлялись в чугуне корпуса свищи, соединявшие всасывающую камеру с нагнетательной. Изменение дебита самих скважин делало некоторые установки крайне дорогими в эксплуатации, так как насосы совершенно не отвечали изменившемуся дебиту скважин и работали при искусственном напоре, создаваемом прикрытием задвижки. Паровые котлы за отсутствием запасных труб работали с большим процентом заглушенных отверстий в решетке. Паровые машины были расшатаны, плунжера изношены песком, подававшимся из скважин с пропавшими фильтрами и трубами, выключение каковых скважин из работы не представлялось возможным в виду резкого недостатка в воде в связи отчасти с растущими потребностями города, а отчасти вследствие огромного процента неучтенной воды, явившегося следствием износа и отсутствия запасных частей для ремонта водомеров. С 85,4% в 1914 г. процент учтенной воды упал к 1923 году до 58,0%. Скважины умирали одна за другой, а бурение новых вследствие изношенности бурового инструмента и падения производительности труда не поспевало не только за удовлетворением растущей потребности, но даже и за пополнением убыли вследствие умирания старых скважин.

Последнее явление, т. е. малый ерок службы скважин наблюдался и раньше. Примерно средним числом за год убывало 10% дебита источников.

Эта убыль в старых источниках продолжается и в настоящее время. Напр., по отчету за последний истекший год на 1 октября 1925 г. дебет источников составлял 17.571 м³, из коих за год убыло 2850 м³ т. е. 16,2%. Если из этой убыли исключить временный выход из работы, вызванный глубокой откачкой из соседних скважин, вследствие чего эксплуатация прежним оборудованием — горизонтальными центробежными насосами — стала невозможной, то остается фактическое уменьшение дебета в 1732 к. л., цифра очень близкая к 10%.

Такое положение угрожало самыми серьезными и печальными последствиями и при существовавшем методе использования скважин, дававшем в среднем с одной скважины около 740 м³ в сутки (60.000 вед.), ставил под угрозу самую возможность дальнейшего развития водоснабжения на артезианской воде. В самом деле: при ежегодном приросте потребления в 10% ежегодное усиление источников должно было бы составлять 20% потребления, что потребовало бы при расходе в 24600 м³ в сутки и при продолжительности бурения в 1 год одновременного бурения около 7 скважин при расходе в 36.900 куб. м — 10 скважин и т. д.

Это положение естественно поставило перед управлением Водоснабжения ряд следующих проблем:

1. Изыскание других возможных источников водоснабжения из открытых водоемов, поскольку подземные воды в окрестностях были достаточно изучены.

2. Выяснение возможного количественного предела использования артезианского потока в виду возникших сомнений в обеспеченности его водой вследствие понижения статического уровня.

3. Применение других методов использования скважин с целью повышения дебита каждой скважины.

4. Изменение конструкции скважин и главных фильтров для удлинения срока службы скважин и

5. Применение современных методов бурения для сокращения срока бурения новых скважин.

Состояние водоснабжения в то время и необходимость в кратчайший срок привести его в состояние, соответствующее требованиям момента, диктовало далее более простые в отношении разрешения задачи:

6. Восстановление механических средств подъема воды и

7. Восстановление водомерного хозяйства.

Изыскание новых источников водоснабжения. В отношении новых источников водоснабжения внимание естественно было обращено на Сев. Донец, на каковой, как было упомянуто выше, указывал инж. А. А. Бедельюбский еще в 1872 г.

Технические изыскания были начаты в 1917 г., а биологическое санитарное обследование под руководством проф. В. М. Арнольди в 1918 г., но и те и другие в силу происходивших событий гражданской войны шли с перерывами, не были доведены до конца и временно оставлены.

В 1924 г. осенью удалось возобновить биологическое обследование рек, начиная от города Харькова, т. е. Лопани, Уд и Сев. Донца, последнего от села Кочеток выше г. Чугуева до Змиева. Целью этих обследований было убедиться в возможности с санитарной точки зрения использовать для водоснабжения города участок С. Донца ниже впадения Уд между селом Мохнач и деревней Черемушной, как более богатый водой, чем выше Чугуева. Вопрос приобретал остроту от того, что сточные воды Харькова, пройдя очистку на биологической станции Харьковской Канализации, вливаются в р. Лопань и с водами последней, вливаясь в р. Уды, попадают в Сев. Донец выше указанного места (по руслу реки расстояние от города свыше 80 км). Первый выпуск трудов Комиссии по обследованию, произведенному под общим руководством проф. Л. А. Шкорбатова (фитопланктон), проф. С. И. Златогорова и д-ра В. Н. Демьяненко (бактериология), д-ра В. Г. Соболева (химическая часть) и ассистента ИНО И. Н. Фадеева (зоопланктон), уже вышел из печати, в конце текущего года ожидается выход 2 и 3 тома

В виду того, что результаты обследования не дали вполне определенного ответа на поставленный вопрос с одной стороны, а с другой, что до сих пор не имеется ответа и на вопрос, заключающийся во 2-й проблеме относительно мощности артезианского потока, Управление Водоснабжения считало необходимым продолжать обследование, обратив особое внимание на часть Сев. Донца выше с. Кочеток. В текущем году с большим трудом удалось добиться ассигнования в урезанном против представленной сметы размере и притом с оговоркой, что это последнее ассигнование.

Управление Водоснабжения не может согласиться с такой постановкой вопроса, считая, что до тех пор, пока не будет с научной обоснованностью доказано, что количе-

ство артезианской подмеловой воды настолько велико, что и при использовании из него значительных количеств воды до 62—74 тыс. килолитров статический уровень не понижался настолько, что сможет сделать такое использование практически невозможным, должно продолжаться наблюдение и изучение санитарных и технических данных, характеризующих Сев. Донец, как источник водоснабжения, чтобы иметь все необходимые материалы для составления проекта водоснабжения из р. Сев. Донец, так как в противном случае при необходимости отказаться от дальнейшего усиления откачки артезианской подмеловой воды водоснабжение города может быть поставлено в крайне тяжелое положение. Только своевременное и длительное изучение открытого водоёма может быть гарантией от ошибок при возведении дорого стоящих сооружений речного водоснабжения для большого города.

Обследование артезианского потока. Изучение артезианского потока с научной стороны для получения ответа на другой поставленный вопрос о пределах возможного его использования было по представлению Управления Водоснабжения поручено проф. Н. Г. Малишевскому и проф. геологии ИЮ А. С. Федоровскому.

И в отношении этого обследования можно повторить все, сказанное выше о Сев. Донце. Напр., в 1926 г. даже отпущенные по смете ассигнования были, несмотря на protestы Управления Водоснабжения, не использованы под предлогом режима экономии, каковой по идее как раз диктовала усиление этой работы, постольку, поскольку только при твердой уверенности в верности намечаемого плана развития на будущее можно избежать непроизводительных затрат на сооружения, вызываемые экстренной необходимостью, являющейся неизбежным следствием отсутствия или необоснованности плана.

В этот вынужденный распоряжением сверху перерыв в работе произошло понижение статического уровня воды водоносного горизонта почти на 1 метр, причины коего невольно ускользнули от лица консультантов. И здесь поэтому надо повторить то же, что и выше, т. е. что обследование это должно продолжаться до получения вполне определенного ответа на поставленный вопрос.

Изменение способа эксплуатации скважин. С целью повышения дебита каждой скважины, а через это, следовательно, сокращения количества новых скважин было решено в широком масштабе использовать разные технические методы извлечения больших количеств воды из скважин путем глубокой откачки, а именно установку горизонтального электронасоса на дне глубокой шахты, турбинных центробежных насосов погруженных в скважину и соединенных длинным валом с электромотором, стоящим под скважиной, таких же насосов, погружаемых в скважину вместе с мотором (насосы Рада) и эрлифтом (Мамонт — насосов), т. е. подъем воды сжатым воздухом. Последний способ мог быть применен к существующим скважинам, так как он не требует ни специальных приспособлений, как 1-й способ (глубокая шахта), ни скважин специального диаметра, как два последние. Правда, насосы Рада выполняются и таких размеров, которые допускают их применение на скважинах диаметром 200 мм, но при этом они дают, даже согласно реклам, до 1300 клт в сутки, что не удовлетворяло поставленным условиям испытания, целью коего было получить из подмеловых скважин в среднем не менее 2000 клт, т. е. более, чем извлекалось горизонтальными насосами из отдельных лучших скважин (до 1800 клт). Способ извлечения воды из скважин турбинными насосами, опускаемыми в скважину с электромотором наверху, был применен на Харьковском Водопроводе еще в 1913 г. на 3 скважинах из трещин мела, но этот опыт не мог быть показательным, во-1-х, потому что насосы были маломощные (на 864 клт. в сутки) и во-2-х, они были опущены на незначительную глубину, так как оказавшиеся искривление в скважинах, для которых они были заказаны, отражалось неблагоприятно на работе насосов и не давало возможности использовать их на полную глубину, на которую они были заказаны (20 м).

Первый опыт применения подъема воды сжатым воздухом дал в условиях, в которых находилось водоснабжение города, блестящие результаты. В виде опыта, за отсутствием новых скважин и за невозможностью при напряженной работе водопровода выделить одну из работавших на город скважин, этот метод был применен к меловой сква-

жине № 1, вышедшей уже из работы, так как откачка из нее центробежным насосом с горизонтальной осью не давала никаких результатов при самых ничтожных количествах воды, почти при полной прикрученной задвижке насос срывал. Путем применения эрлифта скважина дала свыше 1000 клт в сутки и подает это количество беспрерывно уже в течение более 1½ лет. Таким образом эрлифты, независимо от экономических результатов их работы, сразу открывали перед Управлением Водоснабжения широкую возможность оживления уснувших скважин, что и было широко использовано, а отчасти намечено использовать в ближайшем будущем. Применение эрлифта к заканчиваемым одной ремонт (подмеловая № 6) и другой новой скважине (№ 25) показали, что поставленная цифра в 2000 клт. может быть легко превзойдена: № 6 дал 3320 клт, а № 25 — 2625 клт в сутки. Оставалась экономическая сторона, но и с этой точки зрения пока эрлифты вполне оправдали себя. По последним данным за первое полугодие текущего бюджетного года даже эксплуатационные расходы по подъему воды эрлифтом оказываются в наших условиях работы на 100 клт. поднятой воды ниже, чем при работе горизонтальных и вертикальных центробежных насосов, а именно составляют 1 руб. 69 коп., тогда как при горизонтальных насосах 1 руб. 71 коп., а при вертикальных 1 руб. 92 к.

В настоящее время закончена одна подмеловая скважина диаметром в верхней части в 500 мм и 2 такого же диаметра меловых для установки вертикальных насосов, опускаемых в скважину, но насосы к ним, заказанные отчасти Московскому Машиностроению, отчасти за границей (заводу Егер в Лейпциге, еще не получены.

При подмеловой скважине № 17 устроена глубокая шахта и на дне ее на глубине около 11 метров установлен центробежный насос. Опыт показывает, что эта скважина работает экономичнее других, но самая затрата на устройство шахты делает этот метод менее экономичным по сравнению с эрлифтами.

Изменение конструкции скважин для достижения большей продолжительности службы. В отношении удлинения жизни скважин внимание прежде всего было обращено на конструкцию фильтров. Применявшиеся прежде фильтры, состоявшие из железной трубы с круглыми отверстиями, обмотанной медной проволокой и с напаянной сверху проволоки медной сеткой, быстро забивались. Взамен этого Управлением Водоснабжения спроектирован и применен на практике фильтр, представляющий из себя мелкую трубу со щелевидными прорезами по производящим цилиндра, образующего фильтр, расположенными в шахматном порядке. Каковые прорезы уширяются от внешней поверхности цилиндра к внутренней. Благодаря такой конструкции песчинки не могут застрять в фильтре, более крупные обтекают фильтр снаружи и создают фильтрующий слой, а мелкие проскакивают внутрь и выносятся водой из скважины.

В настоящее время перед Управлением Водоснабжения стоит вопрос изучения причин быстрого пропавания обсадных труб. Намечено, с одной стороны, тщательное изучение химического состава воды на глубине для решения вопроса, не является ли железо в воде, выходящей на поверхность земли, хотя бы частично результатом разрушения труб углекислотой и сероводородом, содержащимся в воде, а с другой намечены технические методы удлинения срока службы скважин, путем замены в нижней части скважины железных труб медными или путем установки еще одной дополнительной колонны труб с фильтром на конце, легко сменяемой при ремонте. Намечаются и другие методы (напр. устройство скважины большого диаметра в 500 мм до водоносного пласта, вставка в эту колонну другой нормального диаметра в 250 мм и заливка цементом между-трубного пространства), но все эти приемы требуют затраты значительных дополнительных средств, что служит препятствием к испытанию их на практике.

Новые приемы бурения. Отсутствие средств до последнего времени мешало также и применению вращательного способа бурения для глубоких скважин. Намечено при первой возможности испытание на практике вращательного бурения по способу инж. Капелюшника, о котором было доложено на прошлом съезде самим изобретателем, но которое пока не проведено в жизнь.

На бурении меловых скважин сделан интересный опыт применения смешанного способа бурения капатного и вращательного, о чем будет сделан специальный доклад Заведующим буровыми работами Г. А. Сичевым в водопроводной секции. Все необхо-

дымые для этого способа приспособления были сконструированы из разных случайных найденных в Харькове частей самим Г. М. Сычевым. Способ этот дал значительное сокращение времени прохождения скважины.

Восстановление механического оборудования. Возвращаемся к практической повседневной работе предприятия. Для обеспечения работы предприятия прежде всего было необходимо восстановить его механическое оборудование. По самому характеру нашего водоснабжения, состоящего из большого количества сравнительно мелких установок, разбросанных по всей территории города, рисовалась необходимость полной электрификации всего предприятия. Своя силовая установка существовала только на старейшей станции № 1. Станции №№ 2 и 3 позднейшей постройки получали энергию от Центральной Электрической Станции. Но и силовая установка станции № 1 обслуживала только 2-й подъем и частично 1-й лишь в пределах территории самой станции, а потому не давала никакой гарантии бесперебойной работы даже этой станции, создать же такую гарантию можно было только путем сооружения своей электрической сети по всему городу, что явно было бы неэкономично при наличии в городе мощной центральной электрической станции. Поэтому был составлен и проведен в жизнь проект электрификации станции № 1. Изношенные насосы 1 подъема всевозможных систем и форм были заменены насосами завода Егер в Дейнице, причем, в зависимости от разных условий работы, была разработана схема удовлетворения всех установок минимальным количеством размеров, сведенных до 3 (100, 125 и 150 мм). Благодаря этому при конструкции насосов Егера, позволяющей сборку насосов из отдельных секций, в зависимости от напора, число запасных частей сведено до минимума и этим облегчается уход и ремонт насосов.

Далее в своих мастерских переконструированы вертикальные насосы для скважин по типу насосов Мытищеской Станции согласно указаниям доклада инж. В. А. Нунечникова с устройством внутренней трубы, заполненной смазкой, в которой вращается вал насоса.

В настоящее время все насосы таким образом находятся в полной исправности.

Восстановление водомерного хозяйства. Одновременно с восстановлением насосов шла и восстановление водомерного хозяйства. Заказ на водомеры был дан осенью 1923 года, а с весны 1924 г. с получением водомеров, началась установка новых водомеров. Благодаря этому, процент учтенной воды быстро вернулся к нормам довоенного времени и в 1925 г. дал уже величину 86,2%, а за первое полугодие текущего года составил 88,2%.

В то же время было приступлено к окончанию оставшихся незаключенными подмеловых скважин №№ 19 и 25 и обе доведены до конца и приступлено к бурению новых скважин подмеловых (одна № 21 уже закончена, а 2 находится в работе) и меловых (закончено 4: №№ 10, 28, 29 и 30). Кроме того проведены работы по капитальному ремонту со сменой внутренней основной колонны обсадных труб на трех подмеловых скважинах (№№ 6, 10 и 12).

Для усиления подъема воды в город построена 4-я насосная станция 2 подъема (согласно общей схеме проф. Д. П. Рузского).

Развитие сети. Вместе с тем началось развитие сети на окраинах и к концу прошлого бюджетного года длина сети достигла 165 км (увеличение на 33 км за 3 года.).

Советская власть, уделяя особое внимание интересам окраин, возложила на Управление Водоснабжения новую обязанность по устройству новых и приведению в порядок существовавших раньше колодцев местного пользования как буровых, так и грунтовых в районах, не охваченных сетью труб. В настоящее время в ведении Управления Водоснабжения состоит 64 таких колодца, из них 44 буровых с ручными насосами, а 20 грунтовых, из них 8 оборудованы насосами, а 12 бадьей.

Таким образом в настоящее время состояние водоснабжения рисуется в следующем виде.

Состояние в настоящее время. Источниками водоснабжения служат:

1. 11 подмеловых скважин (№№ 3, 4, 5, 6, 7, 9, 13, 17, 19, 20, 25) глубиной, как сказано выше, около 640 метров. Скважины №№ 1, 2 и 16 окон-

чательно вышли из строя и не ремонтировались—№ 1 вследствие малого конечного диаметра осадных труб, № 2 и 16, как неудачные с самого начала устройства. №№ 8, 14 и 15 недавно выключены из работы и ждут очереди на ремонт; на № 10 — только что закончен капитальный ремонт; №№ 11 и 12 ждут оборудования, заказанного за границей; № 18 — был начат перед революцией и остался незаконченным; № 21 — закончен бурением и ждет оборудования, заказанного за границей; №№ 22 и 23 находятся в работе; на № 24—поставлено все оборудование для бурения и по плану работ должно быть начато бурение в августе этого года. Общая производительность всех скважин 11.637 клт в сутки, что составляет 49,6% общего дебита источников. Дебит отдельных скважин резко различается один от другого. Минимальный в группе, обслуживаемой горизонтальными насосами, выражается цифрой 340, средний 677 и максимальный 1105 клт в сутки. Эрлифтами вода подымается из трех скважин: № 5, старая скважина, испорченная еще во время устройства и оживленная эрлифтом, дает 505 клт. в сутки, а две другие одна (капитально отремонтированная № 6) — 3320 клт. а другая (новая № 25) — 2400 клт. в сутки; таким образом для эрлифтов средняя производительность выражается в 2075 клт в сутки.

2. 21 меловая скважина (№№ 1, 2, 4, 5, 9, 9а, 10, 10а, 14, 14а, 16, 23, 23а, 25, 25а, 26, 26а, 27, 28, 31) глубиной от 60 до 150 метров. Производительность всех скважин составляет 10.903 клт. в сутки или 46,4% от общего дебита всех источников. Дебит отдельных источников при эксплуатации насосами (12 скважин) колеблется от 130 до 780 клт. в сутки, при среднем 302 клт. в сутки, а при эксплуатации эрлифтами (9 скважин) от 635 до 1220 при среднем 809 клт. в сутки.

3. 2 скважины из фосфоритовых песков (глубиной 30 метров) общим дебетом 435 клт. в сутки (1,9% от общего дебета).

4. Павловский грунтовый источник, дающий самотеком 560 клт. в сутки (2,1% общего дебета).

Таким образом общий дебет всех источников составляет 23.475 клт в сутки.

По опыту Харьковского водопровода неизбежные остановки оборудования для осмотра, перебивки подшипников, из-за перерывов тока, а также нецелесообразное по несомнению обслуживающего персонала и т. п. уменьшают дебет скважин, до 15%, а следовательно, обеспеченным количеством воды в источниках для снабжения города водопровод в настоящее время располагает только 22.260 клт. или 1.810.000 ведер в сутки.

Вода из скважин в бактериологическом отношении вполне благополучна, из грунтовых же источников (Павловского и временно неиспользуемого вследствие происходящих работ по развитию Харьковского ж.-д. узла Богомолковского), как оказавшихся в районе застройки, вызывает, особенно в летнее время, сомнения. При отсутствии фильтров для освобождения воды от бактерий это вынуждает нередко в самое напряженное время работы водоснабжения выключать эти источники из работы. Чтобы избежать этого, Управление Водоснабжения заказало и в текущем году установит приборы для хлорирования воды этих источников жидким хлором по системе д-ра Арнштейна, примененной в Ленинграде. Приборы уже получены, но к созалению установить их к началу Съезда не представилось возможным. Наблюдение за составом воды производится в лаборатории Горсанэпида. Бактериологические пробы берутся ежедневно.

Химический состав воды разных источников и воды из крана сети в помещении химической лаборатории Горсанэпида представлен в прилагаемой таблице.

Наличие в воде железа требует очистки воды. К сожалению, так как быстрое развитие водопровода за последние 14 лет происходило все время в ненормальных условиях (война, революция, хозяйственные затруднения), при постоянном недостатке средств испрашиваемые Управлением Водоснабжения кредиты на сооружения по очистке воды из года в год исключались. Поэтому очистка производится частично на станции № 1 и на старых фильтрах английской системы путем пропуска воды через песок со скоростью до 500 м. в час и полностью только на станции № 2, постройка которой была закончена в 1914 году, т. е. еще в нормальных условиях, где вода подвергается

предварительной аэрации и затем быстрой фильтрацией через песок со скоростью, достигающей от 2 до 6 метров в час, с периодической промывкой песка обратным током воды с одновременным перемешиванием его струей воды из брандбойта и ручными граблями. Примитивность этого последнего приема находит себе историческое оправдание. Здание фильтров было построено первоначально, как здание градирии, по образцу Елисаветградского водопровода с кирпичной градирией и последующими фильтрами английского типа со скоростью фильтрации 500 м. в час. Практика работы показала, что железо не задерживается в кирпичах и уносится на фильтры, которые начинали работать на перелив спустя неделю после чистки. Так как при таких условиях эксплуатация становится немыслимой, пришлось проектировать после целого ряда опытов предварительную очистку. В результате получились ныне работающие скорые фильтры, которые очищают воду от железа настолько совершенно, что вторичная фильтрация стала излишней, а потому здание английских фильтров было обращено в дополнительный резервуар для воды, а частью для хранения промытого чистого песка. Так как переделка эта была выполнена уже в военное время, то механизмов для перемешивания песка поставить не удалось (форма скорых фильтров прямоугольная, так как в существовавшем здании колонны не позволили спроектировать круглых фильтров достаточной площади). В настоящее время Управлением Водоснабжения производятся опыты промывки фильтров по американским образцам с большой скоростью, о чем будет сделано специальное сообщение в водопроводной секции Заведующим Тех. Отделом Управлением инж. Л. П. Кащеевым.

Станции № 3 и 4 пока лишены всякой очистки от железа, что угрожает закупориванием сети, сокращением службы всех приборов сети и вызывает справедливые нарекания населения, получающего в районах, прилегающих непосредственно к этим станциям, мутную желтую воду. Интересы самого водопровода и населения жестко требуют скорейшего сооружения фильтров.

Жесткость воды в сети за последнее десятилетие в результате все более и более широкого применения меловых скважин сильно повысилась.

По данным «Результатов химического исследования Харьковской водопроводной воды в 1913 г.», произведенного проф. Я. М. Зильбером, бывшим в то время городским химиком и помещенного в «Сведениях о деятельности санитарной организации и об эпидемических заболеваниях г. Харькова за январь—апрель 1914 года», общая жесткость водопроводной воды из сети колебалась в пределах от 16.1 до 18.9 немецких градусов (при постоянной жесткости от 2.8 до 5.04), по его же данным в 1926 г. общая жесткость достигала до 27 немецких градусов.

Конечно, при нашей системе водоснабжения эти цифры в разных частях сети могут подвергаться значительным колебаниям. При нормальных условиях развития Управление Водоснабжения стремится соблюдать на каждой станции определенное соотношение между подмеловой и меловой водой примерно в отношении 3 : 2. В настоящее время это соотношение сильно нарушено, но на ближайшие годы намечается преимущественно бурение подмеловых скважин с целью восстановления этого соотношения, что должно повести и к снижению общей жесткости воды в сети.

Энергия. Как уже было указано выше, все механические установки водопровода электрифицированы и получают энергию от Центральной городской станции по цене 4.2 коп. за киловатт-час. Своя силовая станция окончательно ликвидирована в 1926 г. Ток электростанции 3-х фазный 6000 вольт при 50 периодах в секунду, а в осветительной сети 196 вольт.

Станция № 1 и 4 обеспечены энергией от шин высокого напряжения электростанции специальными фидерами. В текущем году намечена прокладка такого же фидера для станции № 2. Станции № 3 и 5 (а пока и № 2) присоединены к общей высоковольтной сети электростанции. На всех станциях имеются свои трансформаторные установки. Все новые моторы свыше 100 л. сил устанавливаются высоковольтные, а моторы прежних установок и ниже 100 л. сил остаются низковольтными (190 в.). Большинство насосных установок при скважинах (1-й подъем) питаются током непосредственно из осветительной сети электростанции.

Перейдем к описанию установок 1 и 2 подъема.

1-й подъем. Вода из скважины забирается частью (за 1925,26 б. год 59,7%) горизонтальными центробежными насосами, установленными на дне глубоких шахт (2,50—3 метра), кроме подмелевой № 17, где насос установлен на дне глубокой шахты на 11 метров ниже поверхности земли, частью (4,7%) вертикальными турбинными насосами для буровых скважин (диаметр ободных труб в месте установки насоса от 450 до 650 м.м) и частью (35,2%) сжатым воздухом (эрифт). Установок первого типа имеется 15, второго было 3 шт., но в настоящее время вследствие выхода скважины в ремонт не работает ни одна.

Сжатым воздухом обслуживается 12 скважин.

В связи с оборудованием новых скважин эрифтами и временным выбытием из строя установок с вертикальными насосами в настоящее время процентное соотношение по роду подачи представляется в таком виде: самотеком (Навловский источник) — 2,1%, горизонтальными насосами 40,3% и сжатым воздухом 57,6%.

В прошлом отчетном году расход электрической энергии на подъем 160 килолитров воды горизонтальными насосами составил 20,8 куч., вертикальными 25,8 куч. и эрифтами 36,9 куч. Последняя цифра объясняется тем, что компрессора работали не полной нагрузкой и за первое полугодие текущего года эта цифра в среднем снижена до 30,6 куч., но предполагается достигнуть еще дальнейшего снижения, так как в отдельные месяцы некоторые компрессора дали расход в 23,3 куч. В течение отчетного года путем индивидуального изучения каждой насосной установки достигнуто снижение расхода энергии и на установках с горизонтальными электронасосами до величины в 18,5 куч. Это достигнуто местами сменой насосов, местами уменьшением числа ступеней в насосе, а местами переходом к регулированию подачи всасывающей, а не нагнетательной задвижки. Последним приемом, напр. на подмелевой скважине № 13 расход электрической энергии понизился с 27,7 до 21,8 куч. на 100 к.л.

Разбросанные по территории города скважины группируются районами около 4 станций 2-го подъема воды.

1-й подъем скважин-района станции № 1 производится частью сжатым воздухом, частью электронасосами производительностью от 0,44 до 0,69 куб. м в минуту, станций № 2 и 3 электронасосами производительностью от 0,22 до 0,85 куб. м в минуту, станции же № 4 исключительно сжатым воздухом. Компрессора на станции № 1 установлены в бывшем котельном помещении, кроме первых 2-х по времени установки, которые были пущены в работу еще до ликвидации котельной и поставлены поэтому временно один (Ленинградского Машиностроительного завода типа Бородино на 6,2 куб. м засасываемого воздуха в минуту) в насосном зале, а другой (Харьковского Паровозостроительн. завода на 11,3 куб. м засасываемого воздуха в минуту) во временном деревянном здании. В здании бывшей котельной установлены компрессора: 2 Ленингр. маш. завода — один типа Борзиг на 16 куб. м, а другой типа Бородино, как описано выше и один Х. П. З. на 17 куб. м засасываемого воздуха. Все компрессора соединены с моторами ременной передачей. Кроме того в текущем году предстоит установка ротационного компрессора на 22 куб. м засасываемого в минуту воздуха завода Демаг в Дунсбурге (Германия) непосредственно соединенного с электромотором. На станции № 4 стоит пока один компрессор Х. П. З., как описанный на станции № 1 во временном здании, т. е. на 11,3 куб. м в минуту засасываемого воздуха. Давление при пуске около 7 атм., во время работы 4 атм.

2-ой подъем. Насосами 2-го подъема всюду являются горизонтальные центробежные насосы непосредственно соединенные эластичными муфтами с электромоторами при числе оборотов 1.450 в мин. Рабочий напор 7,5 атмосфер.

Станция № 1 общей производительностью 9.790 куб. м в сутки имеет два насоса работы Харьковск. Паровозостроит. завода: один производительностью 4,5 куб. м в минуту, а другой 6,5 куб. м. В текущем году намечена установка 3-го насоса завода Егер в Лейпциге производительностью 6,66 куб. м в минуту с электромотором 210 л. сил Сименса-Шукерта. У действующих насосов электромоторы ГЭТа 140 и 190 л. с. Все моторы высокого напряжения в 6000 вольт.

Станция № 2 общей производительностью 4.895 *куб. м* в сутки (один ХПЗ на 4,5 *куб. м* в мин., остальные Зульцера: два по 1,28 *куб. м*, а один 1,88 *куб. м* в мин.). Все моторы напряжения 190 вольт, у насоса ХПЗ мотор ГЭТа 155 л. сил, у 2-х Зульцера — ВЭЖ по 40 л. сил, а у 3-го Зульцера — Броун Бовери 50 л. сил.

Станция № 3 общей производительностью 2.930 *куб. м* в сутки имеет 2 электронасоса. Один Вортингтон на 1,62 *куб. м* в минуту, а другой Зульцера на 1,88 *куб. м* в минуту. Моторы на 190 вольт: ГЭТ — 60 л. с. и Броун-Бовери 50 л. с.

Станция № 4 общей производительностью 5.860 *куб. м* в сутки имеет 3 электронасоса, 2 завода Егера на 2,95 *куб. м* в минуту каждый, соединенные с моторами ГЭТ по 100 л. с. и 1 Зульцера на 1,28 *куб. м* в мин. с мотором ГЭТа в 50 л. с. Все моторы на 190 вольт. Средний расход электрической энергии на 2-й подъем в прошлом году составил 34,8 куч. на 100 кат, а общая стоимость эксплуатационных расходов 1 р. 82 к. на 100 кат.

Насосы 2-го подъема работают в разводящую сеть нижней зоны водоснабжения (отметки от 102 до 128 м над уровнем Ч. м. в высших точках которой) на высоте 168 м над уровнем Ч. м. находятся подземные регулирующие резервуары (Холодногорский емкостью 1.136 килолитров и Чернышевский — 6.150 кат).

3-й подъем. Районы города, лежащие выше отметки 127 м над уровнем Черного моря, выделены в особую зону водоснабжения. По топографическим особенностям территории города таких районов имеется 3. Один (водораздел между реками Харьков и Лопань) получает воду от насосов, установленных при Чернышевском подземном резервуаре нижней зоны, на особой станции № 5, имеющей 2 электронасоса (насосы Егера на 2,95 *куб. м* в мин., моторы 190 вольт ГЭТа по 60 л. с.). Расход электрической энергии на 100 кат составил в прошлом году 20,0 куч., а общая стоимость эксплуатационных расходов 1 руб. 33 коп. В другом районе (Холодная и Лысая горы), у подножия которого расположена станция № 1 напор создается насосами, установленными на станции № 1 (агрегат № 1 состоит из насоса завода Вейзе и Мопский на 1,23 *куб. м* в минуту и мотора 20 л. с., другой из насоса Егера на 6,676 *куб. м* в мин. и мотора 10 л. сил. Оба мотора 190 в.). Насосы работают прямо в сеть. Расход электрической энергии на 100 кат в прошлом году составил 46,2 куч., а общая стоимость эксл. расходов 1 р. 98 к. Для 3-го района (за линией Балашов Ю. ж. д. и в юго-восточной части города) насос будет установлен в текущем году на станции № 2. Для регулирования работы насосов 1-й из описанных районов имеет водонапорную железную башню системы инженера Шухова (гиперболоид вращения) с баком емкостью 886 килолитров высотой дна бака 34,0 м. Разводящая сеть, как уже сказано выше, имеет длину 165 км. Диаметр трубы от 75 до 600 мм. Число домовых присоединений на 1 октября 1926 г. 3.332. Водоразборных будок 41, колонок 68 штук. Кроме того имеется 3 автомата для отпуска воды. Печарных кранов 1293, из них вантузного типа 947 шт., Московского 344 шт. и надземных 2 шт. Задвижек 691 шт. Отпуск воды исключительно по водомерам.

Город Харьков в старой городской черте имеет общую длину улиц 252 км, а в новой 535 км. Так как сеть в разных местах уже вышла за пределы старой городской черты, то сравнение ее длины с длиной улиц в этих пределах не может дать настоящей картины, если же сравнить с длиной улиц в новой черте, то охват составляет всего 31%.

При общем числе земельных участков в городе около 20.000 домовых присоединений числится 3.332, что составляет лишь 16,6%. Действительное число присоединенных домовладений еще меньше, так как в число 3.332 входят и отдельные дополнительные водомеры, устанавливаемые, правда, в небольшом количестве в исключительных случаях для особого учета воды отдельных частей домовладений, занимаемых разными учреждениями на том же ответвлении, на котором стоит общий для домовладения водомер.

Малой протяженностью сети и малым числом домовых присоединений объясняется последнее место, которое занимает Харьков среди крупных городов Украины в отношении потребления воды на душу населения в среднем.

По данным, опубликованным Ц. С. У. Украины (Статистич. Хроника вып. № 51 от 15 ноября 1926 г.) среднее суточное потребление на 1 жителя за 1924-25 г. составило

вило по крупным городам Украины: в Одессе 64 л. и Киеве — 40 л. в Днепропетровске — 37 л. а в Харькове только 31 литр, а за первое полугодие 1925/26 б. г. и в Одессе — 67 л. в Днепропетровске — 44 л. в Киеве — 39 л. и в Харькове — 36 л. Таким образом Харьков неизменно в этом отношении занимает последнее место, хотя во многих других отношениях он идет вперед; число водомеров в процентах от числа присоединений в Харькове 94,4, в Киеве — 88,2, в Днепропетровске — 87,1, процентное отношение пропущенной к подаваемой воде за 1924/25 б. г. в Харькове 83,1%, в Киеве — 82,3%, в Днепропетровске — 74,4% и в Одессе — 60,7% и т. п. То же последнее место занимает Харьков и по проценту присоединенных к водопроводу домовладений: за тот же 1924/5 б. г. в Харькове было присоединено лишь 19,4%, тогда как в Киеве — 34,3%, а в Днепропетровске — 65,2%. На 1 километр сети приходилось во 2-м квартале 1925/26 б. г. в Харькове около 20 присоединений, тогда как в Днепропетровске около 30 присоединений.

Все эти данные объясняют низкое душевое потребление и говорят настойчиво о необходимости более энергичного развития сети и числа домовых присоединений для чего нужно усиление ежегодных ассигнований на развитие сети и облегчение условий присоединений к сети предоставлением длительных рассрочек платежа с одновременным введением в силу обязательного постановления об обязательном присоединении к сети для более экономически мощных домовладений, находящихся на улицах, где имеется сеть труб. Таким меропрятием будет достигнуто и улучшение санитарного состояния всего города.

Техническое состояние сети в общем удовлетворительно, что видно из числа разрывов. В прошлом году таковых было 14 (в предыдущем 18).

Характерной особенностью повреждений магистралей за истекший год является значительное количество продольных трещин (6 шт. или 42,9% общего числа против одного или 5,6% в прошлом), из коих 4 имели место на укладках последних лет (1924 и 1925 гг.) одно повреждение на трубах диаметром 250 мм, 2—200 мм и 1—100 мм, что свидетельствует о низком качестве современного чугунового литья.

Из нововведений на сети заслуживает внимания быть отмеченным наземный гидрант системы зав. сетью С. А. Полякова, питьевая колонка Гигиена системы инж. Д. Д. Тина и С. А. Полякова, заглушка для приостановки течи из пожарных гидрантов Вантузного типа сист. С. А. Полякова на время до раскопки, чтобы избежать выключения участков сети, и наконец, автоматы для отпуска воды населению систем: 1) инженера Технического отдела Управления Водоснабжения Г. П. Эйгина и 2) инж. Д. С. Черкеса и С. А. Полякова. Конструкция этих приборов будет доложена Водопроводной секции, здесь же уместно только сказать 2 слова об истории возникновения автоматов.

Содержание водоразборных будок при современных условиях обходится очень дорого. Открытие их на 8 часов не удовлетворяет населения. Оплата сверхурочных и праздничных сильно повышает накладные расходы. Предоставление выходных дней затруднительно, так как требуется передача кассы и съемка показания водомера. Все это заставило Управление Водоснабжения отказаться от устройства новых будок и перейти на систему колонок, сдаваемых по подписке населению. Такая система дала удовлетворительные результаты. Взнос денег в подавляющем большинстве случаев производится аккуратно, но появился в скрытой форме накладной расход на население, так как таковое вынуждено в той или иной форме оплачивать труд уполномоченного, который собирает деньги и сдает их в Управление Водоснабжения. Тогда возникла мысль об автомате. Был устроен конкурс в пределах предприятия, на который поступило 6 проектов. Из них 2 были удостоены премиями заказаны местному заводу Комхоза. Один из них системы инж. Г. П. Эйгина, основанный на принципе электромагнитов, будет установлен в 3-х местах, в городе, а с другим, чисто механическим, произведен по вине завода, большая задержка и первый автомат только что выпущен с завода и будет демонстрироваться при осмотре станции № 1.

Медленный рост числа домовых присоединений, объясняемый уже изложенными выше причинами экономического характера, отразился на понижении коэффициента

использования сети. Тогда как в довоенное время на 1 километр сети приходилось до 24 8 присоединений и даже после интенсивного развития сети в 1913 и 1914 годах эта цифра, упав до 21,3, быстро была восстановлена до 23,6 в настоящее время из года в год нагрузка падает, достигла на 1 января 1926 г. — 20,0 присоединений, и, если за последний год немного и повысилась (до 20,4), то это объясняется отсутствием ассигнований в прошлом году на развитие сети (удлинение за год составило всего 2,49 км.)

Водоснабжение поселков Липовая Роща и Ясная Поляна. С расширением городской черты в таковую вошло 2 поселка Липовая Роща и Ясная Поляна, лежащие один возле другого и имевшие каждый независимый один от другого водопроводы из мелких скважин, каковые были переданы также в ведение Управления Водоснабжения. Для уменьшения расходов по эксплуатации Управление проложило соединяющие разводящие сети обоих поселков линии труб и нормально держит в рабочем состоянии только одну насосную станцию, а именно в Ясной Поляне, как лучшей оборудованную, пуская в работу станцию Липовой Рощи только тогда, когда 1 станция в Ясной Поляне в разгар лета не может справиться со своей задачей. Оборудование Ясно-Полянской станции состоит из 1 скважины со штанговым насосом и 1 плунжерного насоса, которые оба приводятся в движение Дизелем в 30 л. с. Оборудование крайне изношено. Управлением Водоснабжения устроена 2-ая скважина и в текущем году предполагается ликвидировать дизельную установку, поставив компрессор с электромотором для 1-го подъема воды из обеих скважин и мощный электронасос 2-го подъема. После проведения этих работ оба поселка получат обеспеченное бесперебойное снабжение водой.

Эксплуатационные данные. Перейдем теперь к цифрам, характеризующим эксплуатацию.

За 1925/26 б. г. городом потреблено 5.449.533 килолитра воды. Максимальный суточный расход составил 19.855 клт, средний 14.930 клт и минимальный 9.191 клт. Учтено водомерами 85,34% всей израсходованной городом воды.

Доход за 1925/26 б. г. — 1.508.179 руб. 22 коп.

Расход по эксплуатации — 897.042 руб. 44 коп. и по развитию 662.228 руб. 20 коп.

В виду того, что последние годы водопровод не удовлетворяет всей потребности города в воде и периодами бывают перебои в снабжении водой, картина колебаний расхода воды по месяцам из года в год меняет свой характер, имеет крайне неустойчивый обрис, что сильно затрудняет построение планов на будущее.

Вода, отпущаемая населению, в настоящее время полностью учитывается водомерами. По отчету за 1925/26 б. г. по водомерам учтено 94,5% и только 5,5% приходится на средний расчет, применяемый в случаях порчи водомеров. По характеру распределения воды 92,0% падает на домовые присоединения 7,4% на общественные водоразборы и 0,6% на поливку. Из воды, отпущенной в домовых ответвлениях, 40,8% приходится на жилые дома, 27,4% — на торгово-промышленные заведения, 11,5% — на учреждения 8,2% — на лечебные заведения, 6,4% — на учреждения Военного Ведомства и 5,7% — на учебные заведения. Вода, отпущенная на общественных водоразборах, распределяется на будки 60,7%, колонки 39,1 % и автоматы 0,2%.

Напряженность работы Водоснабжения характеризуется цифрами коэффициента использования механических установок 1-го подъема, каковые не имеют резерва. В среднем за истекший год этот коэффициент (отношение числа часов работы к общему числу часов работы предпринятия, т. е. 24 × 365) составляет 79,6%, а в отдельные месяцы достигает 93,9%.

Лучшей оценкой работы предприятия с экономической точки зрения могут служить цифры, характеризующие постепенное снижение себестоимости 1230 л. воды.

	Стоимость эксплуатационных расходов на 1.230 л. воды	
	Подаятой	Проданной
1923/24 бюджетный год	1 руб. 75 коп.	2 руб. 48 коп.
1924/25 " "	1 " 69 "	2 " 05 "
1925 26 " "	1 " 64 "	1 " 97 "

Перспективы. Закончим на этом описание состояния и обзор результатов эксплуатации и перейдем к последней части доклада о намеченном развитии и текущем году и перспективах на ближайшие последующие годы.

В текущем году должна быть включена в работу отремонтированная подмелевая скважина № 10, установлены уже полученные компрессора для использования бездействующих групп скважин №№ 11 и 12, состоящая из меловой и подмеловой скважины, далее должны быть получены и установлены вертикальные турбинные насосы на законченных скважинах подмеловой №№ 21 и меловых № 29 и 30. В результате этих работ дебет источников предполагается увеличить на 6950 *квт* в сутки, что даст общий дебет источников около 30.000 *квт*, т. е. 2.440.000 ведер воды.

Для обеспечения будущего года должно быть закончено к концу бюджетного года бурение подмеловой скважины № 22 и в течение зимы № 23, а в конце этого года намечено приступить к бурению № 24.

В отношении развития сети единственной планомерной работой является снабжение водой поселка Шатиловка, а в остальном прокладка ограничивается малыми участками по коллективным заявлениям о желании присоединиться к сети. Общая предположенная длина укладки составляет 7,9 *км*.

Число новых домовых присоединений ожидается около 200.

В отношении перспективы развития на последующие годы, как уже было сказано выше, отсутствие уверенности в возможности получить большое количество воды, которое могло бы удовлетворить город через 20—25 лет, из водоносного горизонта подмеловых песков, заставляет Управление Водоснабжения вести научное исследование в этом направлении, не оставляя в то же время и изучение Сев. Донца, как возможного источника водоснабжения города в будущем.

Ясно, что при таком положении вещей не представляется возможным разработать план развития предприятия на значительный период времени. Открывшиеся возможности лучшего использования артезианского потока путем методов глубокой откачки, а особенно эрлифтами, применение которых возможно и при значительном понижении статического уровня подземных вод, питающих в настоящее время водоснабжение города, дает лишь с большим вероятием право рассчитывать на возможность сохранения существующего источника водоснабжения на ближайшее десятилетие.

На основе этих положений в последнем году Управлением Водоснабжения было разработано 2 альтернативных плана, построенных каждый на отличных один от другого предположках. Такое обилие планов объясняется тем, что 1-й был представлен по заданию НКВД и построен на предположениях достижения вполне определенной цели, составление же второго было предложено Обрипраном после представления первого, причем в основу был положен другой принцип, а именно реальные возможности ежегодных ассигнований, с предложением разработать возможно наилучшее их использование.

Первый план был построен таким образом, что в ближайшие 2 года достигалось полное удовлетворение водой части города, охваченной в настоящее время сетью труб, в пределах возможной потребности. Последняя определялась подачей воды в день максимального потребления в полуторном размере против среднего, т. е. в классическом соотношении этих элементов, каковое имел в довоенное время г. Харьков и какового в настоящее время он не имеет в силу того, что, как только начинается летнее увеличение потребления, так сказывается недостаток воды и начинается искусственное в силу этого торможение роста потребления. В 1912 году при среднем потреблении в 5.486 *м³* в сутки максимальный суточный расход составлял 8.241 *м³* или 150%, в 1913 г. при среднем 5.886 *м³* максимальный был 8.241 *м³* или 147%, а в последние годы: в 1923/24 б. г. при среднем — 10.969 *м³* (981.761 вед.) максимальный—15.010 *м³* (1.220.270 в.) или 124%, в 1924/25 б. г. при среднем — 12.222 *м³* (993.615 в.) максимальный — 15.016 *м³* (1.220.800 в.) или 123% и в 1925/26 году при среднем — 14.930 *квт* максимальный — 19.855 *квт* или 133%. Эти цифры, — особенно одна и та же цифра максимума в 1923/24 и 1924/25 гг., — наглядно показывают, что максимум обуславливался не потребностью, а возможностью подачи. Дальнейшие 3 года развития была поставлена задача дости-

жения к концу 10-летнего периода при таком же темпе работ охвата водопроводной сетью 50% улиц в новой городской черте, что соответствует ежегодному удлинению сети на 6,5%. Увеличение ежегодного расхода воды городом было предположено в 15% против предыдущего (последний год — 1925/26 г., — дал по сравнению с предыдущим прирост в 22,2%, чем достигалось к концу периода при ежегодном приросте населения в 5,5% суточное потребление на 1 жителя в 60 литров, т. е. существующая в настоящий момент норма потребления в Одессе, — достижение для столицы Украины весьма скромное.

В основу 2-го плана было предложено принять возможность использовать на развитие предприятия превышение эксплуатационных доходов над расходами с ежегодным дополнительным ассигнованием путем займа (из расчета погашения таковых в 4 последующие года из 9% годовых) в размере, среднем из полученного в прошлом и предположенного в текущем году займов, т. е. около 400.000 рублей.

Для того, чтобы уложиться в рамки этих заданий, пришлось допустить ежегодное снижение процента прироста потребления с возвращением его к довоенному приросту, т. е. примерно в 8%. Современный темп развития всех крупных городов Союза и новые условия, в которые попал Харьков, после революции ставший центром политической, административной и промышленной жизни второй по величине и значению республики в Союзе, говорят за то, что предположения эти должны быть сложены жизнью и тогда город снова окажется в том же тяжелом положении с водой, как и в настоящее время.

В силу этих же жестких рамок пришлось настоятельно необходимое в интересах сохранения сети и насосов самого водопровода, а также и в интересах населения сооружение фильтров для очистки от железа, отнести только к концу пятилетнего периода.

На развитие сети осталась лишь сумма, достаточная на укладку 7,5 км в год, что также совершенно не удовлетворяет потребности быстро растущих окраин.

Поэтому в результате, если этот план будет проводиться в жизнь, то при всей его финансовой реальности он окажется ни для населения, ни для самого предприятия абсолютно не отвечающим потребностям: при этом к концу периода расход на 1 человека достигнет только 54 литров, т. е. даже не достигнет существующей в настоящее время в Одессе нормы, охват улиц сетью дойдет только до 39%, а число домовых ответвлений достигнет 27% общего числа домовладений в Одессе. Еще в 1910 г. по данным труда Ф. А. Дашилова «Водопроводы русских городов» число домовладений, присоединенных к сети, достигало 89%, а свыше 30% присоединенных домовладений имел целый ряд городов, как Тифлис, Нижний-Новгород, Казань, Полтава, Двинск, Полоцк, Новгород, Армавир. Не приходится доказывать, что подобное положение в 1932 году для столицы Украины совершенно не отвечает самым скромным требованиям элементарного благоустройства, которые могут быть предъявлены к крупному центру.

Если обратиться к анализу проекта расходной сметы по годам в пределах пятилетия, охватываемого планом, то мы увидим что к пятому году сумма платежей по займам достигает цифры в 486.800 рублей, что составляет более 50% суммы, которая может быть израсходована на развитие предприятия (928.000 руб.). Это происходит от нелозумительно тяжелых условий займов, которые представляются ЦК Банком на развитие предприятий. При изменении этих условий хотя бы на предоставляемых жилищному строительству, а именно на 25 лет из 3½% ежегодно освободились бы суммы на производственные расходы по развитию предприятия от 234.300 руб. до 433.000 руб. к последнему году, а всего за 5-летний период на сумму 1.350.000 руб.

Этот последний подсчет указывает на необходимость облегчения условий займов для развития водоснабжения городов.

Заключившая на этом свой доклад, я предлагаю вниманию Съезда следующие вытекающие из всего вышесказанного выводы:

1. Учитывая, что первым залогом санитарного благополучия всякого населенного места, а тем более большого и густо населенного центра политической, административной, научной, хозяйственной и промышленной жизни крупной государственной и промышленной единицы, является здоровая вода для всего населения, — признать темп развития водоснабжения города Харькова, положенный в основу пятилетнего плана,

не отвечающим значению города в Украине, в частности, в целом Союзе вообще, и потому обратить внимание руководящих развитием коммунального хозяйства гор. Харькова органов на необходимость изыскания средств на усиление развития водоснабжения для скорейшего охвата всей территории города сетью труб центрального водоснабжения, с соответственным одновременным усилением источников водоснабжения и станций.

2. Вопрос тщательного научного обследования источников водоснабжения, требующего продолжительного времени с привлечением научных сил, является в высокой степени важным во избежание ошибок при проектировании развития водоснабжения, каковые могут быть причиной огромной бесполезной траты народных средств, а потому учитывая общую сложность проблемы изучения природы и количественных запасов водоносных горизонтов, залегающих на значительной глубине, с одной стороны, и необходимость постоянного гидрологического и санитарного наблюдения за открытыми источниками водоснабжения, каковые могут прийти на смену подземным водам в случае их истощения, с другой — считать необходимым продолжать изучение природы и количества меловых и подмеловых горизонтов, питающих водоснабжение города Харькова, с химической, бактериологической, геологической и гидрологической точек зрения до полного выяснения сущности и размеров их запаса, продолжая в то же время гидрологическое и санитарное наблюдение за рекой Северным Донцом, не останавливаясь перед необходимыми на это затратами, ничтожными в сравнении со стоимостью водопроводных сооружений, которые могут оказаться излишними при отсутствии достаточных данных в случае недоведения научной работы до конца.

3. Считать, что природа коммунальных предприятий санитарного характера, назначение коих заключается в обслуживании населения города с наивысшей доступностью их услуг для всех социальных групп ради санитарного благополучия всего населения города в целом, допускает возможность погашения краткосрочных займов с высокими процентами на затраченный капитал лишь за счет общего санитарного благополучия населения, так как при наличии таковых займов или требуется недопустимое повышение тарифов, что неизбежно понижает пользование услугами предприятий менее обеспеченных социальных групп, или вредный для всего организма города в целом замедленный темп развития предприятий, а потому обратить внимание руководящих органов власти на необходимость предоставления на развитие коммунальных предприятий санитарного характера возможно долгосрочных и с возможно низким процентом займов, хотя бы на тех условиях, которые предоставляются жилищному строительству.

По докладу Съездом вынесено следующее постановление:

1) Признать желательным усиление развития водоснабжения гор. Харькова для скорейшего охвата всей территории города водопроводной сетью.

2) Считать необходимым продолжать изучение природы артезианских вод и санитарных качеств воды Северного Донца, вплоть до полного выяснения всех данных, необходимых для обоснования составления проекта водоснабжения г. Харькова на 25—30 лет вперед.

Доклад проф. Н. М. УШАКОВА.

ВОЙСКОВОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ.

(Доложен в обед. засед. водопроводной и канализационной секций 12 мая 1927 г.).

Председательствовали инж. Д. С. Черкас и проф. П. Ф. Горбачев.

На основании опыта империалистической войны, вопросы водоснабжения как на фронте, так и в тылу, в связи с развитием техники отравляющих веществ и прогрессом авиации, получили особое значение. Численность современных армий и скученность их расположения при позиционной войне требуют подачи чрезвычайно большого количества воды, что ставит на очередь вопрос о механизации подачи воды, обеспеченной от отравления, к различным участкам войскового расположения.

Вместе с тем и маневренная война, при возможности отравления всех открытых водных источников воздушными аппаратами противника, требует, для достижения намеченных операций принятия ряда мер, по обеспечению доброкачественной водой как фронтовых частей, так и тыловых учреждений и организаций. Для выполнения последней задачи необходимо применение легко устраиваемых или подвижных установок, обслуживаемых специальными частями.

Из данных заграничной военно-технической литературы видно, что во всех странах вопросы водоснабжения фронта и тыла выдвинуты в настоящее время на первый план, что вызвало в свою очередь необходимость образования специальных частей, ведущих вопросами водоснабжения на фронте.

Однако, из сопоставления того масштаба работ, который потребует водоснабжение фронта и тыла в современной войне, с небольшими кадрами военных специалистов, можно сделать вывод, что выполнение столь обширной задачи совершенно не под силу одним военным организациям, вследствие чего для выполнения намеченных работ естественно необходимо будет привлечь значительное количество технического персонала, обслуживающего ныне различного рода водопроводные сооружения или имеющие опыт в указанной специальности.

Рассматривая свойства ныне применяющихся отравляющих веществ можно сделать заключение, что при развитии у противника воздушных аппаратов, все открытые источники, могущие служить для водоснабжения войск и тыловых учреждений, в пределах 300 верстной полосы и далее, могут быть отравлены, что делает невозможным ранее применявшиеся примитивные способы питания водой, непосредственным забором последней из открытых водоемов или неглубоких колодцев.

Естественно, что стремление обеспечить воду от отравления вызвало в широком масштабе использование подземных вод, расположенных на такой глубине куда действие отравляющих веществ не может распространяться.

Однако, как показывают отчетные данные французских, немецких и английских источников, использование в широком масштабе подземных вод встретило большое затруднение в смысле наличия соответствующих буровых средств и обслуживающего персонала, что заставило обратиться и к получению воды из открытых водоемов, организовав при этом особые устройства, служащие для очистки и обезвреживания воды.

При современных условиях ведения войны вопрос о снабжении доброкачественной водой фронта и тыла требует планомерной и длительной подготовительной работы, для возможности осуществления всех мероприятий, связанных с водоснабжением. Как видно из примеров минувшей империалистической войны, все страны уже в период военных действий были поставлены перед необходимостью проведения весьма сложных мероприятий по обеспечению позиций и тыловых учреждений водой, что совершенно не было предусмотрено до того времени в общем плане работ военного командования. В Германии и отчасти во Франции до войны существовали организации, в задачу которых входили лишь санитарно-технические мероприятия по очистке питьевой воды, для предупреждения инфекционных заболеваний, при чем предполагалось, что основными источниками водоснабжения будут открытые водоемы и протоки. Предполагавшаяся маневренная война, естественно, требовала создания легкопередвигаемых аппаратов-станций, предназначенных для очистки воды в бактериальном отношении, каковые и получили наибольшее развитие в германской армии.

Однако, изменившиеся условия ведения операций, как то: позиционная война, вызвавшая чрезвычайное скопление живых масс на различных участках фронта, применение отравляющих веществ и развитие авиации, коренным образом изменили существовавшие до того времени условия и вызвали к жизни новые формы и организации в деле водоснабжения. Прежде всего выяснилась невозможность, при наличии у противника отравляющих веществ, пользоваться на участках фронта водой из открытых источников водоснабжения, что потребовало создания особых тыловых станций, получающих воду из районов, расположенных в значительном удалении от фронта и подающих таковую, посредством особого трубопровода и водоразборных будок, непосредственно к участкам фронта.

Особое развитие водопроводные устройства получили на английском участке фронта, где например, для снабжения 1 армии требовалась подача воды для питания 300.000 человек и 150.000 лошадей, суточная же потребность в воде для одного корпуса исчислялась в 3000 куб м. Однако, несмотря на обилие материальных средств, рост водопроводных сооружений на французском театре встретил затруднение, вследствие недостатка потребных для этой цели насосов и водопроводных труб.

Несколько большое значение получило водопроводное дело в военной технике, может служить пример подготовки наступательных операций в последний период войны на французском фронте, когда вслед за наступающими войсками последовательно прокладывались линии водопроводных труб, так как возможность удержания захваченных позиций и продвижение вперед по полюсу, оставленной противником, требовало непрерывного снабжения водой, обеспеченной от отравления.

Дальнейший прогресс в деле применения отравляющих веществ и увеличение дальности действия воздушных аппаратов противника — ставят под угрозой отравления даже далеко расположенные открытые источники водоснабжения, что вызывает необходимость в обезвреживании таких вод посредством особых установок или в широком применении для целей водоснабжения подземных вод.

Пользование подземными водами для целей войскового водоснабжения встречает ряд затруднений, как со стороны геологической, вследствие отсутствия соответствующих карт, характеризующих залегание и направление подземных потоков, так и со стороны строительной, требующей наличия значительного числа буровых средств и опытного технического персонала. Возможность получения в значительном количестве подземных вод требует длительных и планомерных работ по изучению намеченного района в гидрогеологическом отношении, почему будущие театры военных действий должны быть обеспечены гидрологическими картами и перечнем сведений о составе и мощности различных подземных источников.

Производство в большом масштабе буровых работ в период военных действий, как показал опыт минувшей войны, встречает ряд затруднений, особенно в области, относящейся к глубокому бурению. Недостаток соответствующего оборудования и отсутствие технического персонала особенно ярко выявились на русском фронте, где работы такого рода выполнялись гидротехническими организациями быв. Министерства Земледелия. Как пример, можно привести ряд случаев, когда по стратегическим условиям существовавшая обстановка требовала расположения позиций на участках, отдаленных от водных потоков, что, в связи с невозможностью устройства водоснабжения с длинными трубопроводами, вызывало необходимость в непосредственном снабжении участков фронта водой из подземных горизонтов.

Для возможности получения на фронте в широком масштабе вод из подземных источников, необходимо предусмотреть в мирное время потребное для этой цели оборудование и учесть весь тот технический гражданский персонал, который сможет быть привлечен для работ в военное время. Естественно, что все необходимое для производства буровых работ, оборудование не может полностью находиться в мертвом инвентаре Военного Ведомства, а последнее должно иметь лишь необходимые на первый период операции комплекты, ведя точный учет всем буровым средствам, имеющимся в распоряжении гражданских организаций.

Однако, как показывает опыт производства буровых работ, ограничиться одной пассивной подготовкой, всего необходимого для работ на фронте материала, было бы недостаточно, так как особенно при глубоком бурении, подготовка некоторых скважин требует весьма длительного периода. Вследствие этих причин необходима заблаговременная подготовка будущих театров военных действий, путем устройства ряда буровых скважин в местах, имеющих наиболее важное стратегическое значение, где по местным условиям получение воды сопряжено с большими затруднениями или в тех пунктах, которые по своему положению являются наиболее угрожаемыми в смысле отравления.

Вместе с тем представляется совершенно необходимым подробное изучение в области водоснабжения тех районов будущих противников, которые непосредственно прилегают к границам, так как развитие операций на территории противника в большей мере завис-

сит от возможности использования всех имеющихся в этой полосе технических устройств для чего необходимо быть знакомым как с имеющимися там системами водоснабжения, так и с положением и свойствами различных источников. В этом отношении наиболее ярким примером может служить наступление со стороны России на Восточную Пруссию, где при захвате ряда городов, вследствие незнакомства технического персонала с системой водоснабжения, оказалось невозможным использовать городской водопровод, что поставило в вероятно тяжёлые условия наступающие части.

Гражданская война также выявила то особо важное значение, которое приобретают различные водопроводные сооружения в борьбе за населённые пункты, почему как охрана таковых сооружений, так и быстрое их восстановление должны быть включены в задачу военного командования.

На основании приведенных кратких соображений можно установить нижеследующие основные положения:

1) При современном положении технических средств борьбы, вопросы водоснабжения получают особое значение в деле подготовки страны к обороне в инженерном отношении.

2) Подготовка страны к обороне в современных условиях возможна лишь при совместной, планомерной работе военного ведомства и гражданских организаций.

3) Широкое применение на фронте и в тылу различного рода отравляющих веществ выдвигает на очередь вопрос о снабжении фронта и тыла водой, обеспеченной от отравления.

4) В связи с применением в современной войне отравляющих веществ, особое значение для целей водоснабжения получают подземные воды, как наиболее обеспеченные от отравления.

5) Для возможности использования на фронте и в тылу подземных вод необходимо произвести ряд подготовительных работ по изучению в геологическом и гидрогеологическом отношении будущих театров военных действий.

6) Использование на фронте и в тылу подземных вод требует широкого развития буровых работ, для чего необходимо предусмотреть в мирное время потребное на первый период оборудование, развитие необходимых для этих целей производственных предприятий и подготовку соответствующих специалистов.

7) Устройство правильного водоснабжения на фронте и в ближайшем тылу вызывает необходимость в постройке и оборудовании ряда насосных станций и в прокладке значительной сети водопроводных труб, что требует наличия в стране известных резервных средств, выделить которые для нужд фронта возможно без нарушения основных задач водопроводного хозяйства страны.

8) Для облегчения применения и обслуживания на фронте и в тылу различного рода механических устройств желательно произвести стандартизацию типов, пригодных для обслуживания войсковых организаций.

9) Невозможность постройки и обслуживания всех водопроводных сооружений войсковыми организациями, вызывает необходимость в привлечении для этой цели, в широком масштабе, опытных гражданских специалистов, работающих ныне на общественных водопроводах.

10) Трудность снабжения всех участков фронта и тыла подземными водами заставляет прибегать также к получению воды из открытых водотоков, что потребует устройства различного рода очистных сооружений, имеющих наиболее простое устройство.

11) Особое значение для войсковых целей получают передвижные установки, снабженные всеми приборами, необходимыми для очистки и обеззараживания воды.

12) Развитие авиации и увеличение района действия летальных аппаратов ставят на очередь вопрос о принятии мер против отравления воды в городских водопроводах, входящих в зону действия аппаратов противника.

По докладу Съездом вынесено постановление:

Принять к сведению.

ТРИ ПЕРИОДА СТРОИТЕЛЬСТВА БАКУ-ШОЛЛАРСКОГО ВОДОПРОВОДА.

(Доложен в пленарном заседании Съезда 12 мая 1927 г.).

Председательствовал инж. А. М. Архипельский.

Краткая историческая предпосылка.

Вопрос о снабжении г. Баку и его районов грунтовой водой из Шолларской низины, находящейся в 186,6 км от г. Баку близ ст. Худат бывш. Влк. ж. д., был впервые поднят в 1899 г. инженером В. В. Линдлеем, приглашенным Бак. Город. Управлением для производства изысканий водоснабжения г. Баку из рек Куры и Самура. «Шолларский» вариант и выдвинутый инж. В. В. Линдлеем тезис, что «грунтовые и ключевые воды должны быть предпочтены речным в качестве питьевых», вызвали в свое время большие споры, как в Бак. Город. Думе, так и в Бак. Отд. Технического О-ва.

В 1909 году, после десятилетних изысканий, все три проекта были доложены Линдлеем IX Водопроводному съезду в Тифлисе?

В защиту своего «Шолларского» варианта Линдлей привел много данных, убеждавших в преимуществах этого варианта водоснабжения перед другими — как в техническом, так и в финансовом отношении.

Девятый съезд, разделив соображения Линдлея, признал «Шолларский» вариант наиболее рациональным и вынес соответствующее постановление.

Положительное заключение по этому проекту дали так же геологи П. Е. Воларович и Н. Ф. Погребов, приглашенные Бак. Город. Думой для выяснения мощности и надежности Шолларских водных ресурсов.

Объем Шолларского проекта Линдлея и его выполнение.

Проект Шолларского водоснабжения, предусматривая в общем добычу и распределение 12 миллионов ведер воды в сутки, рассчитан на последовательное выполнение его по частям, в зависимости от роста потребления воды.

Строительство Баку-Шолларского водопровода, начатое на основах проекта инженера В. В. Линдлея 1 мая 1910 г., продолжается в настоящее время и будет производиться в дальнейшем, в зависимости от роста водопотребления.

По времени выполнения произведенные и программные строительные работы составляют три строительных периода, а именно:

В е р в ы й п е р и о д, с 1 августа 1910 г. по 1 апреля 1917 г., предусматривавший все работы, необходимые для водоснабжения г. Баку и Пром-районов 37.000 км. в сутки, фактически были выполнены работы для подачи в город и на Промысла не более 18.500 км. ведер воды в сутки, так как по требованию Кавказской Военной Власти постройка водопровода, раскинувшаяся на 175 верст вдоль полотна Влк. ж. д. и мешавшая во время войны переброске войск и грузов на Кавказский фронт, закончена была спешно и со многими недоделками.

Пережитая в те времена общая разруха отразилась на постройке водопровода как с технической, так и с производственной стороны. Тяжелым тормозом она легла и на темп последующей его достройки и развития.

В т о р о й п е р и о д строительства, именуемый теперь «всплывшим», стал возможен лишь после Советизации Азербайджана. Измеряясь промежуточном времени с 28 апреля 1920 г. по 1 октября 1925 года, он явился продолжением первого строительного периода — **д о с т р о й к о й в о д о п р о в о д а** — для добычи и распределения 3.000.000 ведер воды в сутки. В этот строительный период, кроме предусмотренных проектом Линдлея работ, были выполнены также работы этим проектом не предусмотренные; например: — постройки жил-домов для лишней работников, восстановление его-

ревшей Насосной станции, капитальное переустройство поврежденных участков бетонного водовода, присоединение к Шолларской водопроводной сети 13 ближайших крестьянских селений, с общим числом жителей до 39.000 человек.

Третий строительный период, непосредственно следующий за вторым и именуемый «Шестилетним плановым», определяется промежутком времени с 1 октября 1925 г. по 1 октября 1931 года. В течение этого периода выполняются работы по увеличению мощности Шолларского водоснабжения с 37 тыс. до 74 тыс. м³ воды в сутки. Этого увеличения потребовали: значительный рост Бакинской Промышленности, населения города и рабочих поселков, значительное увеличение площади зеленых насаждений, постройка новой бак. канализации, а также решение снабдить Шолларской водой все селение Апшеронского Полуострова.

Каждый из трех строительных периодов может быть охарактеризован перечнем работ, выполненных в эти периоды.

Первый строительный период.

В первый строительный период были выполнены:

1. Захватные сооружения в Шолларе, состоящие из:

а) Восьми артезианских скважин, глубиной от 51 до 58 м каждая, устроенных из железных, оцинкованных, (дырчатых и сплошных) труб $D=800$ мм и снабженных каждая всасывающей чугун. трубой $D=400$ мм и длиной 9 м.

б) Сифонного чугунного провода, с начальным диаметром 400 мм и конечным 750 мм, общим протяжением около 1500 м, с восемью чугунными ответвлениями к артезианским скважинам $D=400$ мм и длиной по 25 м каждое, с шестью автосифонными перепадами В. В. Зиндлера и 22 бетонными шахтами с чугунными люками (при скважинах, задвижках и перепадах).

в) Сборного межевого бетонного колодца для приема и пропуска в водов. 148.000 куб. м. воды в сутки, поступающей в него через водосливы из сифонных проводов и

г) Узкоколейки, протяжением до $2\frac{1}{2}$ км, связывающей Захватные Сооружения со ст. Худат и обслуживаемой конной тягой.

II. Водовод общим протяжением 186,60832 км, связывающий Шолларские Захватные Сооружения с Насосной станцией (близ ж. д. разъезда «Насосный») и эту последнюю с городскими резервуарами в Баку.

В названное протяжение входят:

1. Бетонный (состав бетона 1 : 2 : 4) гравитационный водовод грушевидной профили 170+120 см, со средним уклоном 1 : 2750 от Сборного Межевого колодца в Шолларе до Насосной станции, протяжением 147,09373 км, включая 30 чугунных дукеров $D=1200$ мм общим протяжением 7,60927 км, головные и концевые бетонные камеры, вентиляционные бетонные шахты и Бетонный тоннельный провод (профиль 280+220 см, уклон 1 : 1000) длиной 790 м. Через каждые 600 м водовод имеет входные бетонные шахты с чуг. люками.

Пропускная мощность названного участка водовода равна 74.000 куб. м воды в сутки, при высоте слоя воды 116 км.

2. Чугунный напорный провод, $D=800$ мм протяжением 18,74678 км от Насосной станции до Изливной Камеры, близ ж. д. разъезда «Гюздек». Через р. Сумгаит-Чай он переброшен посредством каменно-бетонного акведука длиной 50,8 м и уложен там из стальных заварных 800 мм фланцевых труб.

Пропускная мощность Напорного провода = 37.000 куб. м в сутки, при полной высоте подъема воды до 140 м. На своем протяжении он оборудован 4 вантузными и 4 выпускными устройствами, а также 2 обратными клапанами.

3. Бетонный гравитационный водовод (состава 1 : 2 : 4), от Изливной Камеры до городских резервуаров + 110 в Баку:

а) грушевидной профили 100+150 см, протяжением 15,33131 км и уклоном 1 : 1500, с пропускной мощностью 74.000 куб. м в сутки.

б) грушевидной профили 120+150 см, протяжением 1.09950 км и уклоном 1 : 1000, между Баладжарским тоннелем и дуккером «Гаджи-Гасан» с пропускной мощностью 74.000 *кб.* м воды в сутки.

4. Чугунный провод $D=1200$ мм (в районе Хурдаланских нефтяных пластов) протяжением 260 м и уклоном 1 : 1500, с пропускной мощностью 74.000 *кб.* м в сутки.

5. Чугунный дуккер «Гаджи-Гасан» $D=800$ мм, протяжением 3.307 км, со средним гидравлическим уклоном 1 : 750, пропускной мощности 37.000 *кб.* м воды в сутки.

6. Бетонный тоннельный провод, с профилем 280+220 см, протяжением 770 м и уклоном 1 : 1000, через Баладжарскую возвышенность, пропускающий 74.000 *кб.* м воды в сутки.

Работы по постройке водовода «Шоллар-Баку» были начаты в августе 1912 года и закончены к 1 января 1927 г. Они производились одновременно на всем его протяжении, разбитом на 12 строительных участков.

При рытье траншей водовода, достигавших глубины 13 м, приходилось применять солидные крепления, а в павзулах — шпунты, отводить речки, производить продолжительные водотливы на его северных участках и применять на южных участках, в скалистых грунтах, порохоострельные работы.

В местах пересечения полотна о.в.п. Влад. ж. д. и Зап. ж. д. над водоводом построены каменные разгрузные арки (всего 9 шт.).

III. П а с о с н а я с т а н ц и я производительностью до 18.500 *кб.* м воды в сутки.

В ее состав вошли следующие сооружения:

а) Каменное под железной крышей, машинное здание размерами 72×19 м, выстроенное по проекту гражд. инженера Тер-Микаэляна в Мавританском стиле и рассчитанное инженером В. В. Лиделем на установку шести насосных агрегатов для подачи 6 миллионов ведер воды в сутки.

б) Три подземных бетонных водоприемных резервуара, размерами 17×6×4 метр и емкостью по 300 *квд* м каждый, при полезной глубине в 3 м.

в) Выпускной бетонный канал грушевидной профили 100×150 см, длиной 1280 м и уклоном 1 : 800, для спуска отработанной воды и излишков в море.

г) Временное оборудование машинного здания, — так называемая временная установка, состоящая из трех старых вертикальных «Дизель» зав. Вилланс-Робинзон, мощностью по 200 л. с. каждый, и трех 4 ступенчатых центробежных насосов «Гамма» (приводимых в действие посредством ременной передачи), общей средней производительностью 18.500 *кб.* м воды в сутки.

д) Мостовой кран, грузоподъемностью в 15 м (посредством ручной передачи).

е) Ремонтная механическая мастерская, обслуживаемая двигателем «Рустон проектор» в 16 л.ш. сил.

ж) Электрическая станция для освещения машинного здания, двора и всех жилых помещений, обслуживаемая двигателем «Рустон проектор» в 18 сил.

з) Водоснабжение участка, рассчитанное на 1.230 *кб.* м в сутки и обслуживаемое каменной водонапорной башней высотой 15 м, с железным резервуаром емкостью в 4.3 *кб.* м.

и) Жилые дома для работников станции, а именно:

4 каменных одноэтажных дома, на 4 кварт. каждый, общей кубатурой.

1 каменный 2-х этажный дом на 8 квартир, общей кубатурой	3316 м. ³
1 каменный одноэтажный дом на 8 квартир общей кубатурой	3314 м. ³
Итого	13622 м.

к) Однопроводная телефонная связь, между ст. Насосной и Резерв. + 110 в Баку, общим протяжением 391½ км.

л) Железные баки для хранения моторного топлива мазута и керосина, общей емкостью 700 тыс. л.

IV. Распределительные сооружения в городе и в промышленном районе.

Во состав распределительных сооружений вошли:

а) Каменно-бетонная межевая камера (для резервуаров +110) длиной 6,5 м и шириной 8,1 метр (в свету), пропускной способностью 74.000 *кб.* м воды в сутки.

б) Приемный бетонный резервуар +110 в г. Баку (для питания средней зоны и передачи воды в резервуары нижней зоны), длиной 168 м и шириной 80 м (в свету), состоящий из двух симметричных частей, разделенных массивной бетонною стеною. Каждая половина резервуара разделена бетонными перегородками на 12, сообщающихся между собою, отделений для непрерывного течения и полного обмена воды. При резервуаре устроены: входная и выходная каменно-бетонные фор-камеры, а также подводящий воду бетонный канал грушевидной профили 100×150 *см.*, длиной 450 м, отводящий спускные воды бетонный канал грушевидной профили 60×110 *см.*, длиной 1000 м, и один распределительный бетонный колодец $D=4$ м (в нижней части), с чугунным люком. Полезная емкость этого резервуара 52.900 *кб.* м, полная — 55.359 *кб.* м.

в) Бетонный резервуар +69 в г. Баку (для питания нижней его зоны), длиной 80 м и шириной 35 м (в свету), состоящий из двух симметричных частей, разделенных массивною бетонной стеной.

Каждая половина резервуара разделена бетонными перегородками на 6 сообщающихся между собою отделений для непрерывного течения и полного обмена воды. При резервуаре устроены: входная и выходная каменно-бетонные форкамеры, отводящий спускные воды бетонный канал грушевидной профили 60×110 *см.* длиной около 80 м, два бетонных колодца $D=1,50$ м для впуска воды и два распределительных бетонных колодца $D=3,00$ м и $D=4,00$ м для выпуска воды в сеть. Полезная емкость этого резервуара 9.348 *кб.* м, полная — 10.000 *кб.* м.

г) Чугунная водопроводная распределительная сеть: 1. Г о р о д с к а я, состоящая из:

1) Двух чугун. проводов (А) и (В), диаметром по 700 мм каждый, соединяющих резервуары +110 и + 69, общим протяжением (1510,70 + 1604,40) = 3115,10 пог. м.

2) Главных городских магистралей нижнего пояса: $D=700$ мм до 250 мм, общим протяжением 27676,24 пог. м.

3) Главных городских магистралей среднего пояса $D=450$ до 250 мм, общим протяжением 5884,47 пог. м.

4) Городских распределительных уличных магистралей, нижнего и среднего поясов. $D=200$ мм до 75 мм, общим протяжением 84.972,19 пог. м.

II. Промысловая в составе сетей:

1) В о б н ы й б а т с к о г о р а й о н а, $D=300$ до 150, общим протяжением 2897 пог. м.

2) Д е н и с к о г о р а й о н а (Балахано-Сабунч.-Забрат-Романинского) $D=500$ мм до 75 мм, общим протяжением 20.000 пог. м.

3) Х у р д а л а н о-В и н а г а д и н с к о г о р а й о н а, $D=400$ мм до 200 мм, общим протяжением 6579 пог. метров.

III. П р о в о д а «В», между Резервуар. + 69 и Балаханами, $D=500$ мм и протяжением 11.952,22 пог. м.

Общее протяжение водопроводной сети на 1 апреля 1927 г. составляло: городской — 121.648 пог. мм и промышленных — 41.428,22 п. м, а всего 163.076, 22 пог. метра.

Стоимость сооружений, выполненных в первом строительном периоде.

Согласно отчета быв. Завед. Отд. по постройке Шолларского водопровода, изд. II, II. Фрезе (изд. 1918 г.), общая сумма «Прямых расходов на постройку», составила на I/IV—1917 г. сумму в 23.80.539 руб. 71 коп.

Накладные же расходы, главным образом по заключению и ликвидации облигационного займа, указаны дополнительно в сумме 8.201.434 руб. 23 коп., составляющей около 35,5% «прямых строительных расходов».

Перерыв в строительстве Баку-Шолларск. водопровода.

Промежутком времени между 1 апреля 1917 года, т. е. концом первого строительного периода, и 28 апреля 1920 г., т. е. началом второго строительного периода, явился трехлетним перерывом в выполнении работ первой очереди, необходимых для снабжения г. Баку и Пром.-районов водою в количестве 37.000 гб. м. в сутки. Эти годы явились тяжелыми в жизни Шолларского водопровода, так как, вследствие гражданской войны, осложненной национальными вопросами, пришлось прервать работы по бурению в Шолларе, прервать работы по достройке надземных сооружений на водоводе, а также отложить оборудование Насосной станции новыми дизельно-насосными установками, взамен старых, вызывавших, благодаря бесконечным ремонтам, частые водные кризисы. Единственно возможными работами явились в это время лишь работы по прокладке водопроводной сети в городе и в промышленных районах.

За время с 1 апреля 1917 г. по 28 апреля 1920 г. было уложено:

а) Городских распределительных уличных магистралей, нижнего и среднего поясов, всего 18.353,72 пог. м.

б) Промысловых уличных магистралей всего 13627,06 пог. м.

Таким образом общее протяжение городской и промышленных сетей за это время увеличилось на 31980,78 пог. м., составляя на 28 апреля 1920 г.

Городской сети — $(121.648 + 18.353,72) = 140.001,72$ пог. м.

Промысловых сетей — $(41.428,22 + 13627,06) = 55.055,28$ пог. м.

А всего следовательно, 195.057 пог. м.

Второй строительн. период.

Второй период строительства Баку-Шолларского водопровода охватывает собою работы, выполненные с конца 1920 г. до 1 октября 1925 г. по приведению в порядок существующих водоустройств и по достройке водопровода для добычи и распределения 3.000.000 ведер воды в сутки, чего повелительно требовал быстрый рост водопотребления. В течение названного периода построены следующие сооружения:

1. На захватных сооружениях в Шолларе

1. Пять артезианских скважин №№ 7, 10, 11, 12 и 13, такого же типа и, примерно, такой же глубины, как и ранее устроенные восемь скважин. Общий дебет воды, после устройства их, повысился с 1.900.000 ведер до 2.856.000 ведер воды в сутки.

2. Пять ответвлений (от сифонногопровода к новым артезианским скважинам) из чуг. раструб. труб $D=400$ мм, общим протяжением 243,53 м., с установкой одной задвижки $D=400$ мм для скважины № 10 и постройкой для них шести бетон. шахт с чуг. люками.

Кроме этих сооружений по достройке водопровода, были выполнены еще следующие вспомогательные сооружения:

1) Жилые дома для работников уч. Шоллар:

а) Четыре деревянных, крытых железом, дома, о 8 комнатах каждый, общ. полезн. жил. площ. 396 кв. м. и общей кубатурой 2004 м³.

б) три каменных, крытых этернитом, дома, о 8 комнатах каждый, общ. полезн. жил. площ. 471 м. и общей кубатурой 5244 м³.

2) Здания общественного пользования и службы:

а) клуб-никола, — саманное, крытое железом, здание полезн. площ. 171 м² и кубатурой 1302 м.,

б) склад-лавка (кооператив), — каменное, крытое кирпичом, здание, полезн. площ. 67 м² и кубатурой 409 м³.

в) баня, — каменное, крытое кирпичом, здание, полезн. площ. 46 м., кубатурой 284 м³,

г) плотничьяя, — саманное, крытое железом, здание, полезн. площ. 60 м. и кубатурой 305 м.,

д) кузница-прачечная, — саманное, крытое железом, здание, полезн. площ. 51 м. и кубатурой 332 м³,

е) электро-станция со слесарной мастерской, — каменное, крытое кирпичом, здание, полезн. площ. 116 м² и кубатурой 659 м³.

Эта электро-станция освещает Захв. Сооружения, жил. дома со службами и соседнее селение «Шоллар».

ж) Пекарня-столовая, — деревянное, крытое железом, здание, полезн. площ. 60 м² и кубатурой 305 м³.

з) пожарное депо, — деревянное, крытое тесом, здание, полезн. площ. 6 м² и кубатурой 12 м³.

и) водокачка, — деревянное, крытое тесом, здание, полезн. площ. 14 м² и кубатурой 40 м³,

к) конюшня, — саманное, крытое железом, здание, под одной кровлей, полезн. площ. 104 м² и кубатурой 583 м³,

л) амбар для зерна, — саманное крытое железом здание, полезн. площ. 104 м² и кубатурой 583 м³.

м) мельница на 2 постава, — деревянное, крытое тесом, здание, площ. 82 м. и кубатурой 315 м. — оборудованное двумя нефтяными двигателями: «Петтер» — 33 силы и «Рустон-проектор» — 25 сил.

3) Произведены: планировка и благоустройство жилой площади участка:

Из приведенного перечня выполненных работ в Шолларе в течение второго строительного периода видно, что они главным образом заключались в увеличении дебита капируемой воды, с 23370 до 35130 куб. м в сутки и в улучшении жилищно-бытовых условий работников этого малярного участка.

II. П о в о д о в о д у.

1. При Дуккере № 4 «Ата-Чай» построен новый чугунный провод для выпуска воды, Д=300 мм протяжением 400 м. взамен старого, поврежденного турками в 1918 г.

2. Произведен капитальный ремонт зданий, пострадавших во время гражданской войны, на участках «Янмас», «Зорат», «Кизил-Бурун» и «Дивичи».

3. Выстроены жил. дома и службы на участках «Хачмас», «Дивичи» и «Кизил-Бурун»:

а) четыре каменных, крытых этеритом, дома, с 8 комнатами каждый, общ. полезн. площ. 628 м² и общей кубатурой 6992 м³ (в Хачмасае — 1, в Дивичах — 1, в Кизил-Буруне — 2),

б) четыре хлева, саманные, крытые железом, здания, общ. полезн. площадью 166 м² и кубатурой 1040 м³ (в Хачмасае — 1, в Дивичах — 1, в Кизил-Буруне — 2),

в) четыре конюшни-склады, с навесами, саманные, крытые железом, здания, общ. полезн. площ. 260 м² и кубатурой 1580 м³,

г) склад-мастерская в Кизил-Буруне, каменное, крытое кирпичом, здание полезн. площадью 45 м² и кубатурой 157 м³

д) казарма для рабочих, в Кизил-Буруне, каменное, крытое кирпичом, здание полезн. площадью 60 м. и кубатурой 240 м³,

4) Начато 15/V 1924 г. капитальное переустройство дефектного участка бетонного водовода (61—63 км, близ ст. (Спазань), протяжением около 3 км.

1) Переустройство этого участка водовода заключалось в постройке новой обходной ветви водовода, состоящей из следующих четырех частей:

а) провода протяжением 1455,70 м. м из бетонных, асфальтированных снаружи, труб грушевидной профили 120×170 см (в свету), длиною по 2 м, изготовленных по способу «Джаггера» и укладываемых при глубине траншеи до 4 м,

б) железобетонного, асфальтированного снаружи, набивного водовода (состав 1: 11½ : 2) той же профили, протяжением 1316,40 м. м примененного при глубинах траншеи от 4 до 12 м,

- в) чугуи. провода $D=1200$ мм протяжением 162,15 п. м уложенного тоннельным способом на пересечении водовода с полотном ЗБВ ж. д.,
- г) двух бетонных соединений нового со старым водоводом, той же профили, общим протяжением 30,90 п. м.
- д) девяти входных бетон. колодцев с чуг. люками.

В целях защиты нового участка водовода от грунтовых вод и почвенных солей, он на всем своем протяжении дренирован, а бетонные сооружения покрыты изоляционным слоем.

Дренажная вода из траншей водовода выводится посредством шести дренажно-выпускных канав, общим протяжением 2757 п. м. Из них канав закрытого типа, с керамиковыми трубопроводами. — 1136 п. м., а канав открытого типа, — с откосами (временю до укладки керамиковых трубопроводов) — 1621 п. м.

Изоляция водовода заключалась:

- а) в устройстве для него киро-асфальт. постели, толщ. 4 см, на бугельном основании толщ. 10 см; общее протяжение постели — 2803 п. м;
- б) в оштукатурке цемент. раствором и железиеии наружной поверхности железобетон. водовода и бетон. соединит. веток, общим протяжением 1347,30 п. м;
- в) в покрытии всей наружной поверхности водовода (бетон. и железобетон.) на протяжении 2803 п. м. асфальт. слоем толщ. в 1 см;
- г) в засыпке бетон. и железобетон. водовода песком, на высоту от его пола до линии, расположенной на 10 см выше верхней образующей его свода.
- д. Произведены берегоукрепительные работы при дулкере № 16, на 127-м км водовода, посредством постройки бетон. подпорных стен по обе стороны речки.

III. По насосной станции.

Состояние Насосной станции, ко времени утверждения Совет. Власти в Азербайджане, было близко к катастрофическому.

После национализации промыслов удалось получить почти новый 300-сильный Дизель «Кертинг», установка которого началось переоборудоваше Насосной станции.

Произведенные там работы перечислены ниже в хронологическом порядке.

1. В конце 1920 г. построен под новый 300-сильный дизель бетонный фундамент размерами 5,89×6,39×2,65 м.

2. С января по август 1921 г. произведена установка этого нового дизельно-насосного агрегата, состоящего из:

а) горизонтального, 2-цилиндрового, 4-тактного. Дизеля зав. «Кертинг» мощностью 300 лощ. сил (число оборотов 145 в мин., диаметр цилиндров 570 мм и ход поршней 850 мм),

б) центробежного, 4-ступенчатого, шведского насоса «Гамма», с приемом и выкидом diam. по 250 мм, производительностью 600.000 ведер в сутки при 900 оборот. (мин.).

3. В конце 1921 г., согласно приказа Совнаркома АССР, были получены от Управления Морского Транспорта в Баку два новых вертикальных, 4-цилиндровых, 2-тактных, Дизеля судового типа, зав. бывш. «Людвиг Нобель», мощностью 600 лощ. сил каждый, (число оборот. 210 в мин., диаметр цилиндров 400 мм и ход поршней 500 мм).

После устройства для них бетонных фундаментов, размерами 9,20×4,80×5,45 м, были произведены:

а) сборка одного из этих Дизелей.

б) установка германского, 4-ступенчатого, центробежного насоса зав. «Клейн-Шанцли-Беккер», производительностью до 12.333 *куб.* м воды в сутки при 950 оборот. в мин., с приемом $D=300$ мм и выкидом $D=250$ мм.

Эта насосная установка, пущенная в ход 24/VI 1922 г., увеличила мощность насосной ст. до 1300 лощ. сил (один из старых 200 сильных дизелей в декабре 1921 г. совершенно вышел из строя, вследствие аварии трансмиссии),

в) с октября 1922 г. была начата сборка второго такого же Дизеля.

4. В январе 1922 г. был установлен в машинном здании новый мостовой кран, пролетом 19,10 м, грузоподъемностью 200 м, приводимый в действие ручными передачами.

5. Летом 1922 г. были выстроены:

а) каменная пристройка к ремонтной мастерской для кузницы и инструментальной общей кубатурой 438,43 м,

б) деревянный дом-барак с 8 комнатами.

Одновременно с этим Отдел Водоснабжения, согласно постановлений «СТО» от 24-IX и 7-XII 1921 г., получил на дооборудование Шолларского водопровода 423.000 р. золотом, и в счет этого кредита приобрел три Дизельно-насосных агрегата, мощностью по 600 сил и производительностью по 18.500 куб. м каждый.

Поставка этих 3-насосных агрегатов, на основании произведенного соревнования, была передана германскому заводу Р. Вольф в Ашерслебене.

На заводах Азнефти были заказаны фасонные части Д=700 мм, общим весом до 656 тонн, для включения агрегатов в напорный провод. К 1 сентября 1922 года уже были готовы фундаменты для двух насосных агрегатов, общей кубатурой около 875 м³. Один из агрегатов в то время уже прибыл.

Пожар на насосной станции. В середине 1923 года предполагалось пустить новые агрегаты в ход, но 13 ноября 1922 года на Насосной станции произошел пожар, и в одночасье огнем были уничтожены колоссальные труды нескольких лет и большие ценности. Совершенно погибли: приготовленный к сборке новый 600-сильный Дизель (судового типа) зав. «Людвиг-Нобель» и один из старых 200-сильных Дизелей зав. «Виллане-Робинзон». Рухнули и погибли: железная крыша с фермами и мостовой кран; сломалась вся трансмиссия с ремнями.

Призрак длительного водяного голода повис над Баку и промыслами, но героическими трудами работников насосной станции, прибывших на подмогу с промыслов, водяная связь, между шолларскими артезианскими скважинами и многотысячным населением, была восстановлена в три недели, так как за этот период времени удалось, работая непрерывно в три смены, прорезать автогенными аппаратами железную паутину из балок, ферм, железных оконных переделов, валов, труб, мостового крана и машинных частей, разрушить, посредством взрывов, бетонные монолиты фасадных стен, упавшие внутрь здания, отремонтировать и 5-XII 1922 г. пустить в ход один из 600-сильных Дизелей судового типа зав. «Людвиг-Нобель», через четыре дня — 300-сильный Дизель «Куртинг», а в конце декабря и один из старых 200-сильных Дизелей зав. «Виллане-Робинзон».

Произведенные строительные работы по восстановлению машинного здания заключались:

а) в устройстве временной деревянной крыши, крытой железом, на столбах из железных труб;

б) в устройстве бетонного пола: в одной половине машинного здания на железных двутавровых балках, в другой половине — на рельсах и трубчатых железных стойках;

в) в ремонте стен здания, с укладкой рельс и балок для мостового крана, и внутренней штукатурки их;

г) в ремонте фундаментов двигателей и насосов;

д) в ремонте напорного провода внутри здания.

Во время восстановления насосной станции были выполнены еще следующие работы:

а) для питания Шолларской водой населения г. Баку и Промыслов, посредством наливного каска, флота, от водовода к морю был проложен временный 200 мм железный трубопровод протяжением 1,9 км.

б) для питания водою Закавказ. ж. д., в районе насосной станции был проложен временный трубопровод со стойками для налива водою цистерн.

После восстановления насосной станции, были продолжены работы по ее переоборудованию.

По 1 октября 1925 года было сделано следующее:

1. Установлены и пущены в ход три новых Дизельно-насосных агрегата зав. Ашерслебен, состоящие каждый из:
 - а) вертикального, 4-цилиндрового, 4-тактного Двизеля, мощностью 600 лощ. сил, число оборотов 170 в мин., диам. цилиндров 530 мм и ход поршней 700 мм.
 - б) сдвоенного плунжерного насоса двойного действия, водопродводительностью 18450 м³/сут. при 61 обор. в мин. (диаметр плунжеров 366 мм и ход их 700 мм), приводимого в действие посредством канатной передачи.
2. Установлен в машин. здании мостовой кран, пролетом 19.1 м и грузоподъемностью 20 т, приводимый в действие ручной передачей.
3. Построен подземный бетонный резервуар размерами 30×15×3.75 м, емкостью в 500 куб. м, для циркуляции отработанной после охлаждения Дизелей Шолларской воды, общая жесткость которой, после выпадения из нее временной жесткости в этом процессе, уменьшается, что весьма важно для эксплуатации Дизелей.
4. Устроена новая компрессорная установка в машинном здании для наполнения пусковых баллонов сжатым воздухом.
5. Построена 100 мм чуг. пожарная линия, по уч. насосной станции, общим протяжением около 3 км.
6. Устроена электрическая воздухоотсасывающая установка в машинном здании, в целях улучшения вентиляции его.
7. Устроена, взамен сгоревшей, новая электро-станция, оборудованная Пельтоновской турбо-динамой, мощностью: турбины 86 лощ. сил и динамо — 38 К. W., приводимой в действие водою из напорного провода (H=12.25 атм.) Q=925 куб. м сут.). Вода, отдав свою энергию, поступает обратно в приемные резервуары и вновь выкачивается оттуда насосами. На одном валу с турбиной монтирован пожарный центробежный насос мощностью 24 сил и производительностью 2500 л в мин.
8. Построены четыре железных резервуара для моторного топлива и масла емкостями: один 328 тонн, один — 32.8 т. и два по 16.5 т. каждый.
9. Произведена перекрышка машинного здания, по железным фермам оцинкованным волнистым железом, площадью 1980 м².
10. Выстроены жилые дома для работников Насосной станции:
 - а) один каменный, крытый киром, 2-этажный дом с 12 комнатах (8 кварт.) общ. полезн. жил. площ. 263 м² и кубатурой 3311 м³.
 - б) четыре каменных, крытых этернитом, дома с 8 комнатах (4 квартиры) каждый, общ. полезн. жил. площад. 628 м² и кубатурой 6992 м³.
 - в) один каменный, крытый этернитом, дом с 16 комнатах (8 квартир), общ. полезн. жил. площадью 337 м² и кубатурой 3319 м³.
11. Выстроены здания общественного пользования и службы:
 - а) больница на 35 кроватей, каменное 2-этажное здание, крытое киром, общ. полезн. площ. 483 м² и кубатурой 8050 м³.
 - б) пекарня-лавка — каменное, крытое Марсельской черепицей, здание, общ. полезн. площ. 139 м² и кубатурой 784 м³.
 - в) баня-прачечная — каменное, крытое киром, здание, общ. полезн. площ. 178 м² и кубатурой 980 м³.
 - г) конюшня-каретник — каменное, крытое Марсельской черепицей здание, общ. полезн. площ. 62 м² и кубатурой 315 м³.
 - д) общая кухня. — бетонное, крытое киром, здание, кубатурой 120 м³.
 - е) общ. ретирад на 4 очка. — бетонное, крытое киром, здание, полезн. площ. 4 м² и кубатурой 26 м³.
 - ж) склад, — деревянное, оштукатуренное, крытое железом, здание, полезн. площ. 273 м² и кубатурой 1020 м³.
12. Произведены: планировка и благоустройство жилой площади участка для развития на нем зеленых насаждений.

Из приведенного общего перечня работ, выполненных на участке насосной станции в течение второго строительного периода, видно, что они заключались:

в о - п е р в ы х, в восстановлении насосной станции после пожара, увеличении мощности ее с 600 лоп. сил до 2700 лоп. сил и в увеличении водопроизводительности ее, с 18459 до 36900 м³ в сутки (при резерве в 100%);

в о - в т о р ы х, в улучшении жилищно-бытовых условий работников насосной станции и устройстве больницы, с амбулаторией, аптекой, операционной, зубо-врачебным кабинетом, родильным и заразным отделениями, обслуживающей не только работников насосной станции, водовода и захватных сооружений, но так же железнодорожников, соседние рыбные промысла и прилегающие селения.

IV. По распределительным сооружениям в городе и промышленных районах.

1. Увеличено протяжение водопроводной сети:

а) в городе.

Прокладкой уличных магистралей $D=75$ мм до 300 мм, общим протяжением 7076.94 п. м.

б) в промышленных районах.

Прокладкой уличных магистралей $D=125$ мм до 450 мм, общим протяжением 14.734.00 п. м.

Следовательно за второй строительный период протяжение водопроводной сети увеличилось в общем на 21.810.94 п. м; составляя на I/X 1925 г. протяжение:

Городской сети (140.001.72+7076.94)	147.078.66 п. м
Промыслов. сетей (55.055.28+14.734.00)	69.789.28 п. м

Всего . . . 216.867.94 п. м

2. Построены 7 деревянных водоразборных бунков;

3. Начаты постройкой два железобетонных резервуара:

а) резервуар+110 в городе, емкостью в 61500 м³

б) резерв.+119 в Хурдалане, емкостью в 14760 м³.

V. По снабжению селений Аншеронского г-ва Шолларской водой

Во втором периоде строительства водопровода в порядок дня было поставлено снабжение Шолларской водой селений Аншеронского п-ва, питающихся большей частью недоброкачественной, жесткой или загрязненной водой, исключая с. Сабунци и с. Хурдалан снабжавшихся Шолларской водой с 1917 года. За время второго периода было присоединено к промышленной и городской водопроводным сетям всего 13 селений: (Романы, Балаханы, Амираджаны, Забрат, Вюль-Вюли, Армянские Кишлы, Туркские Кишлы, Шихово, Сураханы, Бишагады, Шубаны, Гаджи-Гагани и Ахмедлы), для чего были уложены: Шихово, Сураханы, Бишагады, Шубаны, Гаджи-Гагани и Ахмедлы), для чего были уложены:

а) чуг. трубопров. $D=75$ мм до 150 мм общим протяжением . . . 9.103 п. м

б) Жел. оцинк. трубопров. $D=25$ мм до 50 мм общим протяжением 3.492 п. м

Итого . . 12.595 п. м

Всего на I/X 1925 года общее протяжение сельской водопроводной сети составляет 12.595 п. м и ею обслуживалось 45.820 душ крестьянского населения.

VI. По постройке в городе различных труб.

1. При Центральном складе Отдела Водоснабжения, в Черном Городе, построено каменное здание-склад с плоским бетонным перекрытием по рельсам, о четырех отделениях, общей полезн. площ. 419 м² и общей кубатурой — 1692 м³.

2. При Мех. мастерской, на Байлове, построены: а) каменный гараж для автомашин с плоским бетонным перекрытием по рельсам, общей полезн. площ. 109 м² и кубатурой

567 м³. б) каменная кузница, с плоским бетонным перекрытием по рельсам, полезн. площ. 34 м² и кубатурой 191 м³.

Общая стоимость Шолларского водопровода на I VII 1925 г.

Согласно произведенной в 1925 году переоценке всех сооружений Шолларского водопровода в червонных рублях, общая стоимость их на I июля 1925 года выражалась в следующих круглых цифрах:

1. Захватных сооружений в Шолларе	Руб.	640.000
2. Водовода, от сборного межевого колодца в Шолларе до резервуаров — 110 в Баку . . . . .	..	26.300.000
3. Оборудование насосной станции „Сумгаит“ . . . . .	..	760.000
4. Резервуаров — 110 и — 69 в Баку (2 шт.) . . . . .	..	1.400.000
5. Водопроводной сети, городековой и промышленной . . . . .	..	7.900.000
6. Всех зданий . . . . .	..	1.350.000
Всего червон.		Руб. 38.350.000

Третий строительный период.

В программу работ по достройке и расширению Баку-Шолларского водопровода в третьем периоде его строительства, I октября 1925 г. — I октября 1931 г., — вошли следующие устройства:

1. По увеличению водопроизводительности захватных сооружений в Шолларе с 37.000 до 74.000 кб. м в сутки.

а) Устройство глубоких артезианских скважин. Результаты разведочного бурения

Работы по разведочному бурению на Шолларской низине, к северо-западу от существующего захвата воды первой очереди были начаты 5 ноября 1925 г. и закончены 12 сентября 1926 г. Скважина РБ1, пробуренная шестью колоннами обсадных труб D=28", 24", 20", 16", 12" и 8" на глубину 150,49 м выяснила, что на Шолларской низине, кроме известных по Анцлетю трех горизонтов воды, имеются и последующие горизонты: 4-й, 5-й, 6-й, 7-й и 8-й лучшего качества и большей мощности, согласно произведенных анализов воды и последовательных откачек воды из 4-го, 6-го и 8-го горизонтов.

Так например, вода из 8-го горизонта, в который 8" колонна труб проникла всего на 27,5 м, имеет жесткость 9° нем., в то время как вода, добываемая из первых трех горизонтов, имеет среднюю общую жесткость 14,5° нем. Мощность 8-го горизонта лучше всего характеризуется тем, что скважина, фонтанируя на высоту 5,79 м. от поверхности земли, подавала из этого горизонта до 3000 м³ воды в сутки. Общий дебет этой скважины из 4-5-6-7 и 8 горизонтов, при высоте фонтана 1,61 м от поверхности земли, выражался количеством 4500 м³ в сутки.

При соответствующем искусственном понижении в ней уровня воды, эта скважина несомненно может дать более полумиллиона ведер в сутки. Разведочная скважина № 1, вследствие малого диаметра обсадных труб не достигла цели, так как, пройдя ниже уровня Касп. моря на 70,3 м, не дошла до подошвы ледниково-речных отложений, что является пределом Шолларских разведок, согласно постановления I Всесоюз. Водопров. и Санитарно-Технического Съезда в 1925 г.

П р и м ч а н и е. В процессе бурения скважины ВБ1 были закрыты верхние горизонты воды (Анцилевские), посредством заделки в глину 24" и 20" колоды и заливки тампонажным цементом междутрубного пространства 28", 24" и 20" колонн.

Со второй половины августа 1926 г., после консультации со специалистами-буряльщиками и проф. Г. Р. Дерингом, программа работ по разведочному бурению была изменена: ей был придан характер разведочно-эксплуатационного бурения, в силу чего следующую скважину РБ2 решено было бурить трубами большего диаметра. На основании геолог. разреза скважины РБ1, было подсчитано, что бурение следует начать

колонной 48" труб. дабы достигнуть глубины 200 м (предполагаемой подошвы ледниково-речных отложений) 20" или 18" колонной труб.

Место заложения этой второй скважины было выбрано к юго-востоку от эксплуатируемых старых буровых скважин, ближе к Оброному Межевому колодцу.

Бурение скважины РЭБ2 производится с 24/Х 1926 г. Оно начато было колонной обсадных труб $D=48"$.

По мере углубления скважины, были закрыты сначала три верхних горизонта воды, посредством заделки 41" и 38" колони в глину (кровлю 4-го горизонта) и заливки тампонажным цементом междутрубного пространства 41" и 38" колони, а также пространства между 48" и 41" колоннами, после выемки из скважины 45" колонны.

Затем были закрыты последующие 4-5-6-7 горизонты воды, посредством заделки в глину (кровлю 8-го горизонта), 32" и 28" колони и заливки тампонажным цементом междутрубного пространства этих колони.

Результаты этого бурения признаются весьма удовлетворительными и многообещающими, так как вода из 6-го горизонта, фонтанируя на 1,5 м выше пола буровой, изливалась в количестве 2583 м³/сутки (по замеру 26/II 1927 г.). По мере углубления скважины, дебет ее увеличивается и по замеру 22 апреля оказался — 3506 м³ сут. Судя по пробной откачке воды 6-го горизонта, определившей его мощность в 6765 м³ в сутки, дебет этой скважины, по мере углубления ее, должен расти.

Направление подземных потоков, питающих Шолларскую низину, согласно заключению проф. Г. Р. Деринга, предположительно определяется с Ю-З на С-В.

Для выяснения всех необходимых данных потребуются заложить не менее трех скважин, глубиною до коренных пород, на линии перпендикулярной к направлению течения подземных потоков.

Стоимость бурения таких трех разведочно-эксплуатационных буровых, с начальным диаметром труб в 48", при условии бурения их на глубину до 200 м, нечислена в 281.518 р. Таким образом средняя стоимость бурения одного метра скважины исчислена около 469 руб.

Пезаконченная разведочная буровая № 1, с начальным диаметром 28" и конечным 8", обошлась пока в 45.919 р. 90 к., следовательно средняя стоимость бурения одного метра ее около 305 р.

С 23 декабря 1926 г. начались подготовительные работы по бурению разведочно-эксплуатацион. скважины № 3, расположенной на линии соединяющей разведочные буровые № 1 и № 2, в расстоянии 600 м от разведочно-эксплуатационной скважины № 2 (в сторону разведочн. бур. № 1).

Для закрепления верхних грунтов, в целях достижения предельной глубины бурения трубами возможного большего диаметра, я применил здесь опускное железобетонное кольцо, диаметром в свету 2 м и толщиной стенок в 0,5 м, которое предполагено опустить на глубину до 10 м, предварительно бурения этой скважины. В настоящее время это железобетонное кольцо опущено уже на глубину 7 м. В тех же целях бурение скважины РЭБ3 будет начато колонной 51" труб. Следующая, необходимая для разведок, скважина № 4 будет заложена на перпендикуляре, восстановленном к средней линии, соединяющей разведочно-эксплуатационные буровые № 2 и № 3, в расстоянии 425 м от каждой из них. Такое расположение названных артезианских скважин, образующих на исследуемом участке равнобедренный треугольник, позволит решить различные гидрологические вопросы в отношении Шолларской низины (водоносность, простирание и мощность пластов, коэффициент проницаемости слоев, их уклоны и т. д.), а также выяснит, посредством последовательных откачек воды из этих скважин, мощность питающих их артезианских потоков, районы питания и районы влияния скважин. Таким образом, по выполнении разведочных изысканий на воду, в распоряжении Отдела Водоснабжения будут, по крайней мере, три готовых к эксплуатации артезианских скважин с предполагаемым общим дебетом воды до 21600 м³ в сутки, что в конечном итоге, уменьшая общую сумму расходов, необходимых на разведочное бурение и на бурение эксплуатационных скважин, вместе с тем ускорит выполнение программы по увеличению мощности захватных сооружений на 36900 м³ в сутки.

Производимые работы в Шолларе отличаются от предусмотренных проектом инж. В. В. Линдлер работ второй очереди по расширению захватных сооружений. Вместо кантажа ключей «Шоллар» и «Ферзали-Оба», с общим суточным дебетом 36900 м³ ведер воды сомнительного качества, там берутся артезианские скважины для захвата воды из 8-го и последующих водоносных горизонтов, в большем количестве и лучшего качества.

Нюмиме санитарно-технического улучшения способа добычи воды, по сравнению с ранее намеченным, целесообразность изменения его продиктована также финансово-экономическими соображениями, заключающимися в том, что в случае кантажа ключей «Шоллар» и «Ферзали-Оба», используемых сельчанами для орошения своих посевных площадей, Отделу Водоснабжения пришлось бы устраивать, согласно старого договора, дорого стоящий, как по первоначальным затратам, так и по содержанию, оросительный канал из р. Самура.

б) Устройство второго сифонногопровода.

В зависимости от результатов разведочно-эксплуатационного бурения в Шолларе, будет построен по типу существующего второй чугунный сифонный провод.

II. По увеличению мощности насосной станции с 2700 до 4200 л.ш. сил.

В связи с назревшей необходимостью увеличить производительность Шолларского водоснабжения с 36900 до 73800 м³ в сутки, в программу работ по Насосной ст. включено увеличение ее мощности, в Октябре 1930 г., с 2700 до 4200 л.ш. сил, что повысит среднесуточную производительность ее до 61500 м³ (при резерве в 100%). Эта программа начата выполнением, и в марте 1927 года Ленинград. Маш. Тресту заказаны три дизельно-насосных агрегата мощностью по 500 л. сил каждый.

III. По увеличению протяжения городской и промышленной водопроводных сетей.

В течение шести лет, с I/X 1925 г. по I/X 1931 г., общее протяжение водопроводной сети, в городе и в промышленных районах, увеличивается:

а) В городе:

Прокладкой чуг. трубопроводов $D=75$ мм до 450 мм общим протяжением 33.150 п. м.

б) В Ленинском промрайоне.

Прокладкой чуг. трубопроводов $D=220$ мм до 450 мм общим протяжением 19.200 п. м.

в) В Бинагадинском промрайоне.

Прокладкой чуг. трубопроводов $D=75$ мм до 200 мм общим протяжением 2.260 п. м.

Таким образом протяжение водопроводной сети в городе и на заводах в течение третьего строительного периода увеличивается, в общем, на 64.610 п. м.

IV. По увеличению протяжения сельской водопроводной сети на Апшеронском полуострове.

Согласно шестилетней программе работ, сельская водопроводная сеть увеличивается на 79.000 п. м., охватывая вновь 19 селений, с общим числом жителей до 36.500 чел.

В зависимости от профиля протяжения веток, а так же числа сельчан диаметр предлагаемых трубопроводов установлен от 75 мм до 200 мм.

V. По увеличению запасов воды в городе и в промышленных районах

В программу третьего строительного периода была включена постройка шести железобетонных резервуаров, общей емкостью в 109470 м³, а именно:

1.	Резерв. +110,	емкостью 61500 м ³	в городе.
2.	" +119,	" 14760 "	" Хурдалане.
3.	" +112,	" 14760 "	" на горе Бог-Бог, в Балаханах.
4.	" +101,	" 6150 "	" в Сурахалском пром. районе.
5.	" +60,	" 6150 "	" Вйба-Вйбатек пром.
6.	" +56,	" 6150 "	" Белом городе.

В 1926/27 году выяснилась необходимость постройки в городе еще одного резерв. +160, емкостью в 159 тб., для снабжения водой верхней городской зоны — Нагорного района и Арменикёйда. Резервуары +110 в городе и +119 в Хурдалане закончатся постройкой в августе 1927 г.

С 1928 года начнется постройка резерв. +160.

Конструкция заканчивающегося постройкой резервуара +110, спроектированного инженером В. Э. Новодворским, отличается от конструкции старого резерв. +110, построенного инж. В. В. Линдлеем, тем, что старый резервуар — бетонный, с пологими сводами, новый же — железобетонный, с крестовыми сводами на колоннах. Применением железобетонной конструкции для резервуара достигнуты одновременно: большая устойчивость сооружения и большая его емкость, при одних и тех же основных наружных размерах, вследствие утонения стен и внутренних перегородок.

Далее, в новом резервуаре +110 применены температурные швы: как долевые, так и поперечные, гарантирующие этот резервуар от усадочных и температурных трещин. Кроме того введена наружная асфальтовая изоляция не только свода, как в старом резервуаре, но также боковых стен и подолы, предохраняющая бетон от воздействия на него солончакового грунта.

Заканчивающийся постройкой резерв. +119 в Хурдалане, спроектированный инженером Д. Н. Поваляевым, также значительно отличается от резервуара, ранее спроектированного инженером В. В. Линдлеем, как формой, так и конструкцией: первоначально резерв. +119 был спроектирован прямоугольный бетонный, по типу резерв. +69, строится же — круглый, лабиринтного типа, железобетонный, с наружной асфальтовой изоляцией не только свода его, но также боковых стен и подолы.

Остальные резервуары предполагается строить так же не бетонные, как это было ранее намечено Линдлеем, а железобетонные, исключая резерв. +112 в Балаханах, который проектируется железным, в силу особых условий расположения своего на бездействующей сопке «Бог-Бог».

Таким образом первоначальные проекты резервуаров изменяются Отделом Водоснабжения в сторону улучшения их конструкции.

Увеличение запасов воды в городе и пром. районах вызвано необходимостью создать в определенных местах регуляторы дневных расходов воды, гарантировать безперебойное снабжение водой населения и промыслов и усилить пожарную безопасность окраин, что рекомендовал еще инж. Линдлей в своем докладе от 18 июня 1915 г.

Одновременно с постройкой резервуаров будут выполнены постройки двух насосных станций, с обслуживающими их трубопроводами.

а) Насосной станции при резерв. +119 в Хурдалане, оборудованной дизельными установками с центробежными насосами, общей мощностью до 100 лощ. сил, для снабжения водою некоторых селений Винагадино-Хурдаланского района, промыслов Азнефти

в Хурдалаше и жел. дор. станция «Хурдалаш». Постройка этой станции производится и будет закончена в августе 1927 года.

б) Насосной станции при резерв. + 69 в г. Баку, для перекачки воды в резерв. + 160 Верхнего пояса, в резерв. + 112 на г. Бог-Бог в Балаханах и в Арменикендскую водопроводную сеть. Эта станция будет оборудована турбо-насосными агрегатами, получающими энергию из свободного напора воды, протекающей по двум проводам $D=700$ мм из резервуаров + 110 в резерв. + 69, в силу разности швеллерных отметок уровней воды в этих резервуарах.

VI. По постройке второго напорного провода $D=800$ мм и второго дуккера «Гаджи-Гасан» $D=800$ мм.

Второй чугунный напорный провод, $D=800$ мм и протяжением 18,795,16 м. м., от Насосной станции до изливной камеры, и второй чугунный дуккер «Гаджи-Гасан», $D=800$ мм и протяжением 3307 п. м. будут построены в течение 1925/26 — 1928/29 гг., в целях увеличения подачи воды в город и промрайоны до 61,590 кб. м. в сутки.

Второй напорный провод, в целях экономии, проектирован по примеру первого: из чугунных растрюбных труб с разной толщиной стенок, а именно на участке, протяжением 9282,89 п. м. где гидравлическое давление более 10 атм., толщина стенок труб — нормальная 22 мм, а на участке протяжением 9312,27 п. м., где гидравлическое давление менее 10 атм., толщина стенок труб 19,5 мм.

Дуккер «Гаджи-Гасан», по тем же соображениям, проектирован также с толщиной стенок труб 19,5 мм.

Через р. «Сумгаит-Чай» второй Напорный провод проходит, как и первый, внутри акведука, где он на протяжении 158 п. м устраивается из железных сварных фланцевых труб $D=800$ мм. При пересечении полотна Зэк. ж. д. второй напорный провод протяжением 42 п. м так же строится из железных сварных фланцевых труб $D=800$ мм. На его протяжении устанавливаются 4 вентуза $D=150$ мм, 4 выпуска $D=400$ мм, обслуживаемые чугунными трубопроводами $D=400$ мм, общим протяжением 423,42 п. м, и 2 обратных клапана $D=800$ мм, снабженных обходными задвижками $D=300$ мм.

Постройка второго напорного провода начата 1 декабря 1925 года. К 1 мая 1927 г. она выполнена примерно на 66%.

VII. По увеличению на водоводе технических пунктов, увеличению жилой площади линейных работников и по постройке различного рода служб.

Дефектное состояние водовода Шоллар-Баку как на северных, так и на южных на участках, потребовало усиления надзора за ним и увеличения числа технических наблюдательных пунктов.

В программу третьего строительного периода вошли: 1) постройка восьми каменных двух-этажных зданий, для вновь учреждаемых восьми технических участков на 26, 36, 58, 82, 104, 115, 134, 145, км водовода.

Таким образом к 1/X—1931 года, вместо прежних пяти технических участков (Янма, Зорат, Кизил-Бурун, Дивичи и Хачмас), будет функционировать тринадцать участков, что несомненно усилит и улучшит надзор за водоводом.

2) Постройка новых жилых домов, со службами, для линейных работников:

а) шести каменных одноэтажных домов, по 8 комнат каждый, общей жил. площадью в 942 м².

3) Постройка при новых резервуарах, в городе и промрайонах.

а) 4 каменных одноэтажных дома, по 4 комнатам каждый, общей площадью в 400 м²,

б) каменного двух-этажного дома (при резерв. + 119, в Хурдалаше), по 18 комнатам, общей полезной жил. площадью 260 м².

4) Постройка на насосной станции различного рода служб.

5) Постройка в городе: а) при централ. складе-каменного здания под склад б) при гараже 2 этажи. камен. жплдом кубатурой 800 м³.

6) Восстановление сгоревшего 3-х этажного дома в городе, предназначенного под Управление Водопроводно-Канализационного Отдела Ваксовета и квартиры сотрудников

VIII. Канализированию захватных сооружений в Шолларе и защите их от сточных вод выше лежащих селений.

В целях выполнения постановления 1-го Всесоюз. Водопров. и Сан. Техническ. Съезда, об охране Шолларского водопоемного района от загрязнения в санитарном отношении, Отделом Водоснабжения намечены к производству в третьем строительном периоде следующие работы:

1. Устройство кюветов, по меже участка захватных сооружений, расчистка и укрепление ближайших к ним оросительных сельских канав, а также другие земляные работы, для отвода поверхностных загрязненных вод в естественные водостоки.

2. Канализование жилой площади участка захватных сооружений, с обеззараживанием выводимых отработанных вод участка в оросительные сельские канавы.

3. Устройство открытого бетонного лотка, протяжением 128 п. м. расположенного вдоль эксплуатируемых буровых скважин № 2, № 4 и № 6, для пропуска через участок грязной оросительной воды, (протекавшей по открытой канаве), во избежание загрязнения каптируемой грунтовой воды. Часть этих работ в настоящее время уже выполнена.

IX. По электрификации захватных сооружений в Шолларе.

В целях удешевления механической силы на уч. Шоллар, применяемой для бурения скважин, водоснабжения и освещения участка, а также для ремонтной мастерской, спроектирована гидро-электростанция, обслуживаемая 50-сильной сифонной турбиной.

Живая сила изливающихся Шолларских ключей будет превращена этой установкой в электро-энергию.

X. По замене временных деревянных водоразборов постоянными бетонными, каменными и кирпичными.

Деревянные водоразборные будки построены при начале эксплуатации водопровода, в качестве «временных», продержались, благодаря бесконечным ремонтам, около восьми лет и представляют примитивные, анти-санитарные, устройства.

С конца 1925 года, в связи с перепланировкой города, начата замена их однотипными бетонными зданиями в восточном стиле.

Все вновь устанавливаемые будки присоединяются к канализационным магистралям.

В течение третьего строительного периода будет переустроено всего 50 водоразборных будок, главным образом на окраинах города и в рабочих промышленных районах.

Водоразборы, расположенные, центральной части города, будут совершенно ликвидированы, т. к., по мере развития домовых присоединений, надобность в них отпадает.

XI. По переустройству и капитальному ремонту участков бетонного водовода, разрушаемых грунтовыми водами.

Согласно детальным внутренним осмотрам водовода в 1923 году, были зарегистрированы общие протяжения дефектных участков:

1) С разведанием бетона почвенными солями всего 4779 п. м или 30,5% общего протяжения водовода.

2) С более значительными трещинами всего 5721 п. м или 36,5% общего протяжения водовода.

3) С мелкими и волосными трещинами всего 49836 п. м, или 31,8% общего протяжения водовода.

Согласно заключения профессора А. А. Байкова, основанного на данных обследования водовода летом 1925 года, разрушения бетона почвенными солями на различных участках водовода выражены неодинаково резко, в зависимости от чего проф. А. А. Байков классифицирует их по возможной продолжительности дальнейшего существования этих участков. Так например:

1) К участкам, могущим продержаться до 10 лет, он относит участки водовода.

между	134 и 127	километрами
..	113 и 112	..
..	91 и 88	..
..	59 и 54	..
..	50 и 49	..

2) К участкам, обреченным на окончательное разрушение через 5 лет, проф. А. А. Байков отнес участки водовода:

в районе	76	килом.
.. ..	40—39	..

3) Наконец к самым опасным участкам, срок службы которых определен в три года, проф. А. А. Байков отнес участки водовода

в районе	111 — 109	килом.
.. ..	104 — 102	..

К разрушениям бетона вследствие механических причин (обозни и др. почвенные процессы) проф. А. А. Байков отнес следующие трещиноватые участки водовода:

в районе	56—55	километр.
.. ..	42—39	..

В течение 1925 и 1926 г. г. были произведены заделки трещин на некоторых участках водовода.

В конце 1926 года закончены работы по постройке новой обходной ветви водовода на 61—63 км общим протяжением 2965,15 п. м.

С проектом этой постройки водовода и производством самых работ Члены I-го Всесоюзн. Вод. и Сан. Тех. Съезда, уделившего этому вопросу большое внимание и вынесшего ряд постановлений, ознакомились в 1925 году на месте их производства. Поэтому ограничусь лишь справкой, что полная стоимость переустройства водовода на 61—63 км выразилась суммой 795.031 р. 38 к., т. е. в среднем 267 р. 55 к. за 1 п. м водовода, включая все накладные расходы.

По окончании названных работ, с августа 1926 года было начато переустройство следующего, наименее надежного, участка водовода на 102—104 км, близ ж. д. станции «Сарван».

На основании опыта, вынесенного при постройке обходной ветви водовода на 61—63 км, программа и организация работ на «Сарванском» участке несколько иные, чем на 61—63 км. Главное внимание здесь обращено на понижение высокого уровня грунтовых вод посредством более рационального дренажа водовода, так как наблюдения выяснили, что, с уменьшением притока грунтовых вод к бетонному водоводу, процесс разрушения бетона почвенными солями значительно ослабевает, и, повидному, даже совсем приостанавливается, что окончательно может быть установлено лишь последующими наблюдениями.

На основании сказанного решено: не устраивать обходных ветвей на протяжении всего дефектного участка 102—104 км, а лишь на двух значительно поврежденных его участках, одном длиной 354 п. м и другом — длиной 304 п. м. Остальная же часть дефектного «Сарванского» участка водовода, на протяжении 500 п. м, капитально ремонтируется

посредством вырубки негодного бетона по трещинам и свищам и заделки вырубленных мест новым бетоном.

На всем протяжении ремонтируемого бетонного водовода он отбавляется до подошвы, наружная поверхность его свода и боковых стен тщательно обрубается, оштукатуривается цементным раствором 1 : 1, железнится и покрывается за 3 раза, в холодном виде, смоляной краской, изготовляемой по рецепту химика Отдела Водоснабжения Игнатьева, выдержавшей ряд испытаний и представляющей более дешевую и надежную изоляцию по сравнению с прежней киро-асфальтовой.

С обеих сторон отбавляемого водовода устраивается дренаж из 125 мм цементных труб, осмоленных снаружи и изнутри тем же составом, уложенных в булыжник и гравие. Через каждые 75 м на протяжении этого дренажа устраиваются дренажные траверсы под водовод, снабжаемые с обеих сторон смотровыми бетонными колодцами, которые изолированы тем же составом и прикрыты железобетонными плитами, сверху засыпанными грунтом, во избежание засорения этих колодцев окрестным населением.

Дренажно выпускных канав четыре; они — закрытого типа и состоят из 175 мм бетонных труб, осмоленных снаружи и изнутри, тем же составом; через каждые 75 м на них устроены того же типа смотровые бетонные колодцы.

Новые обходные ветви водовода, ввиду глубины траншей не превышающей 7 м, устраиваются здесь на железобетонные, а бетонные, грушевидной профили 120×170 см с толщиной замка свода=18 см, как и старый водовод. Согласно постановления 1-го Всесоюз. и Сан. Тех. Съезда, цемент применяется трассовый, изготовляемый Новорос. заводами в пропорции: 2 части портланд-цемента и 3 части Карадагской трассы. Состав бетона из трассового цемента в начале, согласно заключения проф. А. А. Вайкова, предложено было применять в пропорции 1 : 1 : 1, но впоследствии пропорция эта была принята 1:1 $\frac{1}{3}$: 2, так как, с одной стороны, согласно договора с Новорос. цементрестом трассовый цемент должен удовлетворять своими качествами Портланд-цементу, в отношении его строительно-механических свойств, а с другой стороны состав бетона 1 : 1 : 1, удорожая стоимость работ, не гарантирует в то же время крепости сооружений от уменьшения количества более твердой части бетона гравия.

Окончательное решение о составе трассового бетона для Шолларского водовода отложено: 1) до получения данных после испытания изготовленных на трассовом цементе образцов и 2) до заключений II-го Всесоюз. Вод. и Сан. Тех. Съезда по соответствующим докладом о бетонных водопроводно-канализационных сооружениях.

Состояние бетонного водовода на 1 января 1927 года было следующее:

- 1) участков с разъеданием бетона почвенными солями зарегистрировано 2589 п. м или 1,65% общ. протяжения водовода;
- 2) участков с более значительными трещинами зарегистрировано 7300 п. м или 4,67% общ. протяж. водовода;
- 3) участков с мелкими и волосными трещинами зарегистрировано 42765 п. м или 27,39% протяж. водовода.

Следующим участком водовода, подлежащим ремонту, после 102—104 к. намечен участок его на 109—111 к, а за ним участки водовода на 20 к. на 91—90 к и т. д. Таким образом к 1 октября 1931 года, будут приведены в порядок наименее надежные участки водовода, разрушаемые грунтовыми водами и почвенными процессами. Одновременно с этим будут ремонтироваться трещиноватые участки водовода в сухих грунтах, посредством заделки трещины изнутри, что в настоящее время уже выполняется, как текущая эксплуатационная работа.

Остальные дефектные участки, отремонтировать которые не удастся в течение третьего строительного периода, будут приведены в порядок в следующие годы.

В настоящее время в отношении этих участков принимаются следующие предупредительные меры: засыпка просевших траншей, во избежание попадания в них атмосферной воды, и планировка полосы отчуждения водовода, с устройством кюветов по обе стороны ее и лотков через водовод для отвода атмосферных и оросительных вод.

Заключение.

К 1 Октября 1934 года, после выполнения программных работ третьего строительного периода, фактически окажутся выполненными лишь первая и вторая очереди работ, предусмотренных инж. В. В. Лавровым для осуществления — «Шолларского» проекта.

Первая очередь — полностью и вторая — с изменениями: а) в отношении способа захвата воды в Шолларе: вместо каптажа кюветой «Шоллар» и «Форзали-Оба» — устройство глубоких артезианских скважин для захвата воды из 8-го и последующих водоносных горизонтов в большем количестве и лучшего качества; и б) в отношении конструкции резервуаров: вместо бетонных резервуаров — железобетонные. Кроме этих, предусмотренных, для ее работ, будут выполнены и непредусмотренные им работы:

1. По снабжению Шолларской водой 34 селений Анжеро-Судженского полуострова, с общим числом жителей до 82,320 человек;
2. по электрофикации и канализации Захватных Сооружений;
3. по переустройству некоторых участков водовода, разрушаемых грунтовыми водами.

По докладу Съездом вынесено постановление:

Учитывая успех в деле Б.ку-Шолларского водопровода, признать, что для создания прочной и долговечной в эксплуатации водной сети в Б.ку-Шолларском полуострове, не обойтись без скорейшего осуществления работ по возведению и реконструкции Б.ку-Шолларского водопровода.

III. Доклады по источникам водоснабжения.

Доклад проф. В. Е. ТИМОНОВА.

О ПЛАНИРОВАНИИ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В СВЯЗИ С ЗАДАЧАМИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ.

(Доклажен в вечернем заседании Пленума Съезда 8-го мая 1957 г.)

Пр. делегаты съезда в лице проф. *И. Ф. Горбачев*

Доклад к печати не представлен, но его тезисы входят в конспект доклада, опубликованный в 1-м выпуске Трудов Харьковского Съезда под заглавием «Водохозяйственные проблемы Египта в связи с водоснабжением населенных мест» (стр. 102—105).

По докладу Съездом вынесено постановление:

1. Вопросы водоснабжения населенных мест должны рассматриваться в культурных странах, как входящие в состав общих задач крайнего использования водных ресурсов страны для всех видов нужды в воде и охватывающие, кроме водоснабжения, судостроение, рыболовство, орошение земель, получение гидроэнергии и др.

2. Для более населенных и менее богатых водными ресурсами районов СССР должны быть разработаны в скорейшем времени общие схемы использования этих ресурсов с целью обеспечения возможного удовлетворения различных упомянутых потребностей в гармоничном и рациональном сочетании таковых.

3. Крупные работы по водоснабжению населенных мест СССР желательнее проводить в жизнь, по возможности, с учетом общей схемы использования водных ресурсов района, отвечающей приведенному выше условию.

4. Среди задач указанного порядка на первое место должны быть поставлены задачи — водоснабжение города Москвы, где сталкиваются интересы нескольких сторон водного хозяйства района и где рациональное решение вопроса о снабжении водой столицы СССР требует предварительного рассмотрения водной проблемы всего района в целом.

5. Было бы желательнее, ввиду многоведомственности нашего водного хозяйства, чтобы Бюро Водопроводных и Санитарно-Технических Съездов взяло на себя инициативу отыскания путей и средств к правильной постановке и решению вопросов о водоснабжении населенных мест в гармоничном сочетании и удовлетворением иных потребностей страны в воде.

6. *Особые условия Украинской Республики в отношении как ее водных ресурсов так и ее потребностей в воде для оросительных нужд сельского хозяйства для судостроения, для промышленности, для рыболовства и для водоснабжения городов и сельских местностей — делают чрезвычайно желательным, в интересах правильного разрешения всех перечисленных задач в целом и каждой из них в отдельности, в том числе насущной задачи водоснабжения — немедленный приступ к общему планомерному обследованию водных ресурсов Украинской Республики в целях выяснения их количественного значения из территориального распределения, их колебаний по различным периодам, а так же выяснения в них возможностей удовлетворения упомянутых потребностей страны в горючие, а и рациональном сочетании таковых: выработку программы организации такого обследования мог бы взять на себя поощряемый Украинским Национально-исследовательским Институтом Водного Хозяйства Украины в Киеве при содействии Государственного Гидрологического Института состоящего при Всесоюзной Академии Наук в Ленинграде.*

Доклад д-ра В. И. МУСКАТ

САНИТАРНЫЙ НАДЗОР ЗА ВОДОПРОВОДНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

(Доложен в заседании секции 8 мая 1927 г.)

Президентство в д-р ф. Н. Ф. Губичев

Доклад в изысканиях не представлен.

По докладу Съезда вынесено постановление:

Передать доклад в Постоянное Бюро Съезда в виду дальнейшей проработки и в согласии с докладом д-ра С. А. Гуревича.

IV. Доклады по водопроводной сети.

Доклад инж. А. В. КОНДРАШЕВА.

ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА, ПОВЕРКИ И КЛЕЙМЕНИЯ ВОДОМЕРОВ.

(Доложен в объедин. засед. водопров. и канализацион. секций 14-го мая 1927 г.)

Председательствовал проф. А. А. Суриц.

Проект правил об устройстве и пользовании водомерами для расчетов за отпускаемую потребителям воду был разработан Главной Палатой Мер и Весов и доложен проф. А. А. Суриным I-му Всесоюзному (XIII) Водопроводному и Санитарно-техническому Съезду в г. Баку 1925 года. По заслушании доклада и замечаний, сделанных членами собрания, I-м Всесоюзным Съездом между прочим было принято постановление: «Передать проект правил об устройстве и клеймении водомеров, разработанный Главной Палатой Мер и Весов, на рассмотрение Постоянного Бюро с участием Местных Групп, для доклада следующему съезду.»

Вышеупомянутые «Правила» были разосланы Постоянным Бюро Местным Группам, но получения заключений от которых все материалы переданы в особую комиссию под председательством инж. А. В. Кондрашева (председатель), инженеры К. К. Брессе, С. Л. Бирвайн, А. А. Мельниченко и проф. П. П. Кукотелевского.

Комиссия, положив в основу проект «Правил», постановления, принятые Съездом, и учтя замечания, полученные от Местных Групп, представила Постоянному Бюро соображения о желательных изменениях и дополнениях в проект «Правил», которые по их одобрении Бюро были внесены на обсуждение II-го Всесоюзного Съезда в г. Харькове 1927 года.

По рассмотрении их специальной комиссией под председательством инж. П. П. Кукотелевского Съездом, для об устр-ва водомеров были заслушаны общим собранием Съезда и утверждены в нижеследующей редакции.

П р а в и л а

Об устройстве, проверке и клеймении водомеров, устанавливаемых на водопроводной сети для расчета между потребителями и поставщиками воды.

Отдел I. Общие положения.

§ 1. Для расчета между потребителями и поставщиками воды допускаются к применению водомеры лишь тех типов, которые после испытания их Главной Палатой Мер и Весов признаны ею пригодными для означенной цели.

Примечание: Удовлетворяющие требованиям Отдела II и IV настоящих правил, но не принадлежащие к испытанным Главной Палатой типам, допускаются к проверке и клеймению не более 5-ти лет со дня опубликования настоящих правил.

§ 2. Водомеры должны по своему устройству удовлетворять требованиям Отдела II настоящих Правил.

§ 3. Водомеры допускаются к применению лишь в том случае, если они при проверке удовлетворяют требованиям отдела IV настоящих Правил.

Отдел II. **Технические требования, предъявляемые к водомерам.**

§ 4. Водомеры классифицируются по их водопронусной способности, т. е. по количеству воды, которое проходит через водомер в час при потере напора в нем в 10 метров водяного столба; означенным часовым расходом присваивается название характерных расходов.

§ 5. Характерные расходы скоростных водомеров и их внешние размеры должны соответствовать нижеприведенной таблице:

Характерный расход в час куб. м	Калибр водомера	Диам. входн. и выходн. отверстий штуцер водомера	Газовая нарезка Витворта на концах водомера			Строительная длина без штуцеров	Примечание
			Наружный диаметр нарезки	Внутренний диаметр нарезки	Число витков на 25,4		
2	10—13	20	33,25	30,29	11	220	1. Указанные размеры обязательны для водомеров, впервые поступающих на сеть через суд и после издания настоящих Правил. 2. Водомеры, изготовленные до издания настоящих Правил, могут иметь различные от таблички размеры. 3. Строит. длины водомеров с характерными расходами в 30,50 и 100 куб. м включают осадочный горшок или горшок распределительного клапана в комбинированных водомерах.
3	15	20	33,25	30,29	11	220	
5	20	20	33,25	30,29	11	220	
7	25	25	41,91	38,95	11	260	
10	30	25	41,91	38,95	11	260	
20	40	40	59,61	56,66	11	300	
30	50	50	Соединение фланцами			550	
50	80	80				650	
100	100	100				800	

Примечание 1. Приведенные в таблице строительные длины обязательны для скоростных водомеров с вертикальной осью и их комбинаций; для остальных же систем водомеров оно временно не стандартизируется.

Примечание 2. В дисковых водомерах зависимость между калибром водомера и характерным расходом определяется вышеприведенной таблицей, т. е. должна быть такою же, что и у скоростных водомеров; для поршневых же водомеров при соответствующем калибре водомера допускается уменьшение характерного расхода не более, чем в $2\frac{1}{2}$ раза против табличного.

§ 6. На наружной стороне корпуса каждого водомера на видном месте должны быть указаны: характерный расход и направление течения воды (стрелкой). Кроме того, на фирменном кольце или на циферблате должны быть обозначены наименования фирмы и фабричный номер водомера.

§ 7. Водомер должен быть снабжен приспособлением для запломбирования, исключающим возможность перестановки его регулятора и проникновения к внутреннему механизму водомера, к стрелкам и циферблату.

§ 8. Циферблаты водомеров должны иметь белое эмалированное поле с цифрами, нанесенными отчетливо одним или несколькими резкими цветами; при обозначении всех цифр одним цветом этот цвет должен быть черным.

§ 9. В циферблатах водомеров с характерными расходами в 10 куб. м и менее одно деление кругового циферблата должно соответствовать не более, чем 1 л, а водомеров с характерным расходом в 20 куб. м — не более, чем 10 л; в водомерах с большими ха-

растерными расходами одно деление кругового циферблата должно соответствовать не более, чем 100 л. В ленточных циферблатах последняя цифра отсчета должна соответственно обозначать для указанных 3 классов водомеров литры, десятки и сотни литров.

§ 10. Малые круговые циферблаты высших счислений располагаются в пределах большого циферблата и следуют в порядке убывания счисления; при этом водомеры с характерными расходами в 5, 7 и 10 куб. м должны считать до 10.000 куб. м; водомеры же с характерным расходом в 20 куб. м и выше — не менее, чем до 100.000 куб. м.

§ 11. Литровая шкала кругового циферблата должна иметь надпись «литры», шкалы высших счислений должны иметь общую надпись «куб. м» (м³), а на отдельных малых циферблатах надписи «десять», «единица», «десять», «сотня», и т. д., или же обозначения цифрами «0,1», «1», «10», «100», и т. д.

§ 12. Циферблат сверху должен защищаться стеклом, которое, в свою очередь, должно закрываться металлической крышечкой; на последней рекомендуется помещение наименования фирмы и фабричного номера водомера, но это не освобождает от помещения названных обозначений на других частях водомера согласно § 6 сих Правил.

§ 13. Водомеры со стороны входа воды должны быть снабжены предохранительной сеткой от засорения; общая площадь отверстий сетки должна превышать площадь входного отверстия водомера не менее, чем на 50% — для скоростных водомеров и не менее, чем на 100% — для объемных и дисковых водомеров. Диаметр отдельного отверстия сетки в скоростных водомерах не должен превосходить следующих размеров: в водомерах с характерными расходами в 20 куб. м и менее — 1 мм, а в водомерах с большими характерными расходами — 2 мм; в объемных же и дисковых водомерах диаметр отверстий не должен превосходить 0,75 мм. Сетка должна быть установлена плотно и прочно, так, чтобы была исключена возможность ее сдвига и попадания сравнительно крупных механических примесей внутрь водомера; в то же время рекомендуется такая установка сетки, которая допускает свободное ее снятие для осмотра и очистки без разборки водомера и изъятия его из водопроводной сети. Для водомера с характерным расходом в 30 куб. м и выше — сетка устанавливается в особом осадочном горшке.

§ 14. Водомеры с характерным расходом в 30 куб. м и выше могут быть комбинированными с автоматическими клапанами, включающими и выключающими соединенные с ними водомерами с меньшими характерными расходами; комбинированные водомеры состояются из основного водомера с характерным расходом в 30, 50 и 100 куб. м и соединенного с ним соответственно с характерным расходом в 5, 7 и 10 куб. м. Клапан должен включать в действие основной водомер лишь в том случае, когда потеря напора в малом водомере достигает величины между 1 и 2 м водяного столба. Клапан должен плотно закрывать доступ воды в основной водомер при малых расходах, но при больших расходах оба водомера могут работать параллельно.

Примечание. Другие комбинации водомеров допускаются с особого каждого разрешения Главной Палаты мер и весов.

Отдел III. Испытание типов водомеров.

§ 15. Для испытания типа водомеров фирма, выпускающая водомеры, должна представить в Главную Палату Мер и Весов соответствующее заявление и пять водомеров с различными характерными расходами не меньшими 2 куб. м. К заявлению должны быть приложены конструктивные чертежи и описание, в котором должны быть указаны устройство и прием регулировки водомеров.

Примечание 1. Два водомера из представленных на испытание, а также описание и чертежи остаются в Главной Палате Мер и Весов; остальные же водомеры по окончании испытания возвращаются обратно фирме.

Примечание 2. В исключительных случаях по соглашению с Главной Палатой Мер и Весов могут быть представлены в количестве и менее 5 штук.

§ 16. Испытание типа водомеров состоит в установлении его следующих качеств, а именно в определении:

а) прочности корпусов водомеров, т. е. его способности противостоять внутреннему давлению воды;

- б) водопронускной способности водомеров, т. е. их характерных расходов;
- в) точности показаний водомеров, т. е. их способности регистрировать с допускаемой погрешностью проходящие через водомер расходы воды;
- г) чувствительности водомеров, т. е. их способности отмечать непрерывно хотя бы и не точно весьма малые проходящие через водомер расходы воды;
- д) постоянства показаний водомеров, т. е. невосприимчивости их по отношению к быстрым изменениям давлений и расхода воды;
- е) выносливости водомеров, т. е. способности их к долговременной службе.

§ 17. При испытании типов водомеров пригодными к применению для расчета потребителей с поставщиками воды признаются те типы, которые удовлетворяют требованиям Отдела II и, сверх того, еще нижеследующим:

- а) корпусы водомеров всех систем должны выдерживать пробное давление в 15 *кг* на *кв. см* в течение 10 минут без течи и без видимых деформаций;
- б) при пропускании через водомер характерного расхода, указанного в § 5, а где это невозможно — 50% от него, потеря напора в водомере не должна превышать 10 м водяного столба в первом случае, и 2,75 м — во втором случае;
- в) погрешность водомера любой системы при пропускании через него от 50% до 4% характерного расхода, указанного в § 5, не должна превосходить $\pm 2\%$ от действительно пропущенного через водомер количества воды.

Погрешность водомера с характерным расходом в 7 *куб. м* и выше при пропускании через него 2% от характерного расхода, а для водомеров с характерными расходами в 2,3 и 5 *куб. м* соответственно 60, 75 и 110 *л* в час, не должна превышать $\pm 3\%$ от действительно пропущенного через него количества воды.

Примечание. Для поршневых водомеров при пропускании через них 2% от характерного расхода погрешность ± 3 не является обязательной.

- г) Водомер должен двигаться непрерывно, хотя бы и не точно регистрируя пропущенное количество воды, при проходе через него 1% от характерного расхода, указанного в § 5;
- д) погрешность водомера при пропускании через него постоянно меняющегося расхода не должна превосходить $\pm 5\%$ от действительно пропущенного через водомер количества воды.

Примечание. Ежедневные расходы и давления ощущаются и медленным вращением регулирующего колеса водомерной станции регулирующий орган во время этого испытания делает не менее одного полного открытия и закрытия в течение каждой минуты.

§ 18. Водомеры типа, выдержавшие удовлетворительно испытание по § 17, допускаются к временному применению для расчета между потребителями и поставщиками воды и о таковом допущении выдается временное свидетельство и публикуется в официальных органах ВСНХ, НКВД и изданиях Главной Палаты.

§ 19. Типы водомеров окончательно допускаются к применению после испытания их Главной Палатой Мер и Весов на выносливость, которая определяется непрерывной работой их в течение 2.000 часов при расходе, соответствующем потере напора в 2,5 м причем погрешность их после такой работы не должна превышать более, чем в 1,5 раза погрешностей, указанных в § 17, п. «в».

Примечание. Испытание при потере напора в водомере в 2,5 метра водяного столба не относится к водомерам типа Вольмана и Вентури.

§ 20. Водомеры типа, не выдержавшие испытаний, указанных в §§ 17 и 19, не допускаются к применению, причем водомеры, установленные на основании временного допущения типа, остаются на службе, но срок между периодическими поверками для них сокращается на один год, о чем публикуется в официальных органах ВСНХ, НКВД и изданиях Главной Палаты.

§ 21. О всех изменениях в допущенном типе водомеров фирма, выпускающая водомеры, обязана доводить до сведения Главной Палаты Мер и Весов с представлением ей

описания произведенного изменения. Главная Палата по рассмотрении означенного описания, в зависимости от изменений, введенных в конструкцию водомера, либо пропускает измененный тип, либо признает необходимым произвести дополнительное испытание его; если дополнительное испытание даст неблагоприятные результаты, то Главная Палата Мер и Весов имеет право запретить применение водомеров измененного типа.

Отдел IV. Проверка водомеров.

§ 22. Проверка водомеров заключается в определении точности его показаний.

§ 23. Проверка новых водомеров на точность показаний производится согласно § 17 п. 4» сих Правил.

§ 24. Проверка бывших в обращении водомеров на точность показаний состоит в пропускании через них часовых расходов воды в пределах от 50 до 5% от характерных расходов, указанных в § 5, причем допускаемая погрешность в расхождении показаний проверяемого водомера с действительно пропущенными через него количествами воды не должна превышать $\pm 5\%$.

Примечание. Водопробным Управлениям предоставляется право устанавливать более строгие нормы проверки бывших в обращении водомеров нежели предписанные § 24 сих Правил.

§ 25. Водомеры, удовлетворяющие требованиям настоящих Правил, снабжаются одной или несколькими пломбами с клеймом установленного образца и указанием года проверки.

§ 26. Водомеры, не удовлетворяющие требованиям настоящих Правил, клеймению не подлежат и к применению не допускаются.

§ 27. Проверка водомеров, допущенных к применению типов, производится Водопробными Управлениями на своих испытательных станциях, оборудование которых должно быть одобрено Главной Палатой Мер и Весов, контролю со стороны которой подлежит и деятельность испытательных станций.

По докладу Съездом вынесено постановление:

Утвердить правила об устройстве, проверке и клеймении водомеров в редакции комиссии Съезда, рекомендовать их к применению и просить Главную Палату Мер и Весов в проведении их в жизнь.

Донлад инж. А. М. ВИЛЕНЧИК.

УКЛАДКА ВОДОПРОВОДОВ НА БЕТОННЫХ СВАЯХ.

(О переустройстве 150 мм водопроводной магистрали в Инкермане.)

(Доложен в заседании секции 12 мая 1927 г.)

Председательствовал инж. А. В. Кондратов.

Назначение магистрали.

150 мм магистраль Северной стороны имеет своим назначением питание резервуара Северной стороны гор. Севастополя. Резервуар, расположенный на высотах между дачей «Голландия» и Сухарной балкой, в свою очередь питает водопроводную сеть названной стороны, обслуживающую населенные районы и ряд учреждений Военно-Морского Комисариата и Электрическую Станцию Северного Дога.

Указанная магистраль отходит от главной напорной 175 мм линии Инкерманского водопровода, проходит поперек Инкерманской болотистой долины и далее по Северной стороне, заканчиваясь упомянутым резервуаром.

Кроме того, от этой 150 мм магистрали вода непосредственно подается в резервуар Сухарной балки Морского Ведомства.

Данные о существовавшей ранее магистрали.

Время постройки магистрали относится к 1909 году, причем она была сооружена Морским Ведомством, так как первоначально служила целям последнего. В 1924 году,

в виду общего значения для водоснабжения района, была окончательно передана в ведение Севастопольского Местхоза, и с образованием Коммунального Треста «Севастопольский Водоканал» с 1 апреля 1925 г. перешла в ведение последнего.

Вследствие неблагоприятных условий пролегания магистрали и ряда существенных неправильностей, допущенных при ее устройстве, уже начиная с 1918 года, неоднократно наблюдались частые повреждения водовода, главным образом в месте нахождения его под бровкой обочины шоссе Симферополь — Севастополь, вдоль всей дамбы.

Ремонт повреждений был сопряжен с крайними затруднениями, так как уровень воды обычно стоит выше заложения труб. В таких случаях, при ремонтах приходилось производить, помимо отрывки в толще дамбы, откачку воды, а в местах пролегания труб вдоль отверстий мостов, между крыльями мостов — ограждать участки для производства работ шпунтовым рядом, для возможности откачивания воды и оголения труб.

Целый ряд обследований и наблюдений давал возможность с несомненностью установить нижеследующие причины частных повреждений водовода:

1) неравномерная осадка болотистого грунта, что при отсутствии основания под трубопроводом вызывало разрушения как стыковых соединений, так и поломку самих труб (давление в трубах до 8,5—10 атмосфер).

2) попеременное действие на трубы пресной или морской воды и колебания уровня почвенных вод, под влиянием разливов р. Черной, морских течений, ветров и т. п.;

3) химическое воздействие растворимых в воде соединений и болотных газов, в частности значительное содержание сероводорода;

4) подвеса водовода к поперечным балкам деревянного шоссевого моста через р. Черную.

Осмотр поврежденных труб подтвердил влияние указанных причин, так как материал труб во многих местах настолько видоизменился, что потерял все первоначальные свойства и структуру, превратившись местами в графитообразную массу.

Все учащающиеся случаи разрывов в водоводе на названном участке с несомненностью доказали полную ненадежность всего устройства и выдвинули перед «Водоканалом» вопрос о необходимости срочного переустройства всей линии этого участка.

Эксплуатационные данные магистрали.

Население поселков Северной стороны, включая поселок «Буденовку» (бывш. Бартеньевку) и расположенные учреждения различных ведомств, можно принять равным 3000 человек, что при 37 л в день на человека, составит в месяц около 3320 куб. м.

Потребность в воде Электростанции выражается примерно в 1845 куб. м, остальные учреждения — около 3690 куб. м, а всего около 8855 куб. м.

Принимая во внимание перспективный рост потребления, в связи с развитием строительства и увеличением населения Северной стороны, а равно предстоящее расширение Электростанции, путем установки 3-го агрегата и новой пары котлов, можно признать, что количество воды, подлежащее пропуску по магистрали, при средней скорости в трубах в 1,00 м (1 сек.), будет выражаться цифрой около 11070 куб. м в месяц.

Принимая наибольший расход воды в 2,5 раза большим против среднего, получим расчетный часовой расход в кубических метрах.

$$2.500.000 \text{ вед./мес.} = \frac{2.500.000}{81,3 \times 30 \times 24} = 42,7 \text{ куб. метр./час.}$$

Пропускная способность 150 мм труб, рассчитанная по формуле Дарси - Вазени, при $v = 1,00$ метр-сек., равна 63,617 куб. метр./час., т. е. 49% больше расчетного расхода, ибо 63,617 куб. метр./час. составляют

$$63,617 \times 81,3 \times 30 \times 24 = 3.720.000 \text{ вед./мес. } 45747 \text{ м}^3/\text{м}$$

Таким образом, в отношении диаметра труб, старая магистраль была удовлетворительна и не было достаточных оснований менять диаметр труб в предполагаемой к постройке новой магистрали.

Предварительные изыскания и проект новой магистрали.

Пробной отрывкой над старым водоводом и осмотром состояния труб, проложенных по болоту, на глубине около 1,00 м, была установлена необходимость заменить водовод на протяжении до 1300 м.

Существующая дамба — шоссе поперек болота — основана на каменной заброске толщиной примерно 1—3 м.

Исследованием глубины болота вдоль подошвы дамбы отрывкой шурфов глубиной до 2 м, пробной забивкой деревянных свай на глубину до 3—4 м и продуванием твердого материкового грунта обнаружено не было.

Принимая же во внимание сравнительно ничтожную нагрузку на грунт от водовода, производить изыскание грунта на большую глубину представлялось излишним.

Итак, основными техническими требованиями к проекту переустройства 150 м магистральной в Инкермане являлись:

- 1) в пределах возможности поднять трубопровод над уровнем грунтовых вод;
- 2) построить самостоятельные пролетные строения через р. Черную и протоки;
- 3) достигнуть удобного надзора и ремонта линии;
- 4) при производстве работ не прерывать водоснабжения Северной стороны Севастополя.

На основании изложенного, предварительным проектом было предусмотрено следующее:

1. В более повышенных участках существовавшей линии, как у полотна железной дороги, например, путем перенесения линии на более высокое место, проложить трубы обычным порядком с глубиной залегания 0,50—0,75 м, с просыпкой водовода сверху смесью глинистой земли и шлака на высоту от трубы 0,75—1,00 м. Общее протяжение такой укладки пог. метров 525.

2. В местах пересечения новой магистралью существующего шоссе проложить трубы в каменных жолобах под шоссе, на сплошном фундаменте, с перекрытием жолобов железобетонными плитами и засыпкой жолобов шлаком. Общим протяжением каменных жолобов погон. метров 50.

3. Трубопровод вдоль дамбы уложить в расстоянии 1,5 м от бровки обочины шоссе и на высоте 1,00 м над водой по бетонным сваям, с последующей обсыпкой трубопровода смесью земли и шлака, в виде вала, примыкающего к дамбе, на толщину 0,75—0,80 м от трубопровода сверху и с боков его.

Тоже сделать и поперек болота в Клеопиной балке.

Общее протяжение прокладки труб по сваям — 650 м.

4. В местах перехода нового трубопровода через р. Черную — шесть протоков дамбы шоссе и один для пропуска воды в море из Клеопиной балки — сделать самостоятельные пролетные строения в виде железобетонных жолобов, перекрываемых железобетонными плитами, с засыпкой жолобов шлаком.

Жолоба основать по железным прогонам, прикрепленным к верхушкам железных свай, забетонированных на всю высоту их с глубины 0,50 м ниже дна реки.

Жолоба через р. Черную, для пропуска явиков по реке, поднять над водой до уровня существующего шоссевого моста.

Жолоба протоков вделать по концам в приподнятые кладкой крылья существующих мостов. Эти крылья будут служить одновременно опорными стенками насыпного вала над водоводом.

Железобетонных жолобов всего пог. метров 64,25.

5. Для пропуска воды с полотна проезжей части шоссе в болото, уложить 15 водосливов из 150 мм (6") чугунных труб с открьльями со стороны шоссе и сделать отмостку у подошвы откоса и дна лотка.

6. Во избежание спалывания насыпи в болото, у подошвы последней забить через 0,25—0,40 м дубовые сваи, забрав промежутки между ними пластинами. С той же целью вдоль линии колеи посадить деревья, могущие расти в данных условиях.

Для предохранения повреждений насыпи пешеходами, экипажами и прогоняемой по шоссе скотиной, сделать по откосу насыпи вдоль обровки шоссе колючую изгородь на трубчатых стойках, заделанных в бетон.

7. В местах перегибов трубопровода в вертикальной плоскости сделать смотровые колодцы с крышками.

8. В самой высокой точке трубопровода, именно над р. Черной, установить вышку, а в низкой, там же в одной из колонок на берегу — спускной кран.

9. В целях бесперебойного водоснабжения Северной стороны, новую магистраль на всем протяжении вести по новой линии, по правой стороне дамбы, и водоснабжение продолжать по старой магистрали.

Производство работ. План работ.

Начались работы в середине августа, закончились в декабре 1926 года и проводились в таком порядке:

1) земляные работы по планировке места под бетонные сваи и рытье траншей для прокладки труб в обычном порядке;

2) свайно-бетонные работы и каменные работы по кладке жолобов под шоссе и крыльев у мостов.

3) кузнечно-слесарные работы по подготовке оснований пролетных строений и работы по набивке железо-бетонных жолобов и перекрывающих плит;

4) укладка труб, подсыпка подвижной земли и шпала под трубы вдоль дамбы и в Клеонинской балке и бойка деревянных свай по болоту у подошвы насыпаемого вала над трубой вдоль дамбы;

5) укладка водосливов из старых чугунных труб под трубопроводом поперек его и бетонирование открылков от них;

6) заделка стыков труб, их опробование, присыпка земель со шпалом и включение новой линии в общую магистраль;

7) устройство ключей изгороди по откосу вала со стороны шоссе, и посадка деревьев у подошвы вала со стороны болота.

Свайно-бетонные работы.

Согласно проекту, сваи применены бетонные, набиваемые на месте в футлярах из кровельного старого железа.

Свая по своей длине в среднем — 3,00 м, состоит из 3 частей:

1) часть свай, забиваемая в грунт, на глубину в среднем до 2 м. — круглая, в виде усеченного конуса $D = 0,36$ и $d = 0,20$ м;

2) верхняя часть, приходящаяся в толще насыпаемого вала, набиваемая в деревянных формах, непосредственно вслед за набивкой нижней части, вместе соединения с конической — квадратная $0,36 \times 0,36$ м, и выше с гнездом для трубы — прямоугольная $0,50 \times 0,20$ м, длина этой части — 1 м (равна расстоянию от оси водовода, до среднего уровня грунтовых вод);

3) конический конец свай длиной 0,30 м.

Для связи между собой первой и второй части свай, в них забетонированы железные прутья $d = 10$ мм, длиной около 1,5 м каждый.

Сваи забивались из расчета по две на каждую трубу, и располагались у стыковых соединений, с расстоянием между осями свай 0,70 м.

Перед набивкой свай было изготовлено:

1) несколько деревянных, чисто остроганных свай, в виде усеченного конуса, с заостренным на конце тонким концом. Размеры свай такие же, какие требовались от свай бетонных, т. е. $d = 0,36$, $o = 0,20$ и длина — около 3 м, с оковкой низа и бугелем наверху;

2) чехлы-футляры из старого кровельного железа по форме указанных свай, длиной 2-2,5 м, с надрубленными окнами для образования ершей из бетона;

3) сделано до 30 штук деревянных разъемных форм для бетонирования верхушек свай, согласно соответствующим размерам, указанным выше.

Сама забивка свай состояла в следующем:

1) помощью деревянного копра и лебедки бабьей весом в 300 кг, при высоте падения ее до 2,00 м, забивалась деревянная свая до отказа от последнего удара не свыше 3 см. После этого свая выдергивалась и в заготовленное, таким образом, в грунте гнездо помощью той же свай легкими ударами сажался на место железный футляр и заполнялся взамен вынутой деревянной свай бетоном состава 1 : 3 : 5, с сильной утрямбовкой.

Наблюдением за количеством бетона, употребляемого на бетонирование конической части свай, и опытом с выдергиванием из грунта вполне окрепших свай, было с несомненностью установлено, что в дыры и щели заведомо недобротного футляра, при трамбовании, бетон вынуживался в грунт за пределы железного футляра. По забивке футляра, над ним немедленно устанавливалась деревянная форма и набивалась бетоном верхняя часть свай. Гравий для бетона применялся среднего размера до 1,5 см и песок — чистый, кварцевый средней крупности.

Допущенный при свайных работах отказ до 3 см обуславливается тем, что он не превышает расчетного, уменьшенного в три раза в обеспечение прочности, т. е.

При этом:	Вес трубы	114 кг
	Вес воды в трубе	55 ..
	Вес засыпки трубы (предполагая, что земля под трубой просела)	400 ..
	4 человека на штыки над одной трубой	330 ..
	Около	900 кг
	Или на 1 сваю	450 ..
	Добавляя вес бетон. свай	600 ..
	Или W	1.100 кг
	Имея ввиду вес бабы Q	300 ..
	Высоту падения бабы H	2 м
	И вес деревянн. свай g	100 ..

По формуле Вигста в случае отказа

$$T = \frac{H \cdot Q^2 q}{3 \cdot w (Q + q)^2} = \frac{200 \cdot 300^2 \times 100}{3 \cdot 1100 (300 + 100)^2} = 3,4 \text{ см}$$

Примечание: Проверив размер отказа от последнего удара по формуле профессора Яновского (Зр. П.), при том же тройном запасе прочности, получаем

$$T = \frac{Q \cdot H}{6 \times 3 \times w} = \frac{300 \times 200}{6 \times 3 \times 1100} = 3$$

Устройство пролетных строений через реку Черную (и протоки).

Как сказано выше, пролетное строение состоит из железо-бетонного жлоба (состав 1 : 2 : 3), набитого на месте двум железным тавроульбовым прогонам — балкам профиля 300 мм, прикрепленным к верхушкам свай из зетового железа профиля 250 мм. Свай забивке в дно реки на глубину 3—5 м до отказа от последнего удара в 3 м (1^й с — средний от залогов в 10 ударов) ручной бабьей в 100 кг, будучи связаны по забивке их попарно балт ми, образовали собой устой строения.

Каждый устой, состоящий из двух свай, забетонирован (бетоном состава в 1 : 2 : 4) по деревянным формам (в виде притупленных в своих острых углах вытянутых ромбов) на всю их вышину, с глубины 0,50 м от дна реки. Последние работы производились с водоотливом помощью перемычек.

Величина названного отказа в 3 см обуславливалась тем, что она не превышает допускаемого расчетом, за счет прочности, уменьшенной в 3 раза, а именно:

Считая нагрузку на 1 м одного прогона:

Собствен. вес прогона	33,5 кг
Вес жлоба с перекрывающ. плитой . . .	180 „
Труба с водой	30 „
Шлак	75 „
Около	320 кг

При пролетах между устоями — средний 6,30 и крайние 5,0 м получается нагрузка на сваю — $W = 320 \times 5,70 = 1850$ кг.

Высота падения бабы H	1 м
Вес бабы Q	100 кг
Вес сваи q	300 „

Пользуясь формулой Виха при тройном запасе прочности получаем

$$T = \frac{H \cdot Q^2 \cdot q}{3 \cdot w \cdot (Q + q)^2} = \frac{100 \times 100^2 \times 300}{3 \times 1850 \times 400^2} = 0,31 \text{ см}$$

Наибольший средний прогон между устоями для простоты принят за свободно лежащую балку на двух опорах с равномерной нагрузкой, с расчетным пролетом 6,30 метр.

Проверкой прочности получаем момент сопротивления

$$W = \frac{M}{K} = \frac{1}{8} \frac{320 \times 6,3 \times 630}{1000} = 160 < 195 \text{ куб. см}$$

Все работы произведены во всем, согласно проекта и плана работ. Составление проекта и его осуществление выполнены инж. В. Ф. Мятягевичем.

П р е и я.

Инж. Я. Д. Тотеш. Произведенная работа имеет большое значение, удовлетворительно разрешив вопрос о прокладке труб по заболоченным местам; бетонные сваи вполне отвечают предъявляемым требованиям.

Проф. А. А. Сурин. Прокладка труб на сваях — не новость: она практикуется при проведении жел.-дорожных водопроводов по болотам, но там применяются сваи деревянные, влияние же морской воды на бетон пока неизвестно.

По докладу Съездом вынесено следующее **п о с т а н о в л е н и е**:

Доклад принять к сведению.

Доклад проф. П. Ф. ГОРБАЧЕВА.

О ПРАВИЛЬНОЙ СТРУКТУРЕ ФОРМУЛЫ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ.

(Доложен в заседании секции 10 мая 1927 г.)

Председательствовал инж. *Л. Н. Динсаммизе.*

Явления движения жидкости в трубах и каналах еще недостаточно изучены теоретически и не выражены в форме точно установленных законов, а потому и теперь приходится довольствоваться опытными данными, сведенными различными исследователями в так называемые «эмпирические» формулы скорости течения воды. Со времени первой такой эмпирической формулы Шези (1775 г.), за истекшие полтора столетия предложено было более 100 формул, из которых впрочем едва 15 надолго удержались в практике и применяются главным образом до сих пор. Но и эти формулы представляют большое разнообразие и при вычислении дают несходные результаты. Всегда может возникать

вопрос, почему выбрана для расчета та, а не другая формула, на который трудно дать исчерпывающий ответ. Между тем выбор формулы может чувствительно отражаться в практике на вычисленных размерах сооружений, и разница между применением двух формул может оцениваться в малых сооружениях — в десятки тысяч, а в крупных сооружениях — даже в сотни тысяч рублей. Поэтому вопрос о правильности эмпирической формулы скорости течения представляет не только теоретический, но и чисто практический интерес, в особенности в последнее время, когда экономика принимает все большее значение в технике. Соответственно этому, с начала XX века в технической литературе все чаще появляются работы, посвященные сравнительному изучению эмпирических формул скорости, стремящиеся или избрать лучшую формулу из существующих, или создать новую формулу, свободную от недостатков прежних формул.

Занимаясь давно этим вопросом, и опубликовав еще в 1901 году сравнительный анализ 20 формул скорости, я все время продолжал эту работу и в настоящем докладе излагаю результаты сравнительного исследования 127 известных мне эмпирических формул скорости. Ограниченность места не позволяет привести в Трудах Съезда полностью описания всех этих формул, и приходится здесь дать описание только нескольких из них, более употребительных, а для других ограничиться лишь их переименованием и числовыми таблицами, с результатами вычислений по 60 формулам, при различных рекомендованных авторами коэффициентах шероховатости.

Сравнительное изучение эмпирических формул скорости показывает, что главное и характерное значение в них имеет структура формулы, определяющая закон изменения величины скорости в функции размера трубы и канала. Что касается величины числовых коэффициентов, то изменение их несколько отклоняет значения скорости, с повышением или понижением их, но не изменяет типа самой функции, выраженного в виде кривой на графике. Поэтому главной задачей изучения формул должно быть исследование типов их структуры, а потом расшифровка значения числовых коэффициентов и влияния их на результаты вычисления, сопоставляя последние с опытными данными, т. е. с лабораторными исследованиями и наблюдениями над действующими сооружениями. Такое сравнительное изучение структуры важно и в научном отношении, потому что все эмпирические формулы можно рассматривать как различного вида упрощения, удачные или неудачные, еще неизвестного нам теоретического уравнения скорости течения жидкости. Поэтому, чем ближе данная формула будет подходить к данным опыта при широком диапазоне изменения размеров трубы или канала, тем более она будет отражать в себе особенности истинного закона движения жидкости, т. е. лучшая эмпирическая формула будет в то же время наиболее близким упрощением теоретического уравнения движения жидкости.

Для сравнения различных эмпирических формул, необходимо привести их к одному виду, удобнее всего к виду формулы Шези

$$V = C \sqrt{RJ}$$

так как здесь параметральная величина C является прямо пропорциональной скорости и в то же время замечательно резко выявляет характерные особенности структур эмпирических формул и позволяет их удобную классификацию. Сопоставление разных формул скорости показывает, что подавляющее большинство их может быть приведено к следующему общему виду

$$V = C \sqrt{RJ}, \text{ где } C = \frac{a}{\sqrt[m]{e + \frac{b}{S + \sqrt[n]{R^k}}}}$$

Здесь, кроме обычных обозначений: V — средней скорости течения, R — гидравлического радиуса, и J — гидравлического уклона, другие буквы обозначают: a —

числовую величину, зависящую только от свойств самой жидкости (силы сцепления ее частиц между собою, температуры и т. д.) и потому ее можно назвать коэффициентом жидкости», b — числовую величину, зависящую от степени шероховатости стенок трубы или русла и называемую коэффициентом шероховатости», k — числовой коэффициент, зависящий только от уклона J ; r — число, равное или нулю или единице; S — некую числовую величину и, наконец, m и n — показатели степеней в знаменателе.

Если исследуемая формула была типа Дарси: $H = \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$, то, как легко вычислить, для перехода к типу Шези имеется следующее соотношение $C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} = \frac{S \cdot S^{\frac{1}{2}}}{V^{\frac{1}{2}}}$. При других формулах, типа Пронзи: $H = \left(\frac{\alpha}{1 + \beta} \right) V^{-2} \frac{L \cdot P}{F}$

соотношение для перехода будет $V = \sqrt{\frac{\alpha}{1 + \beta}}$. При типе Дюпона $J = \lambda \frac{Q^2}{D^5}$ получается соотношение $C = \frac{S}{\pi \sqrt{1 + \lambda}}$. Наконец, если имеется формула логарифмиче-

ская для степенного типа $V^x = NR^y J^z$ или $V = NR^x J^z$, то соотношение будет $C = NR^x J^z$. Вообще алгебраическим преобразованием можно привести к типу формулы Шези почти всякую эмпирическую формулу, за исключением небольшого числа громоздких многочленных формул. При этом иногда приходится подставлять выражение радиуса гидравлического радиуса, которое в формулах для каналов и рек будет равно отношению площади живого сечения к смоченному

периметру $R = \frac{F}{P}$, а в специальных формулах для труб — будет равен четверти диаметра: $R = 0,25 D$. Но нужно заметить, что такое разделение формул является недоразумением, созданным традициями или первоначальным назначением. Но существу, закон течения в канальных трубах и каналах свободного стока совершенно один как и так как каждую трубу можно мысленно разделить по оси симметрии на два открытых канала, с половинной отводоспособностью каждый, или открытый канал мысленным добавлением такой же части, превратить в илпорную (не круглую) трубу, с такой же скоростью, но с двойной отводоспособностью, в чем легко убедиться поверочным расчетом. Поэтому и каждая эмпирическая формула скорости одинаково пригодна как для труб, так и для каналов.

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭМПИРИЧЕСКИХ ФОРМУЛ.

Если исследуемые формулы выражены по типу формулы Шези $V = C \sqrt{R J}$, причем параметр C приведем к общему виду

$$C = \frac{a}{\sqrt[1]{e^{\frac{m}{e}} S^{\frac{1}{2}} \sqrt[1]{R^k}}}$$

то их можно разделить на группы в зависимости от значения величин e , k и S .

Если $e = 1$ (причем всегда $S = 0$), то величина C получится с двучленом

в знаменателе $\sqrt[1]{1 + \frac{b}{R^k}}$. Тогда при бесконечном увеличении гидра-

гидравлического радиуса R , выражение C получает конечное значение $C = \frac{a}{m \sqrt{1+0}} = \frac{a}{m}$. Следовательно, при графическом выражении кривые таких формул будут

иметь гиперболический характер, т. е. стремиться, как к пределу, к некоторой прямой-асимптоте, в данном случае линии, параллельной оси X на расстоянии от нее $y = a$. При различных значениях коэффициента шероховатости b , имеющем, как и коэффициент вязкости a , значение параметра для величины C , будет получаться ряд таких же гиперболических кривых, но все они будут выходить из одной точки в начале координат и будут иметь общую асимптоту. На диаграмме это семейство кривых будет напоминать нарисованный куст водяных растений в аквариуме, которые все выходят со дна у одной стенки его и приближаются к поверхности воды, как к асимптоте. В виду особого важного значения кривых этого типа для гидравлических расчетов, их можно назвать «гидроидами».

Значительное количество формул, построенных по закону гидроиды, можно разделить еще на несколько групп по второстепенным признакам. Так если, кроме a и

будет также $b = 0$, то величина сделается вообще постоянной $C = \frac{a}{m \sqrt{1+0}} = \frac{a}{m}$

и будет выражаться графически прямой, параллельной оси X на расстоянии от нее $y = a$, т. е. будет сама себе асимптотой; это составит первую группу формул. Затем, если $K = 1$, то выражение C не будет зависеть от уклона; эти гидроиды составляют вторую группу формул. Если K не равно 1, а представляет какую-нибудь функцию от скорости V , или косвенно от уклона J (так как можно подставить по Эйфельвейну $V = 50,9 \sqrt{RJ}$), то и выражение C будет также зависеть от уклона; гидроиды этого типа составят третью группу. Наконец, если K зависит непосредственно от уклона J , то такие гидроидные формулы будут четвертую группу.

От гидравлических формул резко отличается другая обширная группа эмпирических формул, в которых $a = 0$. Тогда под корнем в знаменателе получается одночлен, допускающий дальнейшее преобразование:

$$C = \frac{m}{\sqrt{\frac{a}{b} + \frac{a^2}{b^2} K}} = \frac{m}{\sqrt{\frac{a}{b} + \frac{a^2}{b^2} K}} \sqrt{\frac{a}{b} + \frac{a^2}{b^2} K} = N (S + h)^l J^n$$

Легко видеть, что здесь, с увеличением гидравлического радиуса R до бесконечности, величина C не будет стремиться к конечному пределу, а будет увеличиваться также до бесконечности, почему в графическом выражении C получится параболическая кривая. Заметим, что величина S в выражении C в редких случаях является конечной величиной, и эти немногие параболические формулы можно выделить в особую седьмую группу. В большинстве же случаев $S = 0$ и тогда выражение C еще более упрощается и, кроме того, позволит радикальное изменение вида самой основной формулы скорости

$$V = CV' \sqrt{RJ} = N h^l J^n \sqrt{RJ} = N R^{l+0,5} J^{n+0,5},$$

т. е. получается вид одночленной «логарифмической» или «степенной» формулы, соответствующей указанному выше общему виду $V = N R^u J^s$.

Величины C в таких формулах на диаграммах представляют собою чистые параболы различных порядков, выходящие из начала координат с ветвью, уходя-

щей в бесконечность. Их можно разделить на две группы в зависимости от того, равен ли показатель при угле $\frac{z}{x}$ точно 0,5 или нет. В первом случае очевидно величина C не будет зависеть от уклона, так как при $\frac{z}{x} = 0,5$ получается по вышесказанному $C = N h^m x^{-0,5} J x^{-0,5} = N R^m x^{-0,5} J^0 = N h^m x^{-0,5}$. Такие параболические формулы составят пятую группу. При других же значениях $\frac{z}{x}$, величина C будет зависеть от уклона. Эти параболические формулы дадут шестую группу.

Таким образом эмпирические формулы скорости, в которых величину C можно привести к указанному выше общему виду, могут быть разделены на семь групп. Остальные же формулы, в которых нельзя получить величину C в общем виде, представляют собою, так сказать, «аномальные» формулы, которые отличаются тем, что при некоторых значениях гидравлического радиуса они дают теоретически абсурдные результаты вычислений. Они выделены в последнюю восьмую группу.

Для более интересных формул в каждой группе вычислены величины C в метрических мерах для семи различных диаметров, начиная от очень малого $D = 3'' = 0,076$ м и почти до 6,4 м (3 с.); $D = 240'' = 6,1$ м¹).

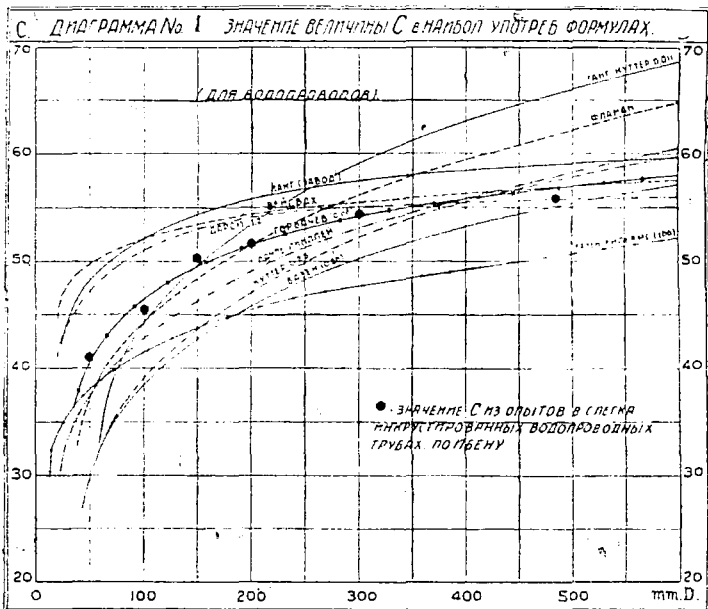


Диаграмма 1.

Остается добавить, что для возможности сравнения таких формул, где величина C зависит от скорости V или уклона J , с остальными формулами, нужно взять какой-нибудь один средний уклон. Предварительные подсчеты показали, что этот практический средний уклон лежит около $J = 0,003$, причем величины C при больших уклонах ($J = 0,01$) и меньших ($J = 0,001$) не слишком отличаются от среднего уклона; именно в гидридных формулах Вейбаха и Ланга на $\pm 8,5\%$ для малых труб и $\pm 4,5\%$ для больших труб, а в параболических формулах для

¹) Дюймовый сортамент труб для вычислений был выбран потому, что вычисленные таблицы предназначались также для напечатания в американском техническом журнале. Значения C для метрического сортамента можно получить из диаграмм по масштабу.

всех труб: от $\pm 8\%$ у Фламанна до $\pm 3\%$ у Осборна-Рейнльда. Поэтому во всех подобных формулах вычислены значения коэффициента уклона K при большом и малом уклоне ($J = 0,01$ и $J = 0,001$), взято среднее значение и введено в выражение C . В соответствующих таблицах формулы для выражения C приведены именно стабилизированные на таком среднем значении уклона.

Кроме таблиц для некоторых типичных формул для водопроводов приведена также диаграмма № 1 кривых C , причем для сравнения точками нанесены несколько значений C , полученных как средние из опытов с действующими сетями дистрибуированными трубами, приведенных в сочинении Пибга, а именно:

$D = 2''$;	$4''$;	$6''$;	$8''$;	$12''$;	$19''$;	$30''$;	$36''$.
$C = 41,0$;	$45,5$;	$50,1$;	$51,9$;	$54,3$;	$55,9$;	$57,8$;	$59,6$.

Кроме того, для течения канализационных жидкостей в водосточках, на основании опытов в Германии и Америке, согласно указаний проф. Фрюдинга, могут служить следующие опорные значения C :

$D = 0,35$ м;	$1,00$ м;	$2,00$ м.
$C = 52,5$;	$57,7$;	$61,0$.

Они нанесены точками на особой диаграмме № 2 для канализационных водосточков.

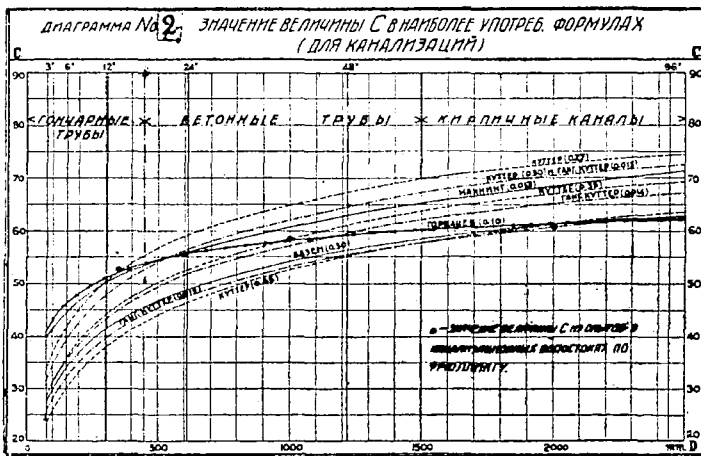


Диаграмма 2.

1 группа формул.

(с выражением C по прямой линии).

В этих формулах в общем виде для величины C будет $a = 1$ и $b = 0$, а потому $C = a = \text{const}$.

Здесь относятся следующие 20 формул: Эйтельвейна, Таднин, Дюнюн, Коломбо, Тейлора, Дуунга, Вирдмора, Десли, Поля, Юза, Дрейера, Влекведли, Киривода, Джексона, Стивенсона, Невля, Молесурта, Гизелера, Эдлота и Бокина. Ниже приводится сводка величин C из нескольких наиболее интересных формул (табл. 1).

Таблица № 1. Значения величин C для формул I группы.

№	Автор	Назначение формулы	C
1	Эйтельвейн	для ручьев	50,9
2	Дюпон	.. труб	51,0
3	Тейлор	.. больших рек	55,2
4	Кирквуд	.. водопроводных труб	44,2
5	Стивенсон	.. больших потоков	53,0
	То же	.. малых потоков	38,1
6	Невилль	.. рек быстрого течения	51,5
	То же	.. рек медленного течения	50,9
7	Гизелер	.. дренажных труб	40,0
8	Эдвот	.. дренажных канав	49,1
9	Боклинг	.. ручьев и рек	52,1

II группа формул.

(С выражена в C по скорости без влияния скорости или уклона)

Согласно принятой классификации, формулы этой группы характеризуются признаками $l=1$; $s=0$ и $k=1$. Тогда

$$C = \frac{a}{\sqrt[1]{1 + \frac{b}{V^n/R}}} = a : \sqrt[1]{1 + \left(b : \sqrt[1]{R} \right)}$$

сюда относятся 20 формул: Дарси, Флишля, Френсиса, Дарси-Базена, Бранд-рета, Бр-кса, Бюзинга, Куттера (старая), Люгера, Шнетде, Мерля, Ганфильде-Куттера (сокращенная), Флишля, Кнауффа, Гергита, Базена (новая), Фринка, Билля (сокращенная), Зонне и Горбачева.

Из помещенной ниже сводки значений C для нескольких формул этой группы видно, что здесь имеются разнообразные типы гидрод., двух и трехчленные (Зонне) и с различными показателями корней: $m=2$ и $n=1$ (тип Дарси) и $m=1$ и $n=2$ (тип Куттера) (Г б.г. 2).

III группа формул.

(выражение C по гидрод., с влиянием скорости).

Здесь в общем виде для величины C имеется, $a=1$; $S=0$ и K — величина конечная, зависящая от скорости; тогда

$$C = \frac{a}{\sqrt[1]{1 + \frac{b}{V^n/R} K}} = a : \sqrt[1]{1 + \left(b : \sqrt[1]{R} \right) K}$$

В эту группу входят 8 формул: Прони, Д'Обюссона, Жерара, Эйтельвейна, Вейсбаха, Смита, Билля, Ланга (3 р типа: старая, новая и заводская) и Милеса.

Ниже приводятся значения C для формул этой группы, стабилизированные на среднем значении уклона (между $J=0,01$ и $J=0,001$). (Г б.г. 3).

Таблица № 2. Значения величин С для формул II группы

Автор	Формула С =	Малые трубы		Средние трубы		Большие трубы		Оч. боль- шие трубы	
		3''	6''	12''	24''	48''	66''		240''
1	Дарси λ_0	62,8 : $1 + (0,0064 : R)$	54,4	58,1	60,2	61,6	62,1	62,5	62,8
—	.. 1,2 λ^0	57,1 : $1 + (0,0064 : R)$	49,6	53,1	55,0	56,0	56,7	56,8	57,1
—	.. 1,5 λ^0	51,5 : $1 + (0,0064 : R)$	44,4	47,4	49,2	50,5	50,7	51,2	51,5
—	.. 2,0 λ^0	44,7 : $1 + (0,0064 : R)$	38,5	41,4	43,0	43,8	44,3	44,5	44,7
2	Дарси-Базен II	72,6 : $1 + (0,07 : R)$	33,6	43,0	52,2	60,0	65,4	69,1	71,2
—	.. III	64,6 : $1 + (0,25 : R)$	17,2	23,5	31,2	39,9	47,9	54,3	59,8
3	Бюдинг	70 : $1 + (0,05 : R)$	36,8	46,1	54,3	60,9	64,8	67,3	69,3
4	Куттер (0,15) (старая)	100 : $(1 + 0,15 : R)$	47,9	56,5	64,8	72,2	78,6	83,9	89,1
—	.. (0,25)	100 : $(1 + 0,25 : R)$	35,6	43,8	52,5	60,9	68,8	75,8	83,1
—	.. (0,35)	100 : $(1 + 0,35 : R)$	28,3	35,8	44,1	52,7	61,2	69,1	77,8
—	.. (0,45)	100 : $(1 + 0,45 : R)$	23,5	30,2	38,0	46,4	55,1	63,5	73,2
5	Гагг-Куттер (0,0105)	118,2 : $(1 + 0,242 : R)$	43,0	52,7	63,0	72,9	82,1	90,2	98,5
—	(сокращ.) (0,011)	113,9 : $(1 + 0,253 : R)$	40,2	49,5	59,3	69,0	78,0	86,3	94,1
—	.. (0,012)	106,3 : $(1 + 0,276 : R)$	35,3	43,9	53,0	62,2	70,7	78,6	87,1
—	.. (0,013)	99,9 : $(1 + 0,299 : R)$	31,6	39,5	48,0	56,5	64,9	72,2	80,6
—	.. (0,014)	94,4 : $(1 + 0,322 : R)$	28,3	35,6	43,5	51,9	59,7	67,0	74,9
—	.. (0,015)	89,7 : $(1 + 0,345 : R)$	25,6	32,4	39,9	47,7	55,4	62,3	70,1
—	.. (0,017)	81,8 : $(1 + 0,391 : R)$	21,4	27,2	39,8	40,9	47,8	54,5	62,0
6	Базен (новая) (0,20)	87 : $(1 + 0,20 : R)$	35,5	43,0	50,4	57,5	63,8	69,2	74,8
—	.. (0,30)	87 : $(1 + 0,30 : R)$	27,4	34,3	41,7	49,1	56,3	62,8	69,9
7	Фрэнк	90 : $1 + (0,66 : R)$	37,3	42,9	48,9	54,9	60,8	66,2	72,6
8	Виль (сокр.)	91,3 : $1 + (0,4 : R)$	46,3	52,2	58,2	64,3	69,7	74,2	79,4
9	Зонне	68 : $\sqrt{1 + (0,069 : R) + (0,0086 : R)}$	48,6	54,0	58,1	61,3	63,0	64,8	66,0
10	Горбачев (0,04)	70 : $(1 + 0,04 : R)$	54,3	58,1	61,2	63,5	65,3	66,6	67,8
—	.. (0,06)	70 : $(1 + 0,06 : R)$	48,8	53,6	57,5	60,7	63,1	65,0	66,7
—	.. (0,08)	70 : $(1 + 0,08 : R)$	44,3	49,7	54,3	58,1	61,1	63,5	65,7
—	.. (0,10)	70 : $(1 + 0,10 : R)$	40,6	46,3	51,0	55,7	59,3	62,1	64,7

Таблица 3. Значения величин C для формул III группы.

№	Автор	Формула $C =$	Малые		Средние		Большие		Оч. большие трубы
			трубы	трубы	трубы	трубы	трубы	трубы	
			3''	6''	12''	24''	48''	96''	240''
1	Прони	$53,5 : \sqrt{1 + (0,02 : 1 R)}$	50,0	50,9	51,6	52,2	52,5	52,7	53,0
2	Эйттель-вейн	$52,4 : \sqrt{1 + 0,027 : 1 R}$	47,9	49,1	50,0	50,7	51,1	51,6	51,9
3	Вейсбах	$74,0 : \sqrt{1 + 0,405 : \sqrt{R}}$	51,1	53,5	55,6	57,6	59,7	61,2	63,2
4	Ланг (старая)	$62,8 : \sqrt{1 + 0,123 : \sqrt[4]{R}}$	54,4	55,3	56,5	57,4	58,1	58,7	59,8
	Ланг (нов.) III	$72,4 : \sqrt{1 + 0,0413 : \sqrt[4]{R^3}}$	53,9	59,5	63,8	67,0	69,0	70,3	71,7
	Ланг (нов.) IV	$64,4 : \sqrt{1 + 0,0364 : \sqrt[4]{R^3}}$	50,8	54,0	57,6	60,1	61,9	63,1	63,8
	Ланг (зав.)	$62,7 : \sqrt{1 + 0,0277 : \sqrt[4]{R^3}}$	50,6	54,5	57,5	59,7	60,9	61,5	62,1
5	Мизес (тамах.)	$88,6 : \sqrt{1 + 0,45 : 1 R + 0,0707 : \sqrt[4]{R^3}}$	37,4	43,6	50,1	56,8	62,8	68,2	74,5
	Мизес (шп.)	$88,6 : \sqrt{1 + 0,63 : 1 R + 0,0707 : \sqrt[4]{R^3}}$	33,6	39,4	45,7	51,8	58,3	64,2	70,9
6	Биль (полная)	$91,3 : \sqrt{1 + 0,3 : 1 R + 0,0193 : R}$	44,5	52,2	59,7	66,2	72,5	76,7	81,5
7	Смит	$55,2 : \sqrt{1 + (0,215 + 0,000834 : R) : \sqrt[4]{R}}$	42,5	44,5	46,0	47,6	48,4	49,7	50,6

IV группа формул.

(выражение C по гидроеде, с влиянием уклона).

Здесь как и в III группе, $\epsilon = 1$; $S = 0$ и $K =$ конечной величине, но последний коэффициент зависит не от скорости, а непосредственно от уклона, т. е. $K = f(J)$. К этой группе принадлежат только две формулы: полная формулы Гангилье-Куттера и тождественная с ней, но в футовых мерах — Медесурта. В них выражения C по гидроеде, но усложненной тем, что коэффициент уклона K имеется не только в знаменателе, но и в числителе, и притом в виде слагаемого, а не множителя:

$$C = \frac{(23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J})}{1 + (23n + \frac{0,00155}{J}) \frac{1}{\sqrt{R}}} = \frac{a_x}{1 + b_x \frac{1}{\sqrt{R}}}$$

Здесь коэффициент уклона $K = \frac{0,00155}{J}$ оказывает влияние на результаты только при уклонах J меньших 0,001, почему полная ф-ла имеет значение только для земляных каналов и рек, не входящих в предмет настоящего доклада. В табл. 4 приводятся значения C ф-ле для земляных русел при коэфф. шероховат. $n = 0,025$, при различных уклонах и их стабилизации. Для сравнения добавлены значения C по другим формулам, предложенным для замены ее и показывающим различные степени совпадения с нею.

Таблица 4. Значения C по формуле IV группы.

Автор	Формула $C =$	Малые русла		Средн. русла		Больш. русла	
		$R = 0,20$	$R = 0,30$	$R = 0,50$	$R = 1,00$	$R = 2,00$	$R = 3,00$
Гангилье-Куттер.							
$J = 0,0001$	$78,5 : (1 + 0,96 : 1 K)$	25,0	28,5	32,2	40,0	46,5	50,3
$J = 0,0002$	$70,8 : (1 + 0,77 : 1 K)$	26,2	29,3	33,8	40,0	45,6	48,7
$J = 0,0005$	$66,1 : (1 + 0,65 : 1 K)$	26,8	30,0	34,3	40,0	45,0	47,8
$J = 0,001$	$64,6 : (1 + 0,61 : 1 K)$	27,2	30,3	34,5	40,0	45,0	47,4
Среднее значение	$71,0 : (1 + 0,77 : 1 K)$	26,3	29,5	33,9	40,0	45,5	48,6
Базен (1,30)	$87,0 : (1 + 1,30 : 1 K)$	22,1	25,8	30,6	37,8	45,3	49,7
Горбачев (0,75)	$70,0 : (1 + 0,75 : 1 K)$	26,1	29,5	33,9	40,0	45,8	48,9
Маннинг ($n = 0,025$)	$40R^{0,167}$	30,6	32,7	35,6	40,0	44,8	48,0

V группа формул.

(выражение C по параболе, без влияния уклона).

По принятой классификации, при $\epsilon = 0$ и $S = 0$ в общем выражении для C , последнее в графическом изображении представит собой параболу, так как

$$C = \frac{a}{\sqrt{\frac{m}{b}} \sqrt[n]{R} K} = \frac{a}{\sqrt{\frac{m}{b}}} \cdot \sqrt[mn]{R} \cdot \frac{1}{\sqrt[m]{K}}$$

где первый множитель параметр, зависящий от коэффициента шероховатости b , второй множитель — некоторая степень от R , определяющая порядок параболы, а третий множитель — некоторая функция от уклона J , в зависимости от значения коэффициента уклона K , представляющая собою второй параметр.

Если и одетавить это выражение C в основную формулу скорости $V = C \sqrt{RJ}$ и слить вместе все множители с R и с J , то получится

$$V = \frac{a}{\sqrt{\frac{m}{b}}} \cdot \left(\sqrt[mn]{R} \sqrt[J]{R} \right) \cdot \left(\frac{1}{\sqrt[m]{K}} \sqrt[J]{J} \right)$$

Тогда полагая, что в формулах может встретиться V в степени x и числовым при нем коэффициентом, можно написать вообще:

$$V = \left(\frac{1}{M} \right)^x R^y J^z = \left(\frac{1}{M} \right)^x K^y J^{z-0,5} \sqrt{JK}$$

Это будет преобразование «логарифмических» или «степенных» формул: $MV^x = R^y J^z$

где $V = NK^y J^{z-0,5}$, где $N = \left(\frac{1}{M} \right)^x$. Отсюда общий вид выражения C будет

$$C = \left(\frac{1}{M} \right)^x R^{y-0,5} J^{z-0,5}$$

Для V группы формул требуется еще дополнительное условие, чтобы в выражении C показатель степени при J был равен нулю (или $\varepsilon = 0,5x$); тогда и получается $C = M^x R^{\frac{y}{x} - 0,5}$, т. е. без влияния уклона.

В эту группу входят 11 формул: Маннинга, Санто-Крима, Крима и Брюгса, Черча, Жеслена, Христеня, Валло, Эссекса, Люммерта, Форхгеймера и Миловича. Сюда же нужно причислить 4 эмпирические формулы, предложенные для выражения скорости течения воды в отдельных больших туннелях и акведуках Америки: Стони-Брук, Кротон, Сюдбери и Вачузет. (Табл. 5).

Таблица 5. Значения величины C для формул V группы.

№	А в т о р	Формула $C =$	Малые трубы		Средние трубы		Большие трубы		Очень большие трубы
			3''	6''	12''	24''	48''	96''		240''
1	Маннинг (0,013)	$77,0 K^{0,167}$	39,8	44,7	50,1	56,3	63,1	70,9	82,4
2	Жеслен	$87,7 K^{0,215}$	37,4	43,4	50,4	58,5	67,9	78,9	95,9
3	Христен	$64,7 K^{0,125}$	39,4	43,0	46,9	51,1	55,8	60,7	68,2
4	Валло	$64,7 K^{0,176}$	33,0	37,1	41,8	47,0	52,9	59,5	69,2
5	Эссекс	$104,0 K^{0,25}$	38,4	45,6	54,3	64,6	76,7	91,1	115,0
6	Люммерт	$80,4 K^{0,23}$	32,3	38,0	44,5	52,2	61,2	71,8	88,6
7	Форхгеймер(0,012)	$83,0 K^{0,20}$	37,6	43,2	49,6	57,0	65,5	75,2	90,5
	Тун. Стони-Брук	$73,6 K^{0,070}$	55,8	58,5	61,5	64,5	67,7	71,1	75,8
	Акв. Кротон	$73,5 K^{0,060}$	58,0	60,4	63,0	65,7	68,4	71,4	75,4
	Акв. Сюдбери	$80,9 K^{0,120}$	50,3	54,7	59,4	64,6	70,2	76,2	85,1
	Акв. Вачузетт	$82,2 K^{0,150}$	45,4	50,3	55,9	62,0	68,8	76,3	87,5

VI группа формул.

(выражение C по параболе, с влиянием уклона.)

В формулах этой группы в общем выражении C будет $\varepsilon = 0$ и $S = 0$, почему C выражается также параболой, как и в V группе. Но здесь коэффициент K не равен единице и сохраняется общий вид $C = M^x R^{\frac{y}{x} - 0,5} J^{\frac{\varepsilon}{x} - 0,5}$.

Следовательно, показатель при J не будет равен половине показателя при R и выражение C будет зависеть от уклона, т. е. выражаться семейством парабол одного порядка, но с разными параметрами.

К этой группе принадлежит 21 формула: Сен-Венана, Борнемана, Лампе, Фламана, Блазиуса, Мазони, Тьютона, Труппа-Робинсона, Газена-Вильямса, Вел. мса, Морица, Вигельейзена, Бейергауза, Вигмана-Эринса, Осборна-Рейнольдса, Уивина, Зафа и Шодера, Скобся, Бернса, Браббе, Ли и Клинг.

Так как выражения C по этим формулам зависят от уклона J , то произведена стабилизация их на одном уклоне (среднее значение для $J = 0,01$ и $J = 0,001$) как и в III группе, и такие стабилизированные выражения приведены ниже в сводке формул. (Табл. 6).

Таблица 6. Значения величины *C* для формул VI группы.

№	Автор	Формула: <i>C</i> =	Малые трубы		Средние трубы		Большие трубы		Очень большие трубы
			3''	6''	12''	24''	48''	96''		240''
1	Сен-Венан	$52,5 K^{0,024}$	47,7	48,5	49,3	50,2	51,0	51,9	53,0
2	Лампе-Линдлей	$87,8 K^{0,191}$	40,6	46,5	53,2	60,7	69,6	79,5	95,0
3	Фламан (загрязн.)	$98,0 K^{0,214}$	41,8	48,5	56,3	65,1	75,6	87,8	107,0
4	Тьютон (мало инкр.)	$55,0 K^{0,16}$	29,2	32,6	36,5	40,7	45,5	50,8	58,9
5	Трупп-Робинзон	$92,6 K^{0,17}$	48,5	53,1	59,6	67,3	75,6	85,0	99,5
6	Газен-Вильямс (100)	$67,2 K^{0,13}$	40,1	43,9	48,1	52,6	57,6	63,0	71,0
—	„ (110)	$73,9 K^{0,13}$	44,2	48,3	52,9	57,9	63,3	69,3	78,0
—	„ (120)	$80,6 K^{0,13}$	48,2	52,7	57,7	63,1	69,1	75,6	85,1
7	Бигельейзен (стар.)	$44,9 K^{0,075}$	33,4	35,2	37,0	39,0	41,1	43,3	46,3
8	Вигманн-Эрнис (чист.)	$105,0 K^{0,223}$	43,4	50,7	59,1	69,0	80,6	93,8	115,0
9	Осборн-Рейпольдс (инкр.)	$67,8 K^{0,105}$	44,5	47,9	51,6	55,2	59,6	64,0	70,6
10	Упвейн (чист.)	$70,4 K^{0,084}$	50,5	53,5	58,0	60,1	63,7	67,5	72,9
11	Заф и Шодер (употр.)	$94,7 K^{0,125}$	58,0	62,9	68,4	75,1	81,7	88,9	99,5
12	Скобей (дерев.)	$84,3 K^{0,125}$	51,5	56,3	61,3	66,8	72,9	79,5	89,1
13	Вернс (нов. чуг.)	$112,0 K^{0,269}$	38,8	46,7	56,3	67,9	81,7	98,3	126,0
—	„ (нов. жел. кл.)	$59,7 K^{-0,06}$	84,6	72,7	69,7	66,8	63,8	61,4	57,9
14	Клинг (стар. чуг.)	$63,3 K^{0,125}$	38,6	42,1	45,9	50,0	54,6	59,5	66,7

VII группа формул.

(выражение *C* по параболическим кривым)

В этих формулах в общем выражении *C* имеется $e = 0$, но *S* равно конечной величине. Коэффициент уклона *K* не является здесь существенным признаком, требующим дальнейшего подразделения. Поэтому здесь выражение *C* будет несколько иного вида, чем в группах V и VI, а именно:

$$C = \frac{a}{\sqrt{\frac{m}{b} + \frac{n}{R}}} \cdot \frac{a}{Vb} \left[(S + \sqrt{R}) \frac{1}{K} \right]^{\frac{1}{m}}$$

т. е. давая некоторую параболическую кривую, с ветвью, уходящую в бесконечность, но не проходящую через начало координат.

В эту группу входят 7 формул: Эллета, Леви, Провиза, Гардера, Гессле, (Свена Галлина и Коцени. Они двучленные и потому не логарифмические.

В ниже приводимой сводке для формулы Коцени дано стабилизированное значение *C* на среднем значении коэффициента уклона *K*. (Т бл. 7).

Таблица 7. Значения величины *C* для формул VII группы.

№	Автор	Формула <i>C</i> =	Малые трубы		Средние трубы		Большие трубы		Очень большие трубы
			3''	6''	12''	24''	48''	96''		240''
1	Леви	$20,5 \sqrt{2 + 318R}$	36,5	39,2	42,6	47,2	52,9	60,3	72,4
2	Гессле	$50,0 (1 + 0,51K)$	53,5	55,0	57,0	60,0	64,0	69,5	81,0
3	Галлин	$62,5 [1 + 0,25(1 + \frac{1}{2}R)]$	37,5	43,1	49,4	55,6	68,1	71,3	84,4
4	Коцени	$56,5 (1 + 0,07581R)$	57,1	57,4	57,6	58,2	58,8	59,9	61,6

VIII группа формул.

(Выражение C не подходит к принятому общему виду).

В этих формулах выражение C не может быть приведено к принятому для классификации общему виду, и потому они не могли быть отнесены ни в одну из предыдущих групп.

Сюда относятся следующие 22 формулы, мало применяемые на практике, вследствие сложности своей структуры для вычислений: Вестона, Врикнгауза, Самуся, Невилля, Гауклера, Гарлахера, Гагена, Шлихтинга, Гаувельса, Цонселе, Меллендорфа, Виннента, Мунье, Юнга, Дюбуа, Гумфрея-Аббота, Макенменко, Зидека, Германека, Матакневича, Лицбюе и Грегора. (Табл. 8, см. сверху стр. 116 и 117).

Б. ОПИСАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ФОРМУЛ СКОРОСТИ.

Описание и сравнительный анализ упомянутых выше 127 эмпирических формул скорости (и еще трех формул: Поссиниля, Людеке и Штриклера, в имеющихся у меня транскрипциях которых есть вероятно опечатки, приводящие к странным результатам вычислений) представляет значительный объем. Поэтому здесь приводится обследование только 12 чаще употребляемых формул: из II группы — Дарси, Дарси-Базена, Куттера, сокращенный и Гангилье-Куттера, новой Базена и Горбачева; из III группы — Вейсбаха и Ланга; из V группы — Мининга и из VI группы — Лампе-Линдлея, Фламана и Газена-Вильямеа. Величины C для них, в практических пределах применения для водопроводов и канализаций, нанесены на прилагаемых сводных диаграммах.

1) Формула Дарси (1857 г.).

Она является главной представительницей и родоначальницей всех формул II группы. Когда Дарси рядом тщательных поставленных опытов над трубами доказал, что величина C в формуле Шези не есть постоянная, а функция диаметра трубы (или что все равно ее гидравлического радиуса, так как $R = 0,25D$), то он первый выразил алгебраически вид этой функции в своей формуле для четных труб, а именно:

$$H = \lambda_o \frac{l}{D} \frac{V^3}{2g}$$

где $\lambda_o = 0,0189 + \frac{0,0005078}{D}$. Отсюда после вычисления и приведения к общему виду

$$C_o = \sqrt{\frac{8g}{\lambda_o}} = \frac{1}{0,0002535 + \frac{0,00000647}{D}} = \frac{62,8}{\sqrt{1 + \frac{0,0064}{R}}}$$

$$= 62,8 : \sqrt{1 + 0,0064 : R}$$

Геометрически выражение C представляет гиперболу, притом такую, у которой общий показатель корня в знаменателе $m = 2$, а показатель отдельного корня при R будет $n = 1$, т. е. этого корня не имеется.

В пределах произведенных опытов с диаметрами труб от $d = 59$ мм до $d = 500$ мм, эта основная формула Дарси дает вычисленные скорости течения очень близкие к данным опытов для четных свежее асфальтированных труб. Если к этому добавить, что формула Дарси известна с 1857 г. и в ней впервые установлена закономерность в изменении величины C в прямой зависимости от изменения гидравлического радиуса, то на первый взгляд представляется неясным,

Таблица 8. Значения величины

№	А в т о р	Формула: C
1	Вестон	$79,1 : \sqrt{1 + (0,834 : \sqrt{K}) - (21,4 \sqrt{K^3})}$
2	Бринкгауз	$28,8 : \sqrt{1 - 1,08 K^{0,28}}$
3	Самуель	$51,2 : \sqrt{1 - 0,00625 : R - 67 \sqrt{K}}$
4	Невиль	$77,29 - 12,8 K^{0,167}$

почему же эта формула не осталась единой во всеобщем употреблении, а, наоборот, после нее появились десятки новых формул. Однако неизбежность такого явления выясняется из особенностей формулы Дарси. Прежде всего коэффициент жидкости примет в ней несколько малый: $a = 62,8$, вследствие чего, для соответствия с результатами опытов, пришлось взять слишком малый коэффициент шероховатости $b = 0,0064$, и потому дробный член $\frac{0,0064}{R}$ может иметь реальное значение только при очень малых значениях знаменателя, т. е., следовательно, при очень малых диаметрах труб, а затем (начиная примерно с $d = 300$ мм) подкоренная величина делается близкой к единице, а все выражение C близкой к величине $a = 62,8$, т. е. почти постоянным. Но в особенности это отразилось на самом важном для практики случае течения: в обыкновенных загрязненных или икрустированных водопроводных трубах. Очевидно в этом случае скорость течения и величина C должны быть меньше, а потому Дарси предложил принимать в этих случаях коэффициент сопротивления λ в своей формуле примерно в $1\frac{1}{2}$ и даже 2 раза больше. Выразив это алгебраически, нужно написать для нового коэффициента сопротивления:

$$\lambda_x = n_x \lambda_0,$$

где $n_x =$ от 1,0 до 2,0. Поэтому получается новое выражение для величины C при грязных трубах.

$$C_x = \sqrt{\frac{8g}{n_x k_0}} = \sqrt{\frac{1}{n_x}} \sqrt{\frac{8g}{k_0}} = \sqrt{\frac{1}{n_x}} C_0.$$

Таким образом новые величины C_x получаются из основной величины C_0 путем умножения ее числителя на некоторую правильную дробь, так как n_x по условию всегда больше единицы. Принимая различные градации увеличения коэффициента сопротивления в 1,2; 1,5 и 2,0 раза более основного λ_0 , получим три производные формулы Дарси, с которыми именно приходится иметь дело в практике:

$$\begin{array}{lll}
 1) \quad \lambda_1 = 1,22\lambda_0; & \sqrt{\frac{1}{1,2}} = 0,91; & C_1 = 0,91 C_0 = \frac{57,1}{\sqrt{1 - \frac{0,0064}{R}}} \\
 2) \quad \lambda_2 = 1,5\lambda_0; & \sqrt{\frac{1}{1,5}} = 0,82; & C_2 = 0,82 C_0 = \frac{51,5}{\sqrt{1 - \frac{0,0064}{R}}}
 \end{array}$$

С для формул VIII группы.

Малые трубы		Средние трубы		Большие трубы		Оч.большие трубы
3''	6''	12''	24''	48''	96''	240''
53,8	78,3	110,0 $\frac{1}{1-1}$	46,5 $\frac{1}{1-1}$	30,7 $\frac{1}{1-1}$	22,1 $\frac{1}{1-1}$	18,9 $\frac{1}{1-1}$
36,0	38,5	41,8	47,8	60,6	118,0	61,4 $\frac{1}{1-1}$
46,1	50,7	53,9	58,2	64,0	73,1	121,0
52,5	55,2	57,6	60,8	61,7	63,4	65,4

$$3) \lambda_3 = 2,0\%: \quad \sqrt{\frac{1}{2,0}} = 0,71; \quad C_3 = 0,71C_0 = \frac{44,7}{\sqrt{1 + \frac{0,0064}{R}}}$$

Рассматривая эти новые выражения C при загрязненных в различной степени трубах, видно, что, несмотря на различную степень шероховатости стенок труб, коэффициент шероховатости не изменяется и остается во всех случаях одинаковым с основным и равным $b = 0,0064$, а коэффициент жидкости, наоборот, постепенно уменьшается, несмотря на то, что он относится к одной и той же жидкости и должен быть постоянным. Это произошло потому, что, как было сказано выше, основной коэффициент шероховатости b в формуле Дарси был слишком мал, так что дальнейшее уменьшение его было невозможным, почему пришлось ввести уменьшение C за счет уменьшения коэффициента жидкости a . Вместе с тем слишком понижались предельные возможные величины C для загрязненных труб настолько, что при подтурном коэффициенте λ могли соответствовать не более как до диаметров 100—125 мм, а выше становились слишком преуменьшенными и требовали слишком больших диаметров труб, что отражалось на стоимости сети. Это и вызвало соявление новых формул, дающих большие значения величины C и скорости V , хотя теоретически и менее правильные, чем формула Дарси.

Если формула Дарси, вследствие отсутствия в ней изменяющегося коэффициента шероховатости, оказалась неудовлетворяющей требованиям даже для одних водопроводных труб, то тем менее она могла оказаться универсальной для других случаев течения воды, напр., в искусственных каналах, естественных земляных руслах и т. д. По принципу построения формулы Дарси здесь пришлось бы еще более уменьшить коэффициент жидкости a , а следовательно и предельные величины для C , вследствие чего получались бы абсурдно малые значения скоростей. В виду этого Дарси впоследствии, когда ему пришлось вести опыты с земляными каналами, сам отказался от этой формулы и в сотрудничестве с Базеном выбрал, как универсальную, другую формулу, известную под названием Дарси-Базена и основанную на ином принципе.

2) Формула Дарси-Базена (1865 г.).

Она выведена на основании опытов, произведенных Дарси в сотрудничестве с Базеном, на средства, предоставленные французским правительством для изучения

условий течения воды в различного рода каналах. Здесь применена уже несколько новая транскрипция формулы, но тоже гидронды по тину Дарси:

$$V = C \sqrt{R \cdot J} = \frac{1}{\sqrt{\alpha_0 + \frac{\beta_0}{R}}} \sqrt{R \cdot J} = \frac{\sqrt{\alpha_0}}{\sqrt{1 + \frac{\beta_0}{\alpha_0 R}}} \sqrt{R \cdot J}$$

Значения коэффициентов α и β даны первоначально для трех категорий: 1) для очень гладких поверхностей (цементная штукатурка, свежая асфальтировка, старое дерево), 2) для менее гладких поверхностей (соответственно водопроводным и водосточным трубам в употреблении) и 3) для шероховатых поверхностей (соответственно сточным каналам старого типа). Подставляя данные авторами коэффициенты в выражение C и приводя затем выражения C к общему виду, получим следующие выражения для трех категорий:

$$C_1 = \frac{1}{\sqrt{0,00015 + \frac{0,0000045}{R}}} = \frac{81,7}{\sqrt{1 + \frac{0,03}{R}}}$$

$$C_2 = \frac{1}{\sqrt{0,00019 + \frac{0,0000133}{R}}} = \frac{72,6}{\sqrt{1 + \frac{0,07}{R}}}$$

$$C_3 = \frac{1}{\sqrt{0,00024 + \frac{0,0006}{R}}} = \frac{64,6}{\sqrt{1 + \frac{0,25}{R}}}$$

Кроме того после были добавлены еще две категории: 4) для земляных русел и 5) для русел из гальки:

$$C_4 = \frac{1}{\sqrt{0,00028 + \frac{0,00035}{R}}} = \frac{59,9}{\sqrt{1 + \frac{1,25}{R}}}$$

$$C_5 = \frac{1}{\sqrt{0,00040 + \frac{0,00070}{R}}} = \frac{50,0}{\sqrt{1 + \frac{1,75}{R}}}$$

При рассмотрении этих выражений C , прежде всего поражает простой и компактный вид преобразованных формул; это объясняется тем, что эта последняя транскрипция и есть оригинальная, данная самими авторами, а стоящая впереди, запятанная и с громоздкими коэффициентами, появилась впоследствии у позднейших толкователей, пересчитавших коэффициенты согласно своим новым транскрипциям.

При сравнении этой формулы с прежней формулой Дарси видно, что в первых трех главных категориях шероховатости имеют свои особые коэффициенты шероховатости, вполне досла очные, чтобы оказать влияние на результаты вычислений, и изменяющиеся по категориям от $b_1 = 0,03$ до $b_3 = 0,25$, т. е., примерно с увеличением в 8 раз. Затем, хотя коэффициент жидкости и изменяется, как у Дарси, но для действующих водопроводов, т. е. с загрязненными трубами, он принят значительно выше, чем у Дарси, а именно $a_2 = 72,6$, что покрывает самые высокие величины, встречающиеся в практике, и даже в третьей категории с очень шероховатым руслом величина $a_3 = 64,6$, оказывается сравнительно больше, чем у Дарси для самых чистых свежее асфальтированных труб $a_0 = 62,8$. Таким образом в этой усовершенствованной формуле впервые явно устанавливается Дарси и

Базеном влияние степени шероховатости стенок на величину C , вследствие чего эта новая формула может считаться значительно более правильной и более универсальной. Но тем не менее и она не удержалась в практике, потому что в ней имелись свои слабые стороны, именно отсутствие полного отказа от неправомерности, допущенной в прежней формуле Дарси, в виде изменения коэффициента жидкости α по категориям шероховатости, хотя одновременно имеется изменяющийся коэффициент шероховатости. Как следствие этого, являлась необходимость введения в формулу двух числовых коэффициентов a и b , изменяющихся по категориям в обратном отношении и в различных прогрессиях, что чрезвычайно затрудняло безусловно необходимый в практике подбор промежуточных категорий шероховатости, так как разницы между основными категориальными данными Дарси-Базеном составляли резкие скачки в 30—40%. В виду этого, несмотря на многие достоинства формулы Дарси-Базена, практическое пользование ею в чистом виде оказалось невозможным. Некоторым последователям (Бриксу и Бюзингу) пришлось выводить из нее, несколько произвольно, свои производные формулы. Лишь Куттер окончательно преобразовал ее в иной, более удобный для практики вид.

3) Старая формула Куттера (1869 г.).

$$C = C_1 R^{-1}, \text{ где } C_1 = \frac{100\sqrt{R}}{b + \sqrt{R}} = \frac{100}{1 + \frac{b}{\sqrt{R}}}$$

Она была предложена им, как улучшение формулы Дарси-Базена, для возможности применения при самых разнообразных случаях течения воды, встречающихся в практике. С этой целью он принял в формуле Дарси-Базена $\frac{1}{\alpha} = a$ и $\frac{\zeta}{\alpha} = b$, вследствие чего, по преобразовании, величина C была приведена к следующему виду

$$C = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\alpha} + \frac{\zeta}{\alpha R}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{a} + \frac{b}{\alpha R}}} = \sqrt{\frac{aR}{b + \alpha R}}$$

Для того чтобы получить числовые коэффициенты перед знаком корня, им сделано допущение в виде замены последнего выражения C , т. е. $\sqrt{\frac{aR}{b + \alpha R}}$, через $\frac{a\sqrt{R}}{b + \sqrt{R}}$. Затем с целью устранить неудобство применения двух числовых коэффициентов, он предложил один из них, именно a сделать постоянным и придать ему круглую величину $a = 100$ для удобства вычислений, а другой коэффициент b должен только один изменяться, в зависимости от шероховатости стенок, для 12 различных степеней которой Куттер дал особую таблицу, от $b_1 = 0,12$ для самой гладкой цементной штукатурки, до $b_{12} = 2,50$ для земляных русел, заросших травой или покрытых камнями.

Таким образом получалась формула Куттера, называемая «старой» в отличие от настоящей формулы Гангилье-Куттера, которая развилась из нее позднее. Иногда ее называют «сокращенной» формулой, но это неправильно, так как она первая появилась в этом виде. Геометрическое выражение

$$C = \frac{100\sqrt{R}}{b + \sqrt{R}} = \frac{100}{1 + \frac{b}{\sqrt{R}}}$$

представляет собой также гидронду, но несколько иного типа, чем гидронда Дарен, так как у ней в знаменателе общий показатель корня $m = 1$, т. е. общего корня вовсе нет, а наоборот показатель отдельного корня при R будет $n = 2$. Но в остальном обе гидронды сохраняют свои общие характерные свойства.

Эта формула Куттера представляет такую гибкость и удобство в пользовании, что она сделалась самой распространенной формулой и до сих пор применяется, главным образом в Германии, для расчетов водопроводов с $b = 0,25$ и канализации с $b = 0,35$, хотя Куттер не предназначал ее для труб и не давал для них коэффициентов. Однако относительно пригодных коэффициентов шероховатости практика применения выяснила любопытное явление, что при одних и тех же материалах и шероховатости стенок коэффициент шероховатости b приходится увеличивать с увеличением размера труб и каналов, чтобы не ок. зались расхождения с опытами. Таким образом получилась следующая таблица соответствующих коэффициентов шероховатости b для действующих сооружений в обыкновенном рабочем их состоянии.

	Малые	Средние	Большие
Водопроводные трубы	0,15	0,25	0,35
Канализационные водостоки	0,25	0,35	0,45
Земляные каналы	1,25	1,50	1,75

Факт этот был отмечен и установлен давно, но ему давались иное объяснение. Так, например, относительно водопроводных труб говорится, что в дойтовых водопроводах с малыми диаметрами потому нужно брать $b = 0,15$, что применяются железные, а не чугунные трубы, а для крупных водопроводов с большими диаметрами рекомендуется брать $b = 0,30$ или $0,35$ из осторожности, с учетом будущей инкрустации. Но, конечно, тонкая минеральная пленка, которая неизбежно покрывает всякие металлические стенки труб, значительно уравнивает их шероховатость. Точно так же в канализации считали пригодным для малых водостоков $b = 0,27$, потому что это были гончарные трубы, для средних каналов $b = 0,35$, потому что это были по большей части бетонные трубы, и для очень больших каналов $b = 0,45$, потому что эти каналы были обыкновенно из кирпича. Но в действительности хорошо известно, что все канализационные водостоки покрываются слизистой пленкой и получают практически одинаковую степень шероховатости. Вначале это осмаривалось до тех пор, пока позднейшие опыты показали, что даже в одном и том же водостоке, но при различных глубинах наполнения (т. е. при различных величинах гидравлического радиуса), коэффициенты шероховатости b все таки должны быть изменяемы, чтобы соответствовать данным непосредственного измерения (опыты Поттера 1906—1909 гг.). Тогда и здесь сомнения исчезли. Наконец, что касается земляных русел, то сам автор формулы в своей таблице прямо указывает, что в одном и том же грунте (именно скальном) коэффициент шероховатости нужно брать: $b = 1,25$ — при ширине рва не более $1,5$ м, и $b = 1,75$ — при увеличении ширины рва более 2 м. На это обстоятельство и причины его мною указывалось в моем анализе формулы Куттера еще в докладе IX Водопроводному Съезду в 1909 г. Но бесспорное признание такого органического несовершенства старой формулы Куттера сделано проф. Вейраухом в 4-й издании его труда «Hydraulische Rechnen» в 1921 году и в письме в «Gesundheits Ingenieur» 31/III 1923 г., где он заявляет, что формула Куттера при одном коэффициенте шероховатости дает для малых водопроводных труб слишком большие расчетные диаметры, но что с этой неправильностью нужно примириться, считая это некоторым запасом на инкрустацию. Точно так же проф. Людеке, (Kulturtechniker 1919, S. 193—97 и Gesundh. Ing., 1920, S. 75—76), имея в виду дренажные сети малых диаметров, заявляет, что формула Куттера с коэффициентом $b = 0,30$ совершенно недопустима, так как дает слишком малые количества воды, отклоняющиеся от опытных измерений на 22^0 о. Его оппонент, инженер фон-Бюлов, не возражая против этого свойства формулы Куттера, утверждает, что она применялась сознательно, чтобы этим учесть засорение каналов песком и илом. Такие обвинения, конечно, нужно рассматривать как некоторое

самоутешение в силу необходимости; но отклонения, хотя бы случайно иногда в благоприятную сторону, нельзя считать доказательством теоретической правильности структуры формулы.

Что касается земляных русел, то там, в виду обычных больших величин гидравлического радиуса, расхождение с опытами формулы Куттера настолько велики, что она здесь совершенно не могла применяться, вследствие чего специально для этого случая течения Куттеру, в сотрудничестве с Гангилье, пришлось вывести новую формулу, обозначаемую в употреблении совместными их именами, для прибавления словом «полная».

Таким образом в своей старой формуле Куттер впервые установил принцип постоянства коэффициента жидкости, в смысле независимости его от степени шероховатости стенок труб и каналов, как в формуле Дарси-Базена, и одновременно им предложен новый тип гидроды, настолько лучше отражающий фактическое изменение величины C , что этот тип принял впоследствии и Базен, отказавшись от первоначально им рекомендованной гидроды типа Дарси. Тем не менее в целом старая формула Куттера оказывается в применении не совсем правильной. Причиной этого лежит в том, что Куттер выбрал свое числовое значение коэффициента жидкости совершенно произвольно $a = 100$, руководясь здесь скорее арифметическими соображениями, чем гидравлическими. Этот слишком большой предел для величины C , по сравнению с другими формулами (62.8 у Дарси и 72.6 у Дарси-Базена), и очень высокое положение предела для C — асимптоты с ординатой $y = 100$ заставило слишком круто и двигаться кривую C , с преуменьшением вследствие этого значений C против действительного опыта для малых диаметров и с преувеличением их для больших диаметров.

И лично первый в России применил эту формулу (для проекта канализации гор. Ростова и Д. в 1898 г.), с коэффициентом $b = 0,35$. Но в дальнейшей практике мне пришлось все больше убеждаться в непригодности этой формулы специально в расчетах раздельной канализации, с малыми диаметрами труб, меньшими 12 дюймов или 300 мм, и в особенности в расчетах распределительных сетей водопроводов, с еще меньшими диаметрами. Это привело меня к более глубокому изучению вопроса и к составлению новой формулы скоростей, где выяснившиеся недостатки формулы Куттера были устранены.

4) Сокращенная формула Гангилье-Куттера.

Она была получена упрощением их же полной формулы (1870 г.):

$$V = \frac{\left(23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J} \right)}{1 + \left(23n + \frac{0,00155}{J} n \right) \sqrt{R}} \sqrt{R J},$$

которая в свою очередь была выведена из старой формулы Куттера (1869 г.)

$$V = \frac{a}{1 + \frac{b}{\sqrt{R}}} \sqrt{R J},$$

путем включения двух коррекционных членов: с уклоном J и с коэффициентом шероховатости n . Член с уклоном $\left(\frac{0,00155}{J} \right)$ мог иметь заметное влияние на величину C лишь при очень малых уклонах (менее 0,001), которые редко встречаются в водопроводах и канализациях, а только в каналах и реках. Поэтому, для расчета труб

и водостоков, многие исследователи в Европе и Америке приходили к заключению о возможности совершенно опустить этот член. Тогда получается сокращенная формула

$$V = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1 + \frac{1}{\sqrt{J}}} \sqrt{RJ} = \frac{a_1}{1 + \frac{b_1}{\sqrt{R}}} \sqrt{RJ}.$$

Как видно здесь сохраняется тип гидронды Куттера, но коэффициент жидкости $a_1 = 23 + \frac{1}{n}$ сделан переменным, что представляет возврат к формуле Дарси-Вазена. В расчетах водопроводов и водостоков, при малых значениях n , это не может настолько понизить слишком большое значение коэффициента жидкости в исходной старой формуле Куттера ($a_1 = 100$), как это было бы нужно. Но для земляных каналов и рек, при больших значениях n , там такая структура достигает цели, как указано при описании полной формулы Гангилье-Куттера.

Чтобы точнее выяснить значение коэффициента жидкости a_1 и шероховатости b_1 в сокращенной формуле Гангилье-Куттера ниже приводится таблица № 9 при всех употребляемых в практике коэффициентах формулы n , с указанием на значение этих коэффициентов, установившиеся теперь в Америке на основании многочисленных опытов и наблюдений за действующими сооружениями. (Табл. 9).

Таблица 9. Значения коэффициентов в сокращенной формуле Гангилье-Куттера.

n	$\frac{1}{n}$	Назначение	$a_1 = 23 + \frac{1}{n}$	$b_1 = 23n$
0.010	100,0	Водопроводные трубы (практически не применяются)	123,0	0,230
0.0105	95,2		118,2	0,242
0.011	90,9		113,9	0,253
0.012	83,3		106,3	0,276
0.0125	80,0		103,0	0,288
0.013	76,9	Цементные и бетонные водостоки	99,9	0,299
0.014	71,4		94,4	0,322
0.015	66,7	Кирпичные и керамиковые водостоки	89,7	0,345
0.016	62,5		85,5	0,368
0.017	58,8	Грубые кирпичные водостоки	81,8	0,391
0.020	50,0		73,0	0,460
0.0225	44,0		67,4	0,518
0.025	40,0	Только в каналах и реках (при полной формуле и с добавлением коэффициента уклона)	63,0	0,575
0.0275	36,4		59,4	0,633
0.030	33,3		56,3	0,690
0.0325	30,8		53,8	0,748
0.035	28,6		51,6	0,805
0.040	25,0		48,0	0,920

Из сравнения значений a_1 и b_1 в таблице с соответствующими значениями их в старой формуле Куттера, ясно видно, что при $n = 0,013$ (и следовательно $a_1 = 99,9$ и $b_1 = 0,299$), сокращенная формула абсолютно совпадает со старой формулой Куттера при $b = 0,30$ (и при постоянном $a = 100$). Очевидно это значение было принято за исходное при составлении новой формулы Гангилье-Куттера. Но при n меньших этого значения получается уже некоторое расхождение со старой формулой Куттера, в смысле увеличения коэффициента жидкости $a_1 = 103,0$ до 118,2 и, наоборот, при увеличении коэффициента n более 0,013, коэффициент жидкости постепенно уменьшается от $a_1 = 99,9$ до $a_1 = 48,0$. Означившись при

описании прежних формул с практическим значением величины коэффициента жидкости, можно прямо сказать, что если старая формула Куттера оказалась неправильной, вследствие большого значения коэффициента $a = 100$, то сокращенная формула Гаггилье-Куттера при коэффициентах n менее 0,013, будет еще более неправильна, чем старая формула Куттера. И действительно, хотя опыты в Америке показали соответствие действующих водопроводных труб с коэфф. гнетами, от 0,0116 до 0,0127, тем не менее, указывается, что эта формула дает слишком малое значение при малых трубах и слишком большие значения при больших трубах и потому она не рекомендуется вообще в водопроводах, где и применяется обыкновенно логарифмическая формула Газена-Вильямеа («Public Water Supply», by Prof. Turneaure and Russel, 1924 p. 217). При постепенном увеличении значения коэффициента n от 0,013 и выше, коэффициент жидкости постепенно уменьшается, доходя в пределах применения сокращенной формулы для водосточков до $a_1 = 81,8$, а для каналов и рек еще ниже. Поэтому в этой области применения сокращенная формула будет вообще точнее старой формулы Куттера.

Но если взять только средние значения размеров труб в пределах от 200 до 450 мм, то вычисления по этим же формулам дают очень близкие результаты при следующих коэффициентах шероховатости b (старая Куттера) и n (сокращенная Гаггилье-Куттера).

$$\begin{array}{cccccccc} n = & 0,15; & 0,20; & 0,25; & 0,30; & 0,35; & 0,40; & 0,45. \\ n = & 0,0105; & 0,011; & 0,012; & 0,013; & 0,014; & 0,015; & 0,016. \end{array}$$

Действительность оправдывает выводы, сделанные из рассмотрения структуры сокращенной формулы Гаггилье-Куттера. Для водопроводов, где потребовались бы коэффициенты менее $n = 0,013$, она вообще нигде не применяется, хотя с первого взгляда казалось бы, что коэффициенты $n = 0,011$ до 0,012 были бы подходящие. В канализации она раньше имела применение в России, но с неправильным выбором коэффициента шероховатости n . При составлении проекта канализации Москвы 1-й очереди, было первоначально принято для глазурованных гончарных труб $n = 0,012$, но при системе раздельной канализации и допущении наименьшего размера в $d = 6$ дюймов = 152 мм, получились такие преумноженные значения величины C , а следовательно и скорости V , что пришлось бы сильно увеличить уклоны для обеспечения допустимых скоростей течения; это повлекло бы увеличение всей сети канализации в землю и вызвало бы громадные расходы. Специально для исследования этого вопроса была послана за границу комиссия инженеров, которая, осмотрев ряд городских канализаций, констатировала, что для труб малого диаметра фактически вовсе не нужно таких больших уклонов, которые получаются расчетом по формуле Гаггилье-Куттера. Из допустимых меньших уклонов, путем обратного подсчета, вычислен подходящий уменьшенный коэффициент шероховатости $n = 0,0105$, что для принятого наименьшего размера труб ($d = 6$ д.) было совершенно правильно. Но вместе с тем, по требованию логики, этот же коэффициент был оставлен вообще для всех глазурованных гончарных труб, независимо от их диаметра, что является уже совершенно неправильным, так как при органической неправильности формул старой Куттера и сокращенной Гаггилье-Куттера (слишком высокие коэффициенты жидкости), неизбежно требовалось увеличение коэффициентов шероховатости при увеличении гидравлического радиуса. Только для кирпичных коллекторов Московской канализации был принят большой коэффициент шероховатости $n = 0,013$, но и то недостаточный, потому что это соответствует точно старой формуле Куттера с $a = 100$ и $b = 0,30$. А это считается в германской практике не удовлетворяющим указаниям опыта; там даже при гончарных трубах берется $b = 0,35$, а в некоторых проектах для кирпичных каналов увеличивается до $b = 0,45$.

Вообще вопрос о выборе надлежащих коэффициентов в формуле Гаггилье-Куттера для расчета водопроводных и водосточных труб и каналов представляется

очень интересным вследствие того, что сами авторы формулы не дали в этом отношении никаких определенных указаний, и поэтому здесь имеется широкое поле для произвола в выборе. Конечно, точное основание могли бы дать сравнения с данными опыта, но оказывается, что это не так просто, так как при различных опытах получались различные выводы, приписываемые различиям условиям наблюдений. Наиболее полное исследование в этом отношении сделано американским специалистом в вопросах гидравлики, инженером Р. Гортоном, который приводит следующую систему значений коэффициента n , в зависимости от состояния трубы:

	Самое лучшее	Хорошее	Удовлетворит.	Плохое
Чугунные трубы асфальтированные	0,011	0,012	0,013	—
Бетонные трубы и каналы	0,012	0,013	0,015	0,016
Кирпичные трубы	0,012	0,013	0,015	0,017
Гончарные глазурированные трубы	0,010	0,013	0,015	0,017

Если сделать подсчет для наименьшей амплитуды колебаний от $n = 0,012$ до $n = 0,016$, то легко видеть, что скорость течения при последнем коэффициенте будет на 39% или в $1\frac{1}{2}$ раза меньше, чем в первом; если же взять большую амплитуду колебаний от $n = 0,010$ до $n = 0,017$, то скорость течения будет на 50% или в два раза меньше, чем при первом значении коэффициента. Понятно, что такие широкие колебания и большая условность в определении того или другого состояния трубы делают правильный выбор коэффициента очень затруднительным. Однако более детальное изучение вопроса показывает, что такая разница получается только в том случае, если не принимать в расчет размер R сечений или, точнее говоря, величины гидравлического радиуса R . Наоборот, для определенных величин гидравлических радиусов получаются уже меньшие колебания в значении n , даже при различных состояниях труб и каналов. Такое же явление наблюдается и при различном даже в одном и том же канале, при одной и той же глубине, но при различных глубинах наполнения или, следовательно, при различных величинах гидравлического радиуса. Например, в канализационной трубе диаметром 24 д. = 0,610 м оказались соответствующими опытам следующие коэффициенты Куттера при различных глубинах наполнения h :

$h = 0,30$	$R = 0,171D = 0,104$ м	коэф. $n = 0,0128$
$h = 0,40$	$R = 0,214D = 0,131$ »	» $n = 0,0135$
$h = 0,50$	$R = 0,250D = 0,153$ »	» $n = 0,0140$
$h = 0,60$	$R = 0,278D = 0,170$ »	» $n = 0,0142$

Отсюда очевидно, что коэффициент шероховатости n в формуле Ганцбле-Куттера зависит более от величины R , чем от степени шероховатости трубы. То же явление наблюдалось и во многих других случаях, но прежде оно приписывалось влиянию не размеров труб и каналов, а их материалу или состоянию. Это в особенности относится к канализационным трубам и каналам, где вследствие образования слизистой корки на дне и в стенках каналов, условия течения материала делаются в сущности одинаковыми. Если взять группу опытных значений величины C в круглых канализационных водостоках, упомянутую в главе о классификации формул

Диаметры	0,350	1,00	2,00 м
Значения C	52,5	57,7	61,0 »

и построив на них плавную кривую, взять по масштабу промежуточные значения C , то на диаграмме получится ряд выравненных опытных значений C для всяких диаметров. Из диаграммы видно, что в практическом применении для канализации коэффициент 0,012 пригоден только для самых малых труб: менее 10'' или 250 мм, а уже от диаметра 12'' или 300 мм до 18'' или 450 мм, где применяются гон-

чарные глазированные или цементные трубы, правильным будет коэффициент 0.013. Далее для средних бетонных водостоков от 24'' или 610 мм и до 48'' или 1220 мм уместен уже коэффициент $n = 0.014$. Для самых больших каналов около 80'' или 2 м требуется уже коэффициент $n = 0.015$. То же можно сказать и о старой формуле Куттера, что обычно применяемый в Германии коэффициент $b = 0.35$ до известной степени уместен при средних размерах труб, примерно от 18'' или 450 мм до 36'' или 915 мм. Но меньше этого размера коэффициенты шероховатости следовало понизить до $b = 0.30$, а при самых малых трубах 6'' — 10'' или 150—250 мм до $b = 0.25$. Наоборот, от 40'' или 1 м и выше уместно повышение коэффициента b до 0.40 и даже до 0.45.

Интересно это сравнить с выводами богатой практики в Соединенных Штатах Америки, где для канализации применяется исключительно формула Гангилье-Куттера, а логарифмические формулы Газена-Вильямса, Маннинга и др. не употребляются. Там для водостоков в последнее время рекомендуются следующие коэффициенты шероховатости: для цементных и бетонных водостоков (т. е. средних размеров) $n = 0.013$ и 0.014, а для гончарных глазированных труб и тщательно выложенных кирпичных каналов, т. е. из машинного клинкера на цементном растворе, $n = 0.015$ («Sewerage and Sewage Treatments» by H. E. Babbitt, 1922, p. 53. и «American Sewerage Practice» by L. Metcalf and H. P. Eddy, 1914, Vol. 1 p. 94). Последние авторы известные специалисты в санитарной технике инженеры Меткалф и Эдди, добавляют следующее: «хотя многие инженеры применяют для глазированных канализационных труб $n = 0.013$, но авторы отдают предпочтение $n = 0.015$, там, где позволяет рельеф местности, предполагая возможность меньшей гладкости и плохой укладки глазированных труб, что увеличит сопротивление трению. Если принять $n = 0.013$, то должна быть обеспечена очень большая тщательность при выборе материала для заготовки и браковки его во время приемки, чтобы и дичить сооружения такого качества, на которое рассчитывалось в проекте». Приблизительно такое же мнение высказывает ряд других американских инженеров: Альворд, Эрикссон, Эрль, Фуллер и Поттер («American Sewerage Practice», 1914, p. 97—98).

5) Новая формула Базена (1897).

Она появилась в результате дальнейшего изучения Базеном, сотрудником Дарси, течения воды в трубах и каналах и имеет следующий вид:

$$V = \frac{87}{1 + \frac{b}{\sqrt{R}}} \sqrt{RJ},$$

где значение коэффициента шероховатости: для водопровода $b = 0.20$, для канализации $b = 0.30$, для каналов и рек $b = 1.30$. Как видно из рассмотрения этой формулы, она коренным образом отличается от прежних формул, составленных им вместе с Дарси. Прежде всего коэффициент вязкости здесь сделан постоянным и во-вторых, порядок гидронды изменен и принят, как у Куттера, $m = 1$ и $n = 2$. Это тем более интересно, что теоретически казалась бы более правильной гидронда тина Дарси, а не Куттера, так как только первая, имея общий корень в знаменателе, может быть выведена из уравнения

$$H = k \frac{LV^2}{D^2g},$$

а тем не менее гидронда Куттера гораздо лучше укладывается по результатам опыта, чем гидронда Дарси. Этот факт был замечен и мною, но составлял в течение 10 лет камень преткновения для дальнейшей работы, пока эта загадка не разъяснилась.

Именно, при анализе условий течения жидкости под влиянием не только силы тяжести, но и молекулярных сил: прилипания к стенкам, притяжения частиц жидкости но закону тяготения и отталкивания их, вследствие одновременного поверхностного заряжения электроотрицательными ионами, я теоретически пришел к выводу, что существует три вида сопротивлений течению, вследствие чего получается трехчленная гидродинамика:

$$V = \frac{\sqrt{\gamma \frac{1}{N}}}{\sqrt{1 + \frac{X_1}{R} + \frac{X_2}{\sqrt{R}}}} \sqrt{RJ}$$

Почти к такой же структуре уравнения скорости пришли другим путем Бусинне и Виль, но они имели еще функцию скорости: первый — при члене с \sqrt{R} , а второй — при члене с R , потому что исходили из формулы Пропп с глянцем скорости. Такая структура отвечает теоретическим требованиям, но чрезвычайно неудобна практически для вычислений, и потому требует или составления таблиц или упрощения. Но если представить себе, что в вычислении найдена такая величина b , что $b^2 = x_1$ и $2b = x_2$, с соответственным изменением числителя для сохранения прежних значений C и V , то знаменатель представит собою полный квадрат под корнем:

$$\sqrt{1 + \frac{b^2}{R} + \frac{2b}{\sqrt{R}}} = \sqrt{\left(1 + \frac{b}{\sqrt{R}}\right)^2} = 1 + \frac{b}{\sqrt{R}}$$

Но это и будет знаменатель формулы Куттера, структура которой принята Базеном. При этом очевидно, это наилучшее приближение к теоретической трехчленной гидродинамике, потому что для получения гидродинамики Дарси и Дарси-Базена пришлось бы совершенно опустить 3-й член; для получения логарифмических формул — опустить 1-й член, и для получения формул с C по прямой (I группа) — опустить 2-й и 3-й члены.

Вместе с тем Базен в своей новой формуле сделал изменение и в другом направлении, именно он принял новое значение для коэффициента жидкости, $a = 87$, больше чем в прежних формулах Дарси-Базена для водопроводных труб (II категория $a = 72,6$) и даже для самых гладких поверхностей (I категория $a = 81,7$). Очевидно, он совершенно правильно считал, что коэффициент жидкости a нельзя брать, как у Куттера произвольным, равным круглому числу 100, а он должен точно соответствовать опытным данным. Но к сожалению, опираясь на собранные им результаты 435 опытных измерений воды, он не подверг их такой же должной критике, как измерение скоростей на реке Миссисиппи (с $C = 100$ и более) и не отбросил, как при способе наименьших квадратов, чрезмерно отклоняющиеся и явно неправильные наблюдения, каких оказалось всего 5, с высоким значением C от 70 до 83, а именно: 2 наблюдения из прежних его опытов с деревянными и цементными каналами (относительно которых, однако, он сам указывал на трудность определения уклона потока, в виду волнообразного его движения), затем 2 наблюдения в Америке над большими акведуками и наконец 1 наблюдение в Италии над широким каналом. Остальные же 430 наблюдений, т. е. 98,7% всех случаев дали значения C менее 70. Тем не менее Базен признал нужным охватить своей формулой все без исключения опытные данные, в том числе и явно преувеличенные. Поэтому он должен был, посредством обратного вычисления, получить слишком большую величину $a = 87$, вместо прежних 72,6 для водопровода. Это и послужило причиной неуспеха новой формулы Базена, хотя по структуре своей наиболее продуманной. Как для труб, так и для рек, получались отклонения от опытов, если только строго придерживаться коэффициентов, данных автором. Поэтому,

хотя она представляет значительное улучшение старой формулы Куттера, но все-таки коэффициент жидкости в ней недостаточно понижен, что отнимает у нее значение универсальности.

6) Формула Горбачева (1909 г.).

Она имеет вид:

$$V = \frac{70}{b + \sqrt{R}} \sqrt{RJ},$$

где коэффициент шероховатости будет: для очень гладких труб (свеже асфальтированных, а также стеклянных, медных и т. п.) — $b = 0,04$; для чистых металлических поверхностей труб (чугунных и железных) — $b = 0,06$; для действующих труб водопровода (слегка инкрустированных минеральной пленкой) $b = 0,08$; для канализационных труб всяких материалов, покрытых слизистой грязевой пленкой, и трубопроводов с сырой речной водой $b = 0,10$; для искусственных земляных каналов $b = 0,75$ и для рек $b = 1,00$. Эта формула представляет такую же гидроду, как у Куттера и Базена, но коэффициент жидкости a значительно ниже и приближается к Дарси-Базену. Значения коэффициентов a и b получены математическим путем, посредством обратного решения двух уравнений с двумя неизвестными из нескольких опытных данных по Пб-ну, имеющих в выше приведенной таблице этих данных. Поэтому на диаграмме кривая величины C' по этой формуле проходит через все опытные точки. Интересно, что коэффициент жидкости $V a = 70$, выведенный исключительно из опытных данных для водопроводных труб, оказался совпадающим (клеточно при других коэффициентах шероховатости), с опытами Дарси для новых труб, и с опытами над канализационными трубами, и сверх того замечательно точно — с формулой Гангилье-Куттера для земляных русел. Таким образом формула довольно хорошо согласуется с измерениями скоростей в реках в тех случаях, когда эти измерения вообще подходят к каким-либо формулам.

Для практического употребления формулы Горбачева с этим значением C' представляется в виде двух отдельных формул:

для скорости

$$V = A\sqrt{J}, \text{ где}$$

$$A = \frac{70R}{b + \sqrt{R}}$$

и непосредственно для отводоспособности

$$Q = B\sqrt{J}, \text{ где } B = AF.$$

Для значений коэффициента этих формул A и B легко заранее составить несобственные таблицы для принятых сортаментов труб и каналов, а равным образом, в виду одночленности их, легко производить графические расчеты посредством или логарифмических масштабов, или номограмм, или изометрических прямых, одинаково как и в логарифмических формулах.

7) Формула Вейсбаха (1855 г.).

Она имеет вид:

$$H = \lambda \frac{LV^2}{D2g},$$

где

$$\lambda = 0.01439 + \frac{0.0094711}{\sqrt{I}};$$

отсюда

$$C = \sqrt{\frac{8\gamma}{\lambda}} = \frac{1}{\sqrt{0.00018336 + \frac{0.00012068}{\sqrt{I}}}} = \frac{74.0}{\sqrt{1 + \frac{0.6576}{\sqrt{I}}}}.$$

Подставляя по предыдущему $I = 59.9 \sqrt{RJ}$, получим:

$$C = \frac{74.0}{\sqrt{1 + \frac{0.0922}{\sqrt{R}} \frac{1}{\sqrt{J}}}}.$$

Если провести стабилизацию коэффициента уклона $k = \frac{1}{\sqrt{J}}$, как среднее для значений $J = 0.01$ и $J = 0.001$, то теоретический коэффициент $k_s = \frac{3.16 + 5.62}{2} = \frac{8.78}{2} = 4.39$. Подставив это значение в формулу, получим:

$$C = \frac{74.0}{\sqrt{1 + \frac{0.405}{R}}}.$$

Отклонения для крайних уклонов от среднего значения будут: для малых труб $\pm 8.5\%$ и для больших труб $\pm 4.5\%$.

Сравнивая формулу Вейсбаха с более ранней формулой Прони (1804 г.), ясно видно, что первая выгодно отличается от последней более увеличенным, но не слишком большим, коэффициентом жидкости ($a = 74.0$ вместо $a = 53.5$), и более высоким коэффициентом шероховатости $b = 0.405$, а также другими показателями корней в гидраиде: $m = 2$ и $n = 4$. Поэтому для средних и больших труб здесь получаются величины C большие по значению и ближе подходящие к опытным данным, чем даже в формуле Дарси, более верной теоретически, но имевшей слишком низкий коэффициент жидкости (при $\lambda = 1.22$, $a = 57.1$). Этим объясняется то, что формула Вейсбаха имеет большее распространение, чем формула Дарси, особенно в машиностроении. Неудобство вычисления по ней, благодаря присутствию в выражении C влияния I (скорости), не ощущалось заметно, вследствие наличия вспомогательных таблиц для расчетов по этой формуле. Но все же нужно отметить и недостатки этой формулы, состоящие в большом преувеличении влияния гидравлического радиуса R (корень четвертой степени под корнем квадратным), и во-вторых, в урегулировании ее, по собственным опытам Вейсбаха над очень гладкими латунными и цинковыми трубами и с большими для практики скоростями (от 8.6 до 21.6 м в сек.), вследствие чего с одной стороны кривая C получилась слишком плоская, почти параллельная оси X , а с другой стороны значения C несколько велики, соответствуя только новым трубам. Интересно, что при применении этой формулы для проектирования машины обычно выбирают диаметры по таблице, принимая скорость $I = 1$ м. Если подставить это значение I в выражение C , то последнее превращается в постоянную величину 57.4. Следовательно задаваясь всегда скоростью $I = 1$, расчет по формуле Вейсбаха даст совершенно такие же результаты, как и в формулах типа Шези $I = 57.4 \sqrt{RJ}$, что конечно будет несколько велико для малых труб, диаметром менее 250 мм (≈ 10).

Труды Свезда

8) Формулы Ланга

Старая формула Ланга имеет вид

$$H = \left(0,02 + \frac{0,064}{\sqrt{\Gamma}} \right) \frac{L V^2}{D^2 g}$$

откуда

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} = \frac{62,8}{\sqrt{1 + \frac{0,0028}{\Gamma}}} = \frac{62,8}{\sqrt{1 + \frac{0,0028}{\Gamma R^3 J}}}$$

или после стабилизации, как у Вейсбаха, при $K_s = 4,39$, получится

$$C = \frac{62,8}{\sqrt{1 + 0,123 \frac{1}{\Gamma R}}}$$

Автор сам указывает, что изменение сделано по формуле Вейсбаха и пригодно для гладких чугунных труб. Внимательно, рассматривая ее структуру, приведенную в общем виде, сразу заметно, что все изменение состоит в том, что в формулу Вейсбаха подставлен коэффициент жидкости $a = 62,8$ из формулы Дарси, с соответственным переименованием коэффициента шероховатости. Но в данном случае из формулы Дарси заимствована как раз самая слабая ее сторона — великий коэффициент жидкости. Потому эта формула Ланга, как представляющая собой ухудшение формулы Вейсбаха, совершенно не получила применения и была им заменена другой.

Новая формула Ланга (1905 г.) имеет также вид:

$$H = \lambda \frac{L V^2}{D^2 g}$$

то

$$\lambda = \alpha + \frac{\beta}{\sqrt{\Gamma D}}$$

где коэффициент шероховатости α будет а) для стеклянных и титнутых стальных с гладкими местами соединений от 0,010 до 0,012 и б) для чугунных и железных труб $= 0,02$. Другой коэффициент β зависит от температуры воды и равен при $3^\circ \text{C} = 0,0024$, при $5^\circ \text{C} = 0,0023$, при $15^\circ \text{C} = 0,0018$ и при 100°C уменьшается до 0,0004. Обыкновенно берется для новых чугунных труб

$$H = \left(0,020 + \frac{0,0018}{\sqrt{\Gamma D}} \right) \frac{L V^2}{d^2 g}$$

отсюда

$$C = \frac{62,7}{\sqrt{1 + \frac{0,045}{\Gamma R^3 J}}} = \frac{62,7}{\sqrt{1 + \frac{0,0063}{\Gamma R^3 J}}}$$

или после стабилизации, как у Вейсбаха, $K_s = 4,39$,

$$C = \frac{62,7}{\sqrt{1 + \frac{0,0277}{\Gamma R^3}}}$$

Эта формула часто употребляется взамен формулы Вейсбаха на германских заводах, изготовляющих насосы. Поэтому ее можно назвать «заводской» в отличие от новейших (3-й и 4-й) формул Ланга, которые будут описаны ниже. Если сравнить эту формулу со старой формулой, то видно, что здесь коэффициент жидкости сохранен прежний (по Дарен: $\alpha = 62,7$) и только в знаменателе влияние гидравлического радиуса несколько увеличилось, вследствие модернизирования ее подстановкой,

вместо Γ , числа Рейнольдса $\frac{\Gamma D}{Z}$. Поэтому значения величины C несколько улучшились и стали почти совпадать с формулой Вейсбаха, так что эта формула потеряла свою оригинальность и явилась маловажной вариантной формулой к формуле Вейсбаха. В практическом отношении должно упомянуть, что рассчитанные по этой формуле потери напора в водоводе Государственного Вюртембергского водопровода у Нидерштоцингена, длиной около 36 км и с трубами 900 и 600 мм, по отзыву инженера Гросса оказались не соответствующими действительности, вследствие чего пришлось переделывать колеса центробежных насосов на этой насосной станции.

Новейшая формула Ланга, опубликованная сначала в 1911 г.,

$$H = \lambda \frac{\Gamma V^2}{d^5 2g},$$

где

$$\lambda = \alpha \frac{\Gamma_B}{\Gamma_A} + 2b \sqrt{\frac{\Gamma_B}{\Gamma_A} \frac{1}{d \Gamma_A}} = \frac{64M}{d \Gamma_A},$$

где α коэффициент шероховатости с наименьшим значением 0,009, а β число, зависящее от вязкости жидкости.

Потом эта формула была несколько изменена в 1917 г. следующим образом:

$$\lambda = \alpha \frac{\Gamma_B}{\Gamma_A} + 2 \sqrt{\frac{d \Gamma_B}{\Gamma_A} \frac{64M}{d \Gamma_A}} + \frac{64M}{d \Gamma_A},$$

где

$$\frac{\Gamma_B}{\Gamma_A} = 1 = 32 \frac{64M}{d \Gamma_A}$$

и M означает модуль вязкости жидкости.

Для значений $d \Gamma_A > 0,05 \text{ м}^2/\text{СК}$ формула эта упрощается автором, с достаточной по его заявлению точностью, в:

$$\lambda = \alpha + 2 \sqrt{\alpha \frac{64M}{d \Gamma_A}} = \alpha + \frac{\beta}{V d \Gamma_A}.$$

Это будет в сущности прежняя заводская формула Ланга, ослэжненная введением модуля вязкости, так как последний меняется с температурой жидкости. Для различных материалов труб сам автор, при температуре воды в 20° C, дает следующие значения α и β :

	α	β
1. Для совершенно гладких труб	0,012	0,0018
2. Для новых водопроводных железных и чугунных труб, а также деревянных труб и прорезин. пензковых рукавов	0,015	0,0020
3. Для труб с легкими инкрустациями	0,019	0,00225

Если подставить эти коэффициенты в выражения C и произвести стабилизацию коэффициента уклона по предыдущему с $K_s = 4,39$, то получается соответственно 3 выражения C :

$$\begin{aligned}
 1) \quad C_1 &= \frac{81,1}{\sqrt{1 + \frac{0,075}{R}}} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{0,0152}{R^3} J}} \frac{81,1}{\sqrt{1 + \frac{0,0667}{R^3}}}; \\
 2) \quad C_2 &= \frac{72,4}{\sqrt{1 + \frac{0,067}{R}}} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{0,0094}{R^3} J}} \frac{72,4}{\sqrt{1 + \frac{0,0413}{R^3}}}; \\
 3) \quad C_3 &= \frac{64,4}{\sqrt{1 + \frac{0,059}{R}}} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{0,0083}{R^3} J}} \frac{64,4}{\sqrt{1 + \frac{0,0364}{R^3}}}.
 \end{aligned}$$

Сравним эти выражения с выражениями для C по формуле Дарси-Базена по трем категориям:

$$C_1 = \frac{81,7}{\sqrt{1 + \frac{0,03}{R}}}; \quad C_2 = \frac{72,6}{\sqrt{1 + \frac{0,07}{R}}}; \quad C_3 = \frac{64,6}{\sqrt{1 + \frac{0,25}{R}}}.$$

Резко бросается в глаза, что в новейших формулах Ланга коэффициенты вязкости тождественны с формулами Дарси-Базена во всех трех категориях, как будто они заимствованы оттуда, как и в старой формуле Ланга из формулы Дарси. А в знаменателях вместо R был поставлено $\sqrt{R^3}$ с соответствующим перемножением коэффициентов шероховатости. Но в случае, если это так, то остальные подробные транскрипции формул Ланга, с введением коэффициентов вязкости, температуры и пр. могут быть получены путем обратного арифметического подсчета. Вообще сложная структура этой формулы скорости течения не имеет обоснования в теоретических соображениях или данных опыта. В своем последнем виде, формулы Ланга не применяются, хотя в справочнике «Ниде» были приведены подробные вспомогательные таблицы для облегчения пользования ими.

9) Формула Маннинга (1890 г.).

Она имеет вид:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}.$$

где n коэффициенты шероховатости, принимаемые в формуле Гангилье-Куттера. Отсюда

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3} - \frac{1}{2}} J^{\frac{1}{2} - \frac{1}{2}} = \frac{1}{n} R^{0,167} = \frac{1}{n} R.$$

Эта наиболее интересная формула V группы была предложена специально для замены нижней формулы Гангилье-Куттера, т. е. как вариантная к ней формула. Этого она с успехом достигает и для земляных каналов она действительно дает очень сходные значения, как было видно при описании формулы Гангилье-Куттера. Она применяется главным образом специально для земляных каналов в Индии и Австралии и рекомендуется для этой же цели в некоторых американских курсах гидравлики, но повидимому не может вытеснить формулу Гангилье-Куттера. Для водо-

проводов и водосточков сама она не применялась, но так называемая формула Санта-Кримины (1895 г.) $V = 83,5 \sqrt[3]{R \cdot R \cdot J}$, рекомендованная им по наблюдениям над водостоками Лондона, представляет собою формулу Маннинга при принятии коэффициента шероховатости $n = 0,012$. Американская формула Кримины и Брюгса,

выраженная в футовых мерах: $V = 124R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$, по расшифровке оказывается тождественной с вышеуказанной формулой Санта-Кримины, т. е. представляет собою формулу Маннинга с $n = 0,012$, откуда $\frac{1}{n} = 83,3$. Точно также формула Черча для

плавных вставных стальных труб $H = 4 \left(\frac{0,0078}{D} \right)^{\frac{1}{3}} L V^2$ в футовых мерах при пере-

воде в метрические меры это даст $\lambda = 0,0139 \frac{1}{\sqrt[3]{R^3}}$, откуда $C = \frac{8,86}{\sqrt{\lambda}} = 77,2 \sqrt[3]{R}$.

Это представляет формулу Маннинга с $n = 0,013$, где $\frac{1}{n} = 76,9$. Распространения эти формулы вообще не получили, но для канализации гор. Москвы выбрана формула Маннинга с $n = 0,013$, т. е. $V = 77R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$.

10) Формула Лампе (1873 г.)

В оригинальном виде для водопроводных труб она имеет вид

$$0,0001336 V^{1,862} = R^{1,25} J,$$

С небольшим изменением, сделанным инженером Ливидеем, она стала известна под его именем: $0,000181 V^{1,8} = R^{1,25} J$. Преобразовав эту формулу получим: $V = 121 R^{0,091} J^{0,556}$, откуда $C = 121 R^{0,191} J^{0,056}$. Произведя попрежнему стабилизацию получим $K_s = J^{0,056} = \frac{0,773}{2} \frac{1}{2} = 0,679 = 0,726$; подставляя в выражение C , получим его стабилизированное значение $C = 87,8 R^{0,191}$.

Эта формула, выведенная Лампе из тщательных опытов над трубою только одного диаметра, сравнительно хорошо соответствует данным измерений над средними трубами (от 12 д. до 24 д.), но для малых труб она дает несколько уменьшенное значение. Она пользовалась одно время большим распространением, в особенности в России, но потом была вытеснена другими логарифмическими формулами.

11) Формула Фламана (1891 г.).

Она предложена им в виде:

$$a V^{1,75} = D^{1,25} J,$$

где для чистых водопроводных труб $a_1 = 0,00074$ и для немного загрязненных труб $a_2 = 0,00092$.

Заменяя D через $4R$ и, приводя к общему виду $V = M^x R^y J^z$, получаем $V_1 = 166 R^{0,711} J^{0,571}$, откуда $C_1 = 166 R^{0,211} J^{0,071}$ и $V_2 = 147 R^{0,711} J^{0,571}$, откуда $C_2 = 147 R^{0,211} J^{0,071}$. Произведя стабилизацию, получим $K = J^{0,071} = \frac{0,721}{2} = 0,612 = 0,667$; подставляя, получим стабилизированные значения:

- 1) для чистых труб $C_1 = 111 R^{0,211}$,
- 2) для немного загрязненных труб $C_2 = 98,0 R^{0,211}$.

Свою формулу Фламан вывел как вариацию из формулы Ламие, изменив ее в $aV^{1,80} = D^{0,20}J$, откуда можно вывести: $DJ = a \frac{1}{J^{0,20}} V^{1,20} V^2 = \frac{a}{(DJ)^5} V^2$.

Затем он принял показатель в знаменателе $\frac{1}{4}$ вместо $\frac{1}{5}$, мотивируя это большим соответствием с опытами, а главное большим удобством, так как корень четвертой степени, в случае надобности, можно вычислить без помощи логарифмических таблиц, почему и предложил свою формулу $DJ = \frac{a}{(DJ)^4} V^2$. Отсюда, после пре-

образования, получается $D^5 J^4 = a^4 V^8$ или $D^4 J = a V^2$ или $D^{1,25} J = a V^{0,75}$.

Таким образом формула Фламана преследовала главным образом арифметическое удобство вычислений, но по сравнению с исходной формулой Ламие, имея большой показатель при V (0,214, вместо 0,199), она дает еще большую крутизну кривой C и большую расходимость с измерениями (в особенности в больших сечениях труб) с увеличенными значениями скоростей, вследствие чего Дарье указывает в своем курсе гидравлики, что даже во Франции она может применяться только для малых труб.

(2) Формула Газена — Вильямса (1903 г.)

Она имеет общий вид:

$V = 1,31 C_n K^{0,63} J^{0,51}$ (в футовых мерах) или $V = 0,844 C_n K^{0,63} J^{0,51}$ (в метрических мерах), где коэффициенты шероховатости C_n указаны авторами в следующей табл:

Для новых очень гладких труб (медных, свинцовых, стеклянных и цементных)	$C_n = 140$
„ „ „ чугуновых труб в обыкновенных условиях	$C_n = 130$
„ „ „ чистых деревянных и гончарных труб	$C_n = 120$
„ „ „ новых клепаемых, стальных и бетонных труб	$C_n = 110$
Для стальных и чугуновых труб и для кирпичных коллекторов, с осадками или разведенных	$C_n = 100$

Выражение C в общем виде будет: $C = 0,844 C_n K^{0,13} J^{0,01}$.

Для стабилизации имеем $K = J^{0,01} = \frac{0,832 + 0,759}{2} = 0,796$. Подставляя это выражение, получим стабилизированное значение C для трех наиболее обычных в водопроводном деле степеней шероховатости

- 1) Для новых водопроводных труб (120) $C = 80,6 K^{0,13}$
- 2) „ „ мало загрязненных водопроводных труб (110) $C = 73,9 K^{0,13}$
- 3) „ „ очень загрязненных труб (100) $C = 67,2 K^{0,13}$

Формула Газена-Вильямса имеет в С. А. С. Ш. большое распространение, и только она одна применяется при расчете водопроводов, причем, хотя во многих случаях достаточно коэффициента $C_n = 110$, но в последнем справочнике американской водопроводной практики рекомендуется принимать $C_n = 100$. Это, очевидно, составляет некоторый запас осторожности, так как из диаграммы видно, что значение $C_n = 110$ очень хорошо подходит для средних труб. Однако для расчета канализаций эта формула в Америке совершенно не употребляется, и тогда применяется исключительно формула Гангиле-Куттера, вероятно потому, что параболический характер формулы Газен-Вильямса для больших сечений, которые встречаются в канализациях и особенно в дождевых водостоках, может проявиться

сильным преувеличением скоростей против формулы Гапгилье-Куттера с $n = 0,015$ (или, что все равно, формулы Базена с $b = 0,30$).

Примером возможности больших сечений может служить дождевой водосток в Балтиморе, наибольший в мире, с диаметром 29 фут. = 8,84 м. Фотография показывает банкет Съезда американских гражданских инженеров, устроенный в этом водостоке на глубине 70 фут. = 21 м под улицей.



В. КРАТКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРУГИХ ФОРМУЛ

Что касается остальных формул, описание которых здесь не приводится, можно указать, что многие из них представляют или простой пересчет числовых значений из одних мер в другие, или фиксирование формул на каком-нибудь одном из многих коэффициентов ее или, наконец, некоторые несущественные упрощения или округления. Из оригинальных формул можно упомянуть следующие.

ФОРМУЛА ЗОНШЕ (1907 г.), гидродная, без влияния скорости, получена введением в формулу Дарси, для исправления ее, третьего члена $\left(\frac{1}{R}\right)$, а также увеличением коэффициента жидкости $a = 68$. Этим достигнуто значительное улучшение, а получаемая трехчленная формула гидроды более соответствует теоретическим соображениям; но вычисление по ней очень затруднительно, почему она не вошла в практику. (II групп.).

ФОРМУЛА БИЛЯ (1907 г.), гидродная, с влиянием скорости, получена теоретическим развитием формул Прони и Базена, с введением влияния молекулярных сил (вязкости жидкости). Получилась трехчленная гидроды, с влиянием скорости, чрезвычайно неудобная для вычисления, почему сам Биль предложил упростить ее, исключив тот третий член, который придавал ей оригинальность, и без которого она приблизилась к старой формуле Франка. (III групп.).

ФОРМУЛА МИЗЕСА (1913 г.), гидродная, с влиянием скорости, выведена по теоретическим соображениям, что формулы с Рейсфельдовым числом $\left(\frac{VD}{Z}\right)$, на основании принципа подобия, применимы только для совершенно гладких труб. Поэтому Мизес ввел в заводскую формулу Ланга добавочный член «относительной шероховатости» $\left(\sqrt{\frac{H}{D}}\right)$ для сохранения общей размерности формулы, притом с минимальным и максимальным значением коэффициентов это вносит в формулу элемент произведения и лишает ее всякого практического значения. (III групп.).

ФОРМУЛА ФОРХГЕЙМЕРА (1920 г.), логарифмическая, без влияния уклона, предложена автором для замены формулы Маннинга, от которой отличается незна-

чительной разницей показателей степени при R (0,70 вместо 0,67) и с коэффициентами шероховатости n по Гагнвальд-Куттеру. Поэтому, как вариантная формула, она представляет мало нового. (V групп.).

ФОРМУЛА МИЛОВИЧА (1925 г.), логарифмическая, без влияния уклона, представляет формулу Форхгеймера, фиксированную на коэффициенте шероховатости Гагнвальд-Куттера $n = 0,0125$. (V групп.).

ФОРМУЛА БЛАЗИУСА (1920 г.), логарифмическая, с влиянием уклона, выведена на основании принципа подобия, не приложимого к шероховатым трубам, с пренебрежением влияния силы тяжести при доказательстве. Ряд опытов указывает на расходимость этой формулы с действительностью, а равно имеются веские теоретические возражения против ее правильности (проф. Пешль, «Гидравлика», 1927 г., стр. 8), и проф. Ифлейдерер, «Центробежные насосы», 1924 г., стр. 25).

ФОРМУЛА ВИГМАНА-ЭРИНСА (1925 г.), логарифмическая, с влиянием уклона, имея чрезвычайно большой показатель ($R^{0,223}$), дает параболу C еще более крутую, чем у Флэмана, и потому отклоняется от опытных данных при самых малых трубах. (VI групп.).

ФОРМУЛЫ БЕРНСА (1916 г.), логарифмические, с влиянием уклона, даны им в необычном количестве: 10 для труб и водостоков и 9 формул для открытых каналов, причем все не только с разными коэффициентами шероховатости, но и с различными показателями степени при уклоне. Кроме того, при каждой формуле указывается число процентов надбавки на случай загрязнения (от 0 до 55%). Недостаток 19 выражений для одного и того же течения воды подрывает доверие к этим формулам. Ближайший анализ показывает, что первая формула «для новых труб» имеет самую большую крутизну между всеми логарифмическими формулами и, следовательно, самое большое отклонение от опытных данных, а пятая формула «для клепаных железных труб» имеет отрицательный показатель степени при R , вследствие чего с увеличением размера сечения величина C в ней уменьшается, стремясь к нулю, что является абсурдом. (VI групп.).

ФОРМУЛА ГЕССЛЕ (1899 г.), двучленная параболическая, но не логарифмическая, имеет величину C в узких пределах, в зависимости от принятого числового коэффициента, который оттого приходится менять скачками при очень больших и очень малых размерах сооружения. Поэтому к этой формуле понадобились особые коррекционные члены, предложенные Свенд Галлином. (VII групп.).

ФОРМУЛА КОЦЕНН (1917 г.), двучленная параболическая, имеет в выражении C множителем \sqrt{J} при отрицательном члене. Из-за этого при увеличении уклона величина C будет уменьшаться, обратно Γ и по Куттеру. (IV групп.).

ФОРМУЛЫ ВЕСТОНА (1889 г.), БРИНКГАУЗА (1926 г.) и САМУСЯ (1923 г.) аномальные, в которых выражение C нельзя привести к общему виду. Все они имеют в знаменателях отрицательные члены с множителем гидравлического радиуса. Поэтому при увеличении R наступает момент, когда в выражении C знаменатель переходит через значение нуля, и поэтому выражение C , а следовательно также скорость и отводоспособность, делаются сначала бесконечно большими и затем постепенно уменьшаются, оставаясь минимыми выражениями. Такие невозможные значения получаются у Вестона для чистых труб при диаметрах более 0,305 м, у Бринкгауза для употребленных труб при диаметрах более 4 м и у Самуся для загрязненных труб при диаметр x более 17 м. (VIII групп.).

ФОРМУЛА НЕВИЛЛЯ (1890 г.), также аномальная, приводится для сравнения, так как имеет при отрицательном члене гидравлический радиус не множителем, а делителем, и притом в числителе, отчего с увеличением R также и C увеличивается и не делается минимым. Однако эта формула все-таки аномальная, так как при $R = 0$, получается $C = -\infty$. Правда, это значение получается вычислением только при самых малых диаметрах, за пределами практических возможностей, но тем не менее структура формулы является уже теоретически неправильной. (VIII групп.).

Г. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Из обзора всех предложенных эмпирических формул выясняется, что формулы с постоянным C , т. е. с выражением C по прямой (I группа), конечно, должны быть отброшены, так как бесспорно установлено, что величина C увеличивается с размерами сооружения. Точно так же должны быть отброшены формулы с выражением C параболическим двухчленом (VII группа), так как в них, при бесконечно малых диаметрах, получаются при вычислении конечные сопротивления, что представляется абсурдным, а также аномальные формулы, в которых величина C не приводится к общему виду (VIII группа), потому что там при некоторых значениях R получаются минимые или абсурдные значения C . Остается выбор только между гидродными и параболическими формулами, не придавая при этом значения наличности влияния скорости или уклона, потому что это является случайным признаком, дающим практически малые отклонения, различные у разных авторов и не согласующиеся с данными опытов. Поэтому их можно стабилизировать на средних значениях уклонов.

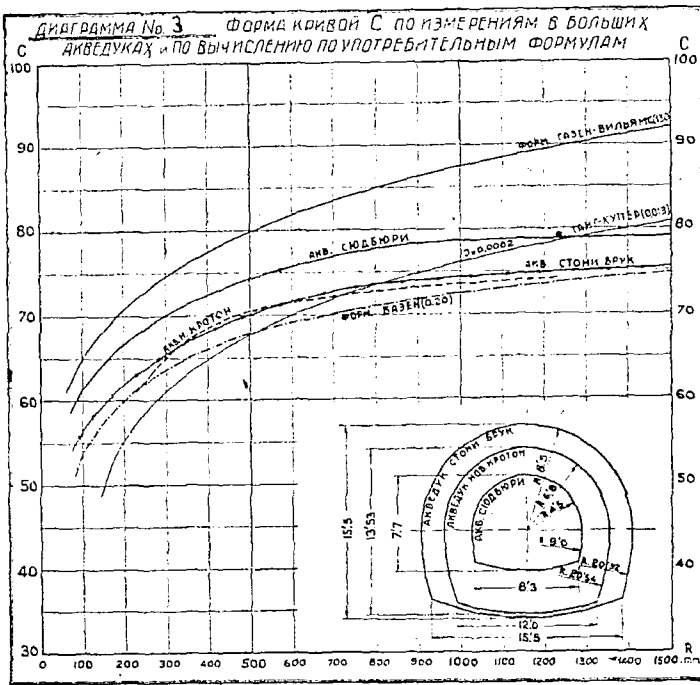


Диаграмма 3.

Для выбора между гидродными и параболическими формулами скорости, прежде всего нужно заметить, что эти кривые при малых значениях R очень близки между собой и, кроме того, при уменьшении показателя степени при R обе приближаются к прямой, параллельной оси X . Поэтому при недостаточном количестве точек для построения, их легко смешать между собой. Разница наступает только при очень больших значениях R_1 и там в гидройдах величина C быстро перестает расти, приближаясь к асимптоте, а при параболах — величина C продолжает возрастать. Следовательно решающие указания могут лишь дать опыты над большими сечениями. Для примера приводится диаграмма № 3 с кривыми скоростей (из опытов, а не из формул) для больших акведуков Америки, где эти кривые скорее похожи на гидройды, чем на параболы.

Вместе с тем нужно заметить, что для сравнения парабол C с опытными данными, нужно учитывать не только числовой параметр, но и их порядок, т. е. крутое или плоское расположение кривых, определяемое показателем степени при R . Именно при показателях при R в выражениях C от 0,15 до 0,35, соответствие с опытами будет в самых малых трубах (до 6''), а затем расхождение степеней от 0,07 до 0,15 соответствует лучше всего для средних размеров труб от 6'' до 24'', а расхождение будет в очень малых и в очень больших трубах. Наконец, при понижении показателя при R ниже 0,07 — совпадение с опытами будет только в самых больших сечениях. Таким образом, имея группу нанесенных опытных точек, можно составить для них несколько логарифмических формул разных порядков парабол, смотря по тому для чего предназначаются эти формулы: для малых, средних или больших сечений.

С теоретической точки зрения очень важно значение коэффициента сопротивления движению $\lambda = \frac{8g}{C^2}$ при бесконечно большом гидравлическом радиусе (следовательно и сечении). В то время, как в этом случае в гидронных формулах величина C , а следовательно и λ , будут конечными, — в логарифмических формулах C будет бесконечно велико, и потому коэффициент сопротивления R бесконечно мал. То и другое допустимо теоретически, в зависимости от характера самого сопротивления. Если оно все одного рода и обратно пропорционально диаметру сечения, то будет правильна структура логарифмических формул, допускающая исчезновение этого сопротивления при бесконечно больших диаметрах. Но если имеется несколько сопротивлений движению различного рода, причем коэффициенты некоторых сопротивлений не зависят от диаметра трубы, а только от качества жидкости и от состояния стенок (шероховатость, шероховатость), то коэффициенты этих сопротивлений останутся и при бесконечно больших диаметрах, когда другая часть сопротивлений исчезнет. Последнее более вероятно, а потому имеется более оснований считать более правильной структуру формулы скорости с выражением C по гидронде и притом трехчленной.

В общем это подтверждается совокупностью опытных наблюдений. Универсальными формулами, применимыми при различных значениях гидравлического радиуса, являются только гидронные формулы, хотя для небольших промежутков сортаментов труб или каналов практически могут применяться и частные параболические формулы, т. е., такие, в которых параметры и порядки парабол будут соответственно изменяться, приспособляясь для каждого отдельного промежутка.

Из всего изложенного можно сделать следующие общие выводы:

1. Подробное рассмотрение отдельных эмпирических формул скорости, а также практические указания и теоретические соображения, согласно приводят к тому, что наиболее правильной структурой формулы скорости должна быть признана та, в которой выражение C представляет гидронду, а не параболу или другую кривую.
2. Из различных возможных типов гидронд по теоретическим соображениям наиболее вероятен тип трехчленной гидронды:

$$C = \frac{V \sqrt{\frac{1}{X_1}}}{\sqrt{1 + \frac{X_1}{R} + \frac{X_2}{R^2}}}$$

который однако неудобен для непосредственного применения к практическим расчетам. Наиболее близкое упрощение его представляет гидронда Куттера с трех членом квадрата суммы:

$$C = \frac{a}{\sqrt{1 + \frac{2b}{R} + \frac{b^2}{R^2}}} = \frac{a}{1 + \frac{b}{R}},$$

которая является поэтому наиболее правильной структурой для эмпирических формул скорости.

3. Указанная формула по гидронде Куттера, при правильном выборе коэффициентов в ней, представляется универсальной для всяких жидкостей, смачивающих стенки русел (воды, соляных растворов, масел, спиртов, нефтяных продуктов и т. д.) и для всех случаев течения (в панорных трубопроводах и в открытых каналах свободного стока), при всевозможных категориях шероховатости.

4. Коэффициент жидкости a для каждой жидкости, с определенной силой сцепления частиц, является постоянным для всех степеней шероховатости и изменяется только с удельным весом и температурой, что должно быть учитываемо при значительной разнице температур, в особенности для густых жидкостей.

5. Коэффициенты шероховатости b устанавливаются сообразно принятым условно степеням шероховатости русел и будут неодинаковы для различных жидкостей.

6. Исходя из закона движения жидкости с выражением C по гидронде Куттера, неизвестные два коэффициента в формуле, жидкости a и определенной степени шероховатости b , легко вычислить решением относительно a и b двух уравнений, с величинами R и C из опытов для двух русел (одинаковой шероховатости при одинаковой температуре):

$$C_1 = \frac{a}{1 + \frac{b}{R_1}} \quad \text{и} \quad C_2 = \frac{a}{1 + \frac{b}{R_2}}$$

7. Вычислив коэффициент жидкости a_1 можно определить коэффициент степени шероховатости b , решив относительно последнего одно уравнение, с величинами R и C из опыта при той же температуре.

8. Имея известные коэффициенты: жидкости a (для определенной температуры) и шероховатости b , можно определить изменения коэффициента a с температурой, вычислив a и b по предыдущему, для русел той же степени шероховатости и размеров, но при различных температурах.

Все полученные цифры коэффициентов a и b будут точны постольку, поскольку правильны результаты опытов, послужившие для вычислений. Поэтому необходимо обратить особое внимание на точность методов измерений при опытах и на обязательную согласованность опытов в одинаковых условиях, но произведенных в разное время и в разных местах, с выяснением причин разницы. В особенности важны правильно поставленные опыты с большими руслами, где выясняются все условия течения и уменьшается влияние погрешностей наблюдений, очень больших в опытах с малыми сечениями.

Полтавляевым С. С. за последние годы доклада об этом с двумя следующими докладами.

Доклад инж. П. В. МИХЕЕВА *)

АНАЛИЗ и СИСТЕМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТНЫХ ФОРМУЛ РАВНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОМ АНАЛИЗЕ ОПЫТНЫХ ДАННЫХ.

(Должен в утреннем заседании секции 10 мая 1927 г.)

Председательствовал инж. Л. П. Давыдович

В В Е Д Е Н И Е

Таблица принятых в тексте наименований (в кг, м, сек.)

ϑ == удельный вес жидкости	кг м ⁻³
g == ускорение силы тяжести	м сек ⁻²
μ == коэффициент вязкости жидкости	кг м сек.
$\nu = \frac{\mu}{\vartheta}$ == кинематический коэффициент вязкости	м ² сек.
t == температура в градусах Цельсия.	
K == число Рейнольда	отвл. число
J == гидравлический уклон	отвл. число
h_{wv} == потеря напора	м
$\Delta p = h_{wv}\vartheta$ == изменение давления	кг м ⁻²
R == гидравлический радиус	м
T == средняя глубина поперечного сечения потока	м
d, D == диаметр трубы	м
r == радиус трубы	м
c == скорость	м сек.
c_m == средняя скорость течения	м сек.
c_k == критическая скорость перехода от струйного режима к турбулентному	м сек.
c_s == скорость по дну	м сек.
U == смоченный периметр	м
L, l == длина	м
R == сила сопротивления движения	кг см сек.
ρ == средний диаметр неровностей поверхности русла	м
$C = \frac{c_m}{\sqrt{RJ}}$ == коэффициент Шези.	
k_0 == коэффициент шероховатости по Штраклеру.	
n == " " " " " " Гапгильде и Куттеру.	
b == " " " " " " Горбачеву.	
γ == " " " " " " Базену.	
m == " " " " " " Куттеру.	
α, β, ϵ == показатели степени в формуле	
$\epsilon = 1,27^{\alpha} \rho^{\beta} J^{\epsilon}$	

*) Доклад представляет собою сводку работы инж. П. В. Михеева и С. П. Крицкого

СВОДКА ВАЖНЕЙШИХ ФОРМУЛ РАВНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ

1) Теоретическая формула Пуазейля для струйного движения

$$J = \frac{2\mu}{9h^2} v_m.$$

2) Исторически первая формула Шези (Обюссона) для больших и быстрых рек

$$v_m = 55,2 \sqrt{RJ}$$

и ряд формул других авторов того же типа.

3) Полная формула Штриклера (1923 г.)

$$J = K_0 \frac{1}{2h^{1,33}} v_m^2 + 2\pi \frac{M}{g} \frac{1}{h^2} v_m.$$

4) Формула Биля (1907 г.)

$$1000J = \frac{v_m^2}{r} \left(0,12 + \frac{0,036}{\sqrt{r}} + \frac{0,0057}{\sqrt[3]{r}} \right)$$

для новых чугунных труб.

5) Формула Гангиле и Куттера

$$v_m = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J} \right) \frac{n}{\sqrt{r}}} \sqrt{rJ}.$$

6) Формула Гангиле и Куттера (сокращенная)

$$v_m = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1 + \frac{23n}{\sqrt{r}}} \sqrt{rJ}.$$

7) Формулы Куттера; Базена, Горбачева

$$v_m = \frac{1}{1 + \frac{m}{\sqrt{r}}} \sqrt{rJ}.$$

где $A = 100; 87; 70$.

8) Формула Маннинга

$$v_m = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}.$$

9) Формула Штриклера (сокращенная)

$$v_m = K_0 R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}.$$

10) Формула Фирхгеймера и Мидовича

$$v = Kh^{0,7} J^{0,5}.$$

11) Формула Дарси

$$J_m = \frac{c^2 m}{D} \left(a + \frac{b}{D} \right); \quad J = \left(0,00104 + \frac{0,0000258}{D} \right) m \frac{v^2}{D}$$

с принятым пр. ф. П. П. Гецевым $m = 1,5$.

12) Формула Рейнольдса

$$J = \frac{K v^2 m v^2 - a}{D^{3-a}},$$

где n от 1,7 до 2.

13) Формула Лампе

$$J = 0,0007555 \frac{v^{1,8} D^2}{D^{1,25}}$$

Глава I

Явления, сопровождающие движение жидкости по трубам и открытым руслам, чрезвычайно сложны; до сих пор не существует математически обоснованной теории, которая могла бы с исчерпывающей полнотой их объяснить и предсказать. Тем не менее работы ученых всех наций, непрерывно продолжающиеся в течение многих десятилетий, позволяют уже подходить к разрешению вопросов, связанных с движением жидкости, основываясь не только на непосредственных результатах экспериментов, но и на тех обобщениях и выводах, которые дает теория. В частности это относится и к формулам равномерного движения жидкости. Если теория пока еще не для всех случаев движения может дать окончательные формулы, то, во всяком случае, она уже теперь достаточно освещает явления, чтобы указать рациональный вид этих формул. Поэтому описание существа тех явлений, которые сопровождают движение жидкости, а также краткое изложение выводов и построений современной гидравлики должно преимущественно обзорно и критиче формул равномерного движения жидкости.

При равномерном установившемся движении жидкости средняя скорость и постоянна во всех живых сечениях.

Работа всех сил, приложенных к жидкости в сумме равна нулю. Эти силы могут быть разбиты на две категории:

- 1) Силы активные, являющиеся причиной движения.
- 2) Силы реактивные, оказывающие сопротивление движению.

Активные силы обычно характеризуются гидравлическим уклоном, т. е. изменением напора на единицу длины.

Для открытых русел аналогичной величиной является уклон dna, или, что для равномерного движения равносильно, уклону поверхности жидкости.

Силы реактивные зависят от свойств вязкой жидкости:

- 1) внутреннего трения.
- 2) образования вихрей и водоворотов.

Условия проявления сил внутреннего трения изучены современной гидравликой, как с качественной, так и с количественной стороны.

Для случая действия только этих сил теория позволяет, исходя из основных физических свойств жидкости, вывести зависимости, определяющие полностью условия ее движения.

Проявление сил, зависящих от образования в движущейся жидкости вихрей и водоворотов, имеет неизмеримо более сложный характер.

Сколько-нибудь полной и подробно разработанной теории этих явлений до сего времени не предложено. Поэтому и техническая гидравлика при разрешении вопросов, связанных с турбулентным движением жидкости, вынуждена идти эмпирическим путем.

Опыты Рейнольда и др. показывают, что при скорости движения не превосходящей известного предела, жидкость движется «струйно», т. е. траектории всех ее частиц параллельны друг другу.

Когда скорость жидкости переходит через этот предел, называемый критической скоростью,— движение жидкости перестает быть струйным. Траектории отдельных частиц преобразуются в неправильный вид,— образуются водовороты и вихри.

Величина критической скорости определяется уравнением Рейнольда

$$v_{кр} = \frac{K\nu}{l}$$

Здесь K есть некоторая величина, зависящая от формы твердых тел, относительно коих происходит движение жидкости.

l — какое-либо определенное линейное измерение их,

$\nu = \frac{\mu}{\delta}$ — кинематический коэффициент вязкости жидкости

μ — коэффициент вязкости,

δ — удельный вес жидкости.

Как известно, вязкость жидкости зависит от температуры. Для воды эта зависимость выражается уравнением:

$$\mu = 1 + 0,0368 t + 0,000221 t^2$$

если температуры в градусах Цельсия.

Таким образом критическая скорость данной жидкости зависит от формы тел, относительно коих происходит движение, от их размеров и от температуры жидкости).

Для круглых труб диаметром до 50 мм (2") Рейнольд нашел выражение, применимое для любой жидкости и любой системы единиц.

$$v_{кр} = \frac{2000}{D} \nu$$

Для открытия русел по опытам Гонфа (М. А. Великанов, Труды Съезда деятелей службы пути речного транспорта, стр. 117).

$$v_{кр} = \frac{309}{T} \nu,$$

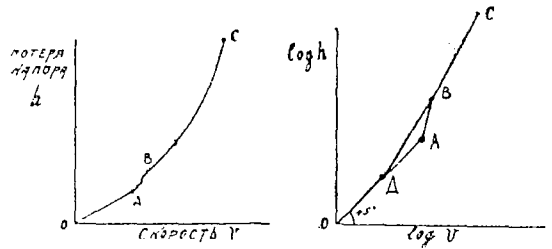
где T — глубина потока.

В инженерной практике приходится иметь дело почти исключительно с случаями турбулентного движения жидкости. Исключением является лишь движение весьма вязких жидкостей: масел, нефти и и. т.

Величина гидродинамического сопротивления при движении жидкости относительно какого-либо твердого тела зависит от:

- 1) скорости относительного движения,
- 2) физических свойств жидкости,
- 3) размеров и формы тела,
- 4) при скорости больше критической — от состояния поверхности (шероховатости) твердого тела.

Если зависимость потери напора h от скорости V изобразить графически в простых и в логарифмических координатах — получится две диаграммы следующего вида.



Черт. 1.

Если при опыте скорость v постепенно возрастает, то явление протекает по закону, изображаемому ломаной $OABC$. Если скорость v понижается — явление изображается ломаной CAO . Участок OA (прямая в координатах h, V) соответствует струйному режиму: здесь потеря напора прямо пропорциональна скорости. Участок BC изображает турбулентное движение. Точка A соответствует высшей критической скорости; точка A' — высшей или истинной критической скорости.

При струйном движении сопротивление зависит почти исключительно от тангенциальных сил внутреннего трения, возникающих вследствие взаимного скольжения смежных слоев жидкости.

В этом случае сопротивление прямо пропорционально скорости, вязкости и сходным линейным размерам подобных тел. Скольжения жидкости по поверхности не происходит: состояние поверхности (шероховатость) не отражается на величине гидродинамического сопротивления.

Для круглых труб зависимость между гидравлическим уклоном J , средней скоростью V_m , свойствами жидкости и размерами трубы выражается при струйном движении следующим уравнением Пуазейля

$$J = \frac{P_1 - P_2}{l} = \frac{32V_m \mu}{D^2}$$

- $P_1 - P_2$ — разность давления у начала и конца рассматриваемого участка трубы.
- l — длина этого участка.
- D — диаметр трубы.
- μ — коэффициент вязкости.

Это уравнение может быть, как известно, выведено математически из следующих исходных положений.

- 1) сила вязкости, возникающая между двумя смежными слоями жидкости пропорциональна скорости их относительного движения;
- 2) скорость у стен трубы равна нулю.

Подобные же соотношения могут быть математически выведены и для других случаев струйного движения: например, для весьма широкого открытого русла постоянной глубины.

При турбулентном движении гидродинамическое сопротивление является следствием, как внутреннего трения жидкости, так и образования водоворотов и вихрей.

Величина последней части сопротивления зависит исключительно от того, какое количество энергии затрачивается на водовороты. Эта слагающая гидродинамического сопротивления прямо пропорциональна плотности жидкости и квадрату скорости.

Истинный вид зависимости между скоростью и гидравлическим сопротивлением до настоящего времени неизвестен, и теоретический вывод общей формулы для случаев турбулентного движения жидкости пока невозможен.

Весьма ценные указания относительно вида такой формулы могут быть получены путем экспериментальных наблюдений законов размерной однородности и динамического подобия.

Требование размерной однородности гласит следующее:

Все слагаемые, входящие в правильно составленное равенство, имеющее физический смысл, должны иметь одно и то же измерение.

Представляя себе факторы, которые могут оказать влияние на гидродинамические сопротивления при равномерном движении жидкости, можно а priori предположить, что число их ограничивается следующими:

длина l	измерение	$л$
скорость v	»	$л \cdot сек^{-1}$
уд. вес ϑ	»	$кг \cdot л^{-3}$
вязкость μ	»	$кг \cdot л^{-1} \cdot сек^{-1}$
ускорение силы тяжести g	измерение	$л \cdot сек^{-2}$

Можно допустить, что для русел из одинакового материала сила сопротивления, являющаяся следствием шероховатости стенок, пропорциональна поверхности соприкосновения жидкости с последними, т. е. длине смоченного периметра.

Тогда в уравнение, связывающее между собой силу сопротивления движению F и воздействующие на эту силу факторы, должны войти только перечисленные выше величины.

Допустим, что это уравнение имеет вид:

$$F = k l^x v^y \vartheta^z \mu^p g^q.$$

где k — коэффициент пропорциональности.

На основании требования однородности размеров можно написать

$$кг \cdot л \cdot сек^{-2} = л^x \cdot л^y \cdot сек^{-y} \cdot кг^z \cdot л^{-3z} \cdot кг^p \cdot л^{-p} \cdot сек^{-p} \cdot л^q \cdot сек^{-2q}.$$

Из этого равенства вытекает, что

$$z = 1 - p; \quad y = 2 - p - 2q; \quad x = 2 - p + q.$$

Следовательно

$$F = k l^{2-p+q} v^{2-p-2q} \vartheta^{1-p} \mu^p g^q = l^2 v^{2-p} \left(\frac{\mu}{l \vartheta} \right)^p \left(\frac{lg}{l^2} \right)^q$$

т. е. показатели степени p и q неизвестны. формула может быть изображена в общем виде:

$$F \dots = l^2 v^{2-p} \vartheta \varphi \left(\frac{\mu}{l \vartheta}; \frac{lg}{l^2} \right).$$

При движении жидкости под напором по трубопроводу с влиянием на сопротивление движению ускорения силы тяжести g можно не считаться.

Кроме того, для геометрически подобных труб диаметр D пропорционален линейным измерениям. Поэтому для данного случая формуле может быть придан следующий вид:

$$F \dots = l D v^{2-p} \vartheta \varphi \left(\frac{\mu}{l D} \right).$$

Сила сопротивления f уравновешивается потерей напора на рассматриваемой длине l . Следовательно

$$\vartheta l = \frac{\Delta p}{l} = \frac{v^{2-p}}{D} \varphi \left(\frac{\mu}{l D} \right).$$

Вид функции $\varphi \left(\frac{\mu}{l D} \right)$ пока не может быть выведен теоретически.

Правильность приведенных выше учозаключений может быть проверена, даже не зная истинного вида функции...

Действительно, если формула

$$J = D \varphi \left(\frac{\nu}{rD} \right)$$

верна, то результаты наблюдений над различными жидкостями для труб одинаковой шероховатости должны давать в координатах $x = \frac{JD}{\nu^2}$ и $y = \frac{\nu}{rD}$ одну и ту же кривую.

Опыты Стентона и Пэппела над столь различными жидкостями, как вода, воздух и нефть — подтвердили этот вывод. Стентон и Пэппел получили для всех упомянутых жидкостей одинаковые кривые — одну для гладких труб, другую для шероховатых.

Придавая символу функциональной зависимости различный смысл, можно получить эмпирические формулы некоторых авторов.

Особенный интерес представляет подстановка

$$\varphi \left(\frac{\nu}{rD} \right) = k \left(\frac{\nu}{rD} \right)^{n-2}$$

дающей

$$J = \frac{k^2 r^2 \nu^2 - n}{D^3 - n},$$

т. е. показательную формулу Рейнольдса.

Подстановка в формулу Рейнольдса $n = 2$, приводит ее к виду формулы Шези.

При $n = 1$ получается линейная формула типа Пуазейля.

В настоящее время является твердо установленным, что формулы этого типа.

$$J = Cr^n \quad \text{при } n = \text{const}$$

являются лишь первым приближением.

Истинный вид функции

$$\varphi \left(\frac{\nu}{rD} \right)$$

более сложен.

Многочисленные наблюдения над движением жидкости показывают следующее:

В зависимости от физических свойств жидкости, шероховатости русла, размеров русла и скорости движения, — гидродинамическое сопротивление изменяется пропорционально одной из следующих величин:

- 1) v — первой степени скорости (струйное движение).
- 2) v^2 — квадрату скорости (резко выраженное турбулентное движение).
- 3) v^n , где $1 < n < 2$ — (турбулентное движение при весьма гладкой поверхности русла и малом гидравлическом радиусе).

При этом опыты показывают, что показатель степени тем меньше, чем ближе движение приближается к струйному, чем глаже поверхность русла и чем меньше гидравлический радиус.

Такие результаты экспериментов наводят на мысль, что полное сопротивление турбулентного движения складается из двух величин:

Сопротивления, происходящего от затраты энергии на вихри и вихреобороты; эта часть сопротивления пропорциональна v^2 .

Сопротивления, зависящего от внутреннего трения жидкости; эта часть сопротивления пропорциональна v .

Изучение законов динамического подобия потоков показывает, что при турбулентном движении жидкости, функция $\varphi \left(\frac{\nu}{rD} \right)$ не может иметь логарифмиче-

ского вида. В самом деле, два случая движения жидкости относительно геометрически подобных твердых тел — является динамически подобными, если соблюдены следующие условия:

- 1) траектории всех частиц жидкости (линии тока) в обоих случаях геометрически подобны друг другу и
- 2) скорость движения жидкости такова, что отношение сил, приложенных к соответствующим друг другу, частицам жидкости одинаково для любых двух частиц.

Это отношение должно иметь измерение массы умноженной на ускорение, т. е. ($\text{гм} \cdot \text{см} \cdot \text{сек.}^{-2}$).

Пусть две системы (1) и (2) удовлетворяют этим требованиям; пусть ϑ — плотность жидкости, v — скорость, l — любое определенное линейное измерение.

Можно доказать, что для двух динамически подобных потоков существует равенство:

$$\frac{v_1}{v_2} = C \frac{l_2}{l_1} \sqrt{\frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}},$$

где C — коэффициент пропорциональности.

Если рассматривать действие на жидкость только сил ее собственного веса, то написанное выше условие динамического подобия превращается в следующее равенство:

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{l_1}{l_2}}.$$

Для сил, обязанных своим происхождением вязкости жидкости, условие динамического подобия выражается уравнением:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\gamma_1 l_1}{\gamma_2 l_2},$$

где $\gamma = \frac{\mu}{\vartheta}$ — кинематический коэффициент вязкости.

Таким образом, условия динамического подобия для сил зависящих от веса жидкости (к числу которых относятся и силы турбулентности) и для сил зависящих от вязкости жидкости — не одинаковы.

В первом случае скорости должны быть прямо пропорциональны квадратным корням линейных размеров; во втором случае они должны быть обратно пропорциональны первым степеням тех же размеров. Оба условия одновременно могут быть соблюдены лишь если

$$\frac{\gamma_1^2}{\gamma_2^2} = \frac{l_1^3}{l_2^3}.$$

Для двух случаев движения одной и той же жидкости $\frac{\gamma_1^2}{\gamma_2^2} = 1$, т. е. полное

динамическое подобие потоков при различии линейных размеров оказывается невозможным, а следовательно и уравнение движения потока жидкости не может быть выражено одночленным логарифмическим уравнением, но состоит из слагаемых. По ряду теорий из двух основных выражений движения — ламинарного и турбулентного.

Глава II

Основным требованием к анализу опытных данных и сопоставлению их с формулами необходимо предъявить непрерывное обследование характера изменения каждого из гидравлических элементов опытов.

Для сравнительной оценки различных формул желательно привести их к однородному математическому выражению, подобрав в том же виде результаты опытов.

Закон равномерного движения жидкости может быть в общем виде выражен уравнением.

$$c = f(J_1, R, \rho).$$

где f — символ некоторой, пока неизвестного вида, функции.

J — гидравлический уклон.

R — " " радиус.

ρ — некоторое мерило шероховатости русла.

Это уравнение является выражением поверхности четырех измерений. При любом смысле символа функциональной зависимости f , написанное выше уравнение может быть для бесконечно малых пределов изменения величин J, R, ρ , приведено в логарифмической форме:

$$c = k \rho^x J^y R^z = f(J, R, \rho).$$

в этом уравнении k — коэффициент, постоянный в весьма узком интервале изменения величин J, R, ρ ; x, y, z — некоторые показатели степени, определяемые следующими уравнениями:

$$x = \frac{\partial f}{\partial \rho^x} \cdot \frac{1}{f(J, R, \rho)}, \quad y = \frac{\partial f}{\partial J^y} \cdot \frac{1}{f(J, R, \rho)}, \quad z = \frac{\partial f}{\partial R^z} \cdot \frac{1}{f(J, R, \rho)}.$$

Опыты показывают, что показательные формулы применимы для достаточно точного выражения закона равномерного движения жидкости в конечных и даже довольно широких пределах изменения величин J, R, ρ . Это значит, что коэффициент k и показатели степени x, y, z изменяются при изменении аргументов J, R, ρ — весьма медленно. В некоторых интервалах $J_1 - J_2, R_1 - R_2, \rho_1 - \rho_2$ могут без большой погрешности приниматься средние значения величин k, x, y, z .

Многие авторы (Туттон, Тэруин, Эвинн, Бернс) пришли даже к заключению, что для целей практики лучшим методом решения задач о равномерном движении жидкости — является пользование формулами логарифмического вида, подобными написанной выше. Коэффициенты и показатели степени эти авторы выводят непосредственно из опытов для различных частных случаев — русел из того или иного материала.

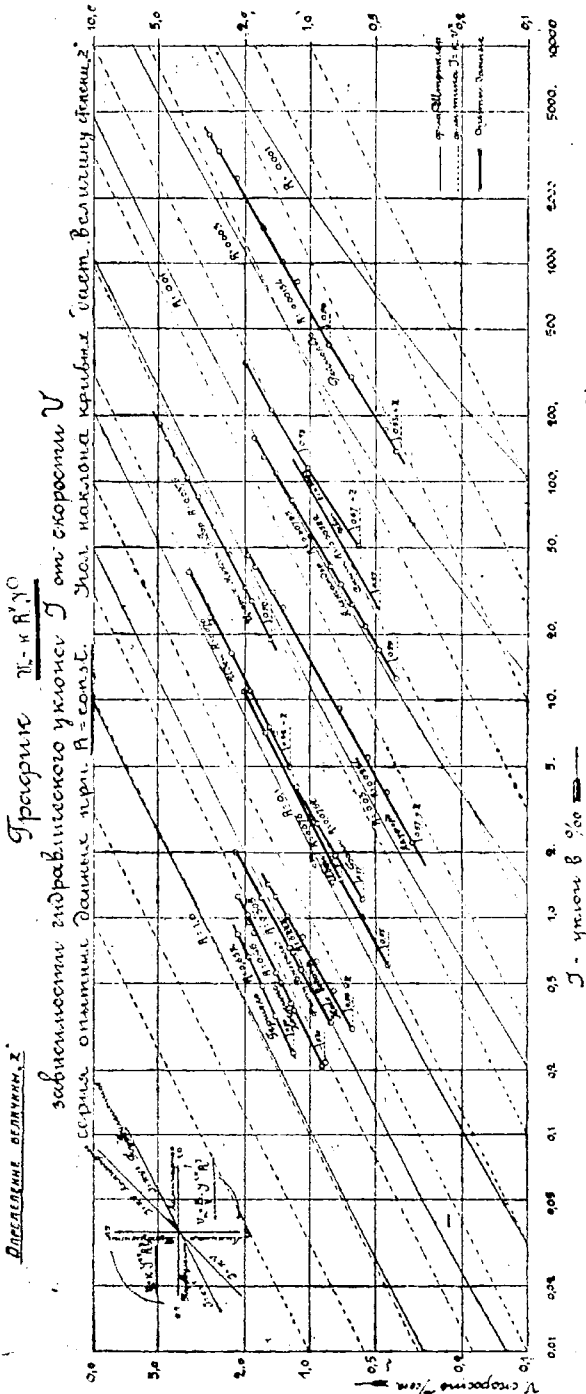
При этом обычно величина ρ^x , характеризующая шероховатость русла, объединяется с постоянным коэффициентом, что для русел из одного материала вполне допустимо.

Тогда формула приобретает следующий вид:

$$c = k J^y R^z.$$

Выше было отмечено, что в пределе малых изменений характеры движения к логарифмическому виду может быть приведена любая формула независимо от того, какой смысл придается символу функциональной зависимости f . Это позволяет применить тот же метод для исследования и сравнения различных более или менее сложных эмпирических формул. Для ряда наиболее характерных значений

уклона гидравлического радиуса и шероховатости определяется вид логарифмического уравнения, заменяющего данную эмпирическую формулу.



Сравнение значений коэффициентов и показателей степени, численных таким способом с тем, которые для данного случая определены различными авторами непосредственно из опыта, даст возможность в полне объективно и обоснованно судить о правильности построения и пределах применимости исследуемой эмпирической формулы.

Зависимости, связывающие между собой а) скорость v и гидравлический уклон J , б) скорость v и гидравлический радиус R и в) скорость v и шероховатость S — должны быть исследованы отдельно для того, чтобы изолировать и изучить влияние каждого фактора в отдельности.

Обработка опытных данных может быть выполнена графически путем построения логарифмических диаграмм $J, v; R, v$. Кроме нанесенных на эти графики данных непосредственных измерений могут быть с значительной долей достоверности использованы также материалы большого числа исследований, систематизированные различными авторами и приведенные ими к виду таких же логарифмических формул. В таком виде представлены результаты многих новейших работ. Особеной полнотой отличаются данные Туттона, Труппа, Эвина, Бериса.

На график J, v (черт. № 1), иллюстрирующий первую из этих зависимостей, нанесены в виде точек данные непосредственных измерений, опубликованные разными авторами. Для большей наглядности опыты расположены в порядке возрастания

чего скорости, определенные из опыта, изменены в отношении $\frac{100}{k}$, где k — средний для данной серии опытов коэффициент шероховатости по краткой формуле

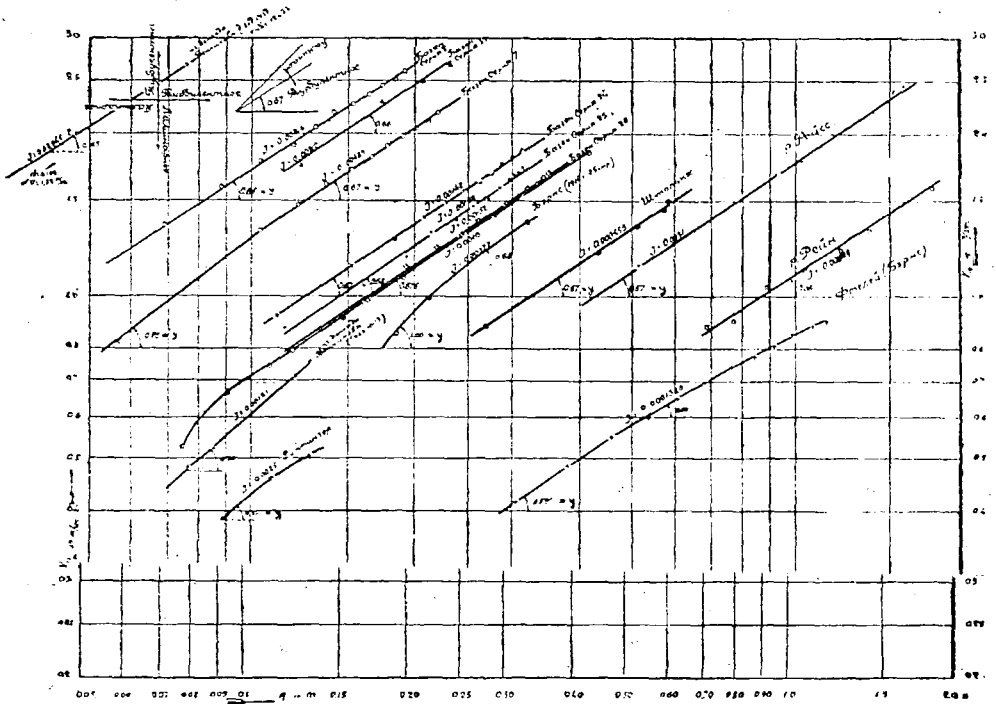
Штриклера. Этот коэффициент принимался постоянным для каждой серии опытов — поэтому указанный прием, не изменяя взаимного расположения точек, — только сдвигает всю их группу на место, соответствующее данному гидравлическому радиусу, делая график более наглядным.

Кроме данных непосредственных измерений на тот же график нанесены (тонкие линии) кривые вычисленные по полной формуле Штриклера.

Совокупность исследованных данных дает вполне достаточный материал для суждения о характере зависимости, связывающей между собою величины гидравлического уклона и скорости. Опыт вполне подтверждает теоретические умозаключения, приведенные в начале этого доклада.

Определение степени "у"

В формуле $V_m = k \cdot R^y \cdot J^z$ серии с постоянн. J.



Черт. 2.

При малых скоростях, малых гидравлических радиусах и гладкой поверхности русла гидравлический уклон возрастает пропорционально степени скорости меньшей, чем два; по мере роста каждой из указанных выше величин — зависимость, связывающая J и v все более приближается к квадратной.

Такой характер наблюдаемых явлений вполне соответствует теоретическим представлениям, согласно которым гидродинамическое сопротивление зависит:

а) от затраты энергии на преодоление внутреннего трения жидкости, пропорциональной первой степени скорости.

б) от затраты энергии на водовороты и вихри, пропорциональной квадрату скорости.

В зависимости от того, какой из двух факторов преобладает, гидравлический уклон изменяется пропорционально той или иной степени скорости, находящейся в интервале между первой и второй.

По совершенно такому же методу было произведено сопоставление формул и данных опытов для выяснения характера зависимости, связывающей между собой

скорость и гидравлический радиус. Для этой цели был построен график i, R (черт. № 2), на который нанесены результаты опытов. Однако, результаты обработки этих данных не являются в той же мере убедительными, как изложенные выше результаты изучения зависимости J, v . Это обстоятельство объясняется сравнительной бедностью экспериментальных материалов с $J = \text{const}$; $R = \text{var}$.

Теоретические соображения, приведенные в начале настоящего доклада позволяют подойти к решению вопроса о характере зависимости, связывающей гидравлический уклон J и гидравлический радиус R , исходя из выведенного теоретически правильного вида формулы. Выше было показано, что формула Рейнольдса, удовлетворяющая условию размерной однородности имеет вид:

$$J = A \cdot v^n \cdot R^{n-3}$$

Только что было установлено что показатель степени n изменяется в интервале $1 < n < 2$.

Следовательно, показатель степени при R , равный $n-3$ должен измениться в пределах $-2 < (n-3) < -1$.

Если решить ту же формулу относительно v и обозначить $\frac{1}{n} = z$ то пределы изменения показателя степени при R определяются, как $1/2 < (y) < 2$, где $-3z - 1$ при чем меньший предел соответствует предельно турбулентному движению, — больший предельно струйному.

Существенным недостатком всех изложенных выводов является неучет имп того воздействия, которое оказывает на гидродинамическое сопротивление различная степень шероховатости русла. Влияние этого фактора должно учитываться коэффициентами и показателями степени, которые определяются чисто эмпирическим путем.

Можно попытаться подойти к разрешению этого вопроса путем применения тех же законов подобия и размерной однородности.

Для того, чтобы иметь возможность применить эти законы к понятию шероховатости, необходимо придать этому понятию некоторый математический смысл.

До последнего времени почти все авторы учитывали влияние шероховатости русла посредством коэффициентов, которые определялись для различных, более или менее часто встречающихся в практике видов поверхности русла, — исключительно путем опыта. Не делалось попыток нахождения зависимости между этими коэффициентами и какими либо физическими величинами, могущими объективно характеризовать состояние поверхности русла. Очень интересную попытку определения шероховатости, как функции состояния поверхности русла сделал в последнее время Штриклер.

Штриклер полагает, что шероховатость русла определяется средней глубиной его неровностей или, средним диаметром частиц, грунта, формирующего русло.

Коэффициенты, определяющие величину воздействия шероховатости русла на движение жидкости могут быть выражены через размер этих углублений и в правильно построенной формуле должны зависеть только от них.

Если в число факторов, определяющих величину гидродинамического сопротивления при равномерном движении жидкости ввести помимо учтенных ранее величин (l, v, δ, μ) также средний размер углублений поверхности русла ρ , то общий вид выражения зависимости гидравлического уклона J от скорости v будет таков:

$$J = \frac{v^2}{D} f\left(\frac{v}{vD}, \frac{\rho}{D}\right)$$

Общая формула, выведенная из условия размерной однородности с учетом измерения шероховатости русла — может быть приведена к логарифмическому выражению, подобно тому как было выведено выше уравнение Рейнольдса. Действительно, пусть в формуле

$$J = \frac{v^2}{D} f\left(\frac{v}{vD}, \frac{\rho}{D}\right)$$

функция I равна:

$$I \left(\frac{v}{rD}, \frac{\rho}{D} \right) = k \left(\frac{v}{rD} \right)^{2-n} \left(\frac{\rho}{D} \right)^p.$$

Тогда

$$I = k \frac{r^n v^{2-n}}{D^{3-n}} \left(\frac{\rho}{D} \right)^p.$$

Показатель степени, входящий в эту формулу, характеризует степень влияния шероховатости русла на величину гидродинамического сопротивления.

Показатель степени n характеризует турбулентность потока.

При $n = 1$ — движение струйное

При $n = 2$ — движение настолько турбулентно, что величина сопротивления, зависящего от сил вязкости ничтожно мала по сравнению с сопротивлением, происходящим от турбулентности.

Написанная выше формула не устанавливает никакой связи между величинами n и p , каждая из которых входит, как независимая переменная.

В действительности, однако, такая связь существует; шероховатость русла оказывает на гидродинамическое сопротивление неодинаковое воздействие при различной турбулентности потока. Выше было указано, что при струйном режиме ($n = 1$) сопротивление совсем не зависит от шероховатости русла, т. е. при $n = 1$: $p = 0$. Этому условию удовлетворяет например следующая зависимость

$$p = x (n - 1).$$

Написанная выше формула при подстановке этого выражения принимает следующий вид:

$$I = \frac{k r^n v^{2-n} \rho^{x(n-1)}}{D^{1-n+x(n-1)}}.$$

Для случая $n = 1$ (струйное движение)

$$I = \frac{k r v}{D^2} \quad (\text{уравнение Пуазейля}).$$

Для случая $n = 2$ (турбулентное)

$$I = \frac{k v^2 \rho^x}{D^{1-x}}.$$

По исследованиям и обработке опытных данных показатель степени « p » при $\left(\frac{\rho^x}{D} \right)$, характеризующий влияние шероховатости русла для случаев чисто турбулентного движения постоянен и равен $p = \frac{1}{3}$, или $x = \frac{1}{3}$; тогда $I = k \rho^{1/3} \cdot \frac{v^2}{D^{1.33}}$.

Введение этой величины несколько сужает найденные выше пределы изменения показателя степени при гидравлическом радиусе R^y , которые определяются, как

$$\frac{2}{3} < y < 2.$$

Таким образом, можно заключить, что чисто ламинарное движение жидкости имеет выражение:

$$I = k v \cdot \frac{v}{R^2}$$

и турбулентное:

$$I = k \rho^{1/3} \cdot \frac{v^2}{R^{1.33}}.$$

Глава III

Намеченные в первой части этого доклада положения, основаны на результатах обработки данных опыта и согласуются с теоретическими представлениями относительно условий равномерного движения жидкости.

Исходя из этих основных положений можно подойти критически к исследованию многочисленных эмпирических формул различных авторов.

С точки зрения этих теоретических предпосылок, все формулы в отношении области их применения могут быть разбиты на следующие группы:

а) формулы многочленные или с переменным показателем степени при v , которые могут иметь неограниченную область применения,

б) формулы квадратные, применимые лишь для резко турбулентных случаев движения,

в) формулы с показателем степени при v меньшею двух; эти формулы являются приближенными выражениями более сложного закона и применимы лишь в определенных пределах при примерно постоянном соотношении между силами вязкости и силами турбулентности.

В отношении зависимости от изменения гидравлического радиуса, величина гидравлического уклона возрастает в различных случаях движения воды так же различно:

При струйном режиме уклон возрастает обратно пропорционально второй степени гидравлического радиуса.

При резко турбулентном движении обратно пропорционально некоторой пока точно не выявленной степени гидравлического радиуса приближающейся к величине 1,33.

При незначительной турбулентности уклон возрастает обратно пропорционально степени гидравлического радиуса, находящейся в интервале между указанными выше величинами.

Для того, чтобы удобнее было анализировать построение формул с точки зрения учета или влияния отдельных факторов, необходимо формулы не имеющие логарифмического вида — привести к таковому.

Приведение всех многочисленных формул к виду логарифмических выражений может быть выполнено по методу, изложенному выше.

По правилам дифференциального анализа могут быть определены следующие значения показателей степени, соответствующих анализируемым формулам.

Формула Штриклера

$$J = \left(K_0^2 \cdot R^{1/2} + \frac{2\pi \cdot \nu}{R^2} \cdot v \right) = K \cdot v^m \cdot R^n$$

Показатель при v

$$n = \frac{2 \frac{v}{K_0^2} + \frac{0,000000942}{R^{3/2}}}{\frac{v}{K_0^2} + \frac{0,000000942}{R^{3/2}}}$$

Показатель при R

$$m = \frac{1,33 \frac{v}{K_0^2} + 2 \frac{0,000000942}{R^{3/2}}}{\frac{v}{K_0^2} + \frac{0,000000942}{R^{3/2}}}$$

Формула Гангилье и Куттера

$$r = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{I}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{I}\right) \sqrt[3]{R}} \cdot \sqrt[3]{R \cdot I} = A \cdot R^y \cdot I^z.$$

Показатель при R

$$y = \frac{1}{2} \left(\frac{\left(23 + \frac{0,00155}{I}\right)^n}{\sqrt[3]{R} + \left(23 + \frac{0,00155}{I}\right)^n} \right)$$

Показатель степени при I

$$z = 0,5 - \frac{0,00155}{I} \left(\frac{1}{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{I}} - \frac{1}{\sqrt[3]{R} + 23 + \frac{0,00155}{I}} \right)$$

Типа Куттера

$$r = \frac{A}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt[3]{R}}} \cdot \sqrt[3]{kI} = k \cdot I^{0,5} \cdot R^y.$$

Показатель степени при I

$$z = 0,5 = \text{const.}$$

Показатель при R

$$y = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{\gamma}{\sqrt[3]{R} + \gamma} \right).$$

Формула Дарси

$$I = \frac{0,00153}{d} v^2 + \frac{0,0000764}{d^2} v^2 = k \cdot R^y \cdot v^z.$$

Показатель степени при v

$$z = 2 = \text{const.}$$

Показатель степени при R

$$y = \frac{0,00153 + \frac{0,0000764}{d}}{0,00153 + \frac{0,0000382}{d}} = \frac{1 + \frac{0,05}{d}}{1 + \frac{0,025}{d}}$$

Из приведенных выше формул определяются значения показателей степени, при подстановке которых в логарифмическое выражение — последнее дает вполне точную характеристику исследуемой многочленной зависимости.

Результаты приведения различных формул к логарифмическому виду сведены в таблицу на след. стр.

Глава IV.

Анализ отдельных формул следует производить придерживаясь намеченной выше классификации.

Группа I. Формулы многочленные или с переменным показателем степени.

Сводная таблица формул

$$v_m = KR^y I^z = K'D^y I^z$$

Название формул	Назначение формул	$v_m = K'D^y I^z \frac{\text{МТР.}}{\text{сек.}}$	$I = \alpha \frac{v_m}{D^r}$
Эйтельштейн	Водопровод	$v_m = 25,1 D^{0,5} I^{0,5}$	$I = 0,00159 \frac{v_m^2}{D}$
Лампе	Водопровод	$v_m = K'D^{0,694} I^{0,555}$	$I = 0,0007555 \frac{v_m^{1,802}}{D^{1,25}}$
Берис	Асфальтирован.	$v_m = K'D^{0,769} I^{0,529}$	$I = \alpha \frac{v_m^{1,89}}{D^{1,45}}$
	Не асфальтиров.	$v_m = K'_2 D^{0,6} I^{0,512}$	$I = \alpha \frac{v_m^{1,96}}{D^{1,17}}$
Туттоп	Асфальтирован.	$v_m = 45,8 D^{0,62} I^{0,55}$	$I = \alpha \frac{v_m^{1,82}}{D^{1,13}}$
	Не асфальтир. Слегка разведен.	$v_m = 34,8 D^{0,66} I^{0,51}$ $v_m = 30,8 D^{0,60} I^{0,51}$	$I = \alpha \frac{v_m^{1,96}}{D^{1,292}}$
Труши	Чугунные новые трубы	$v_m = K_1 D^{0,67} I^{0,54}$	$I = \alpha \frac{v_m^{1,85}}{D^{1,24}}$
Эввин	Асфальтирован.	$v_m = K_1 D^{0,67} I^{0,54}$	$I = \alpha \frac{v_m^{1,85}}{D^{1,24}}$
	Чугунные новые	$v_m = K_1 D^{0,599} I^{0,513}$	$I = \alpha \frac{v_m^{1,95}}{R^{1,19}}$
	Слегка разведенные	$v_m = K_1 D^{0,58} I^{0,5}$	$I = \alpha \frac{v_m^2}{R^{1,26}}$
Фархгеймер и Милович	Для труб	$v_m = K_1 D^{0,7} I^{0,5}$	$I = \alpha \frac{v_m^2}{D^{1,4}}$
Фламан, Шап и Шодер, Блазиус	Водопроводные трубы	$v_m = K_1 D^{0,71} I^{0,57}$	$I = \alpha \frac{v_m^{1,75}}{D^{1,25}}$
Рейнольдс	Для водопроводных труб	От $v_m = K_1 D^{0,765} I^{0,59}$ До $v_m = K_1 D^{0,5} I^{0,5}$	$I = \alpha \frac{v_m^{1,7}}{D^{1,3}}$ до $I = \alpha \frac{v_m^2}{D^{1,0}}$
	Для каннальных трубок	$v_m = K_1 D^2 I$	$I = \alpha \frac{v_m^{1,0}}{D^2}$
Маунинг и Штриклер (сокращ.)	Водопроводные трубы	$v_m = K_1 D^{0,667} I^{0,5}$	$I = \alpha \frac{v_m^2}{D^{1,33}}$

Название формул	Назначение формул	$V = K'D^m I^n \frac{m}{сек.}$	$I = \alpha \frac{V^m}{D^n}$
Штриклер при $K = 90$ $K' = 34,6$	Водопроводы $D = 0,04 \text{ м}$ $v = 0,25 \text{ м/сек.}$	} $v_m = 121,4 D^{0,964} I^{0,6}$	$I = \alpha \frac{V_m^{1,67}}{D^{1,6}}$
	$D = 0,04 \text{ м}$ $v = 1,0 \text{ м/сек.}$		$I = \alpha \frac{V_m^{1,86}}{D^{1,42}}$
	$D = 0,2 \text{ м}$ $v = 1,0 \text{ м/сек.}$		$I = \alpha \frac{V_m^{1,91}}{D^{1,37}}$
	$D = 1,2 \text{ м}$ $v = 1,0 \text{ м/сек.}$		$I = \alpha \frac{V_m^{1,98}}{D^{1,34}}$
Фанглице и Куттер $m = 0,011$	Водопроводы $D = 0,04 \text{ м}$ $v = 0,25 \text{ м/сек.}$	} $v_m = 52,8 D^{0,86} I^{0,507}$	$I = \alpha \frac{V_m^{1,97}}{D^{1,7}}$
	$D = 0,04 \text{ м}$ $v = 1,0 \text{ м/сек.}$		$I = \alpha \frac{V_m^2}{D^{1,71}}$
	$D = 0,2 \text{ м}$ $v = 1,0 \text{ м/сек.}$		$I = \alpha \frac{V^{1,97}}{D^{1,51}}$
	$D = 1,2 \text{ м}$ $v = 1,0 \text{ м/сек.}$		$I = \alpha \frac{V_m^{1,95}}{D^{1,31}}$
Куттер $b = 0,15$	Водопроводы $D = 0,04 \text{ м}$	$v_m = 49,6 D^{0,8} I^{0,5}$	$I = \alpha \frac{V^2}{D^{1,6}}$
	$D = 0,2 \text{ м}$	$v_m = 41,4 D^{0,701} I^{0,5}$	$I = \alpha \frac{V_m^2}{D^{1,4}}$
	$D = 1,2 \text{ м}$	$v_m = 38,5 D^{0,608} I^{0,5}$	$I = \alpha \frac{V_m^2}{D^{1,22}}$
Дарси коэффициент $m = 1,5$	Водопроводы $D = 0,04 \text{ м}$	$v_m = 27,7 D^{0,693} I^{0,5}$	$I = \alpha \frac{V_m^2}{D^{1,38}}$
	$D = 0,2 \text{ м}$	$v_m = 25,0 D^{0,555} I^{0,5}$	$I = \alpha \frac{V_m^2}{D^{1,1}}$
	$D = 1,2 \text{ м}$	$v_m = 29,3 D^{0,51} I^{0,5}$	$I = \alpha \frac{V_m^2}{D^{1,02}}$

К этой группе относятся (из числа наиболее употребительных)

- а) формула Штриклера (полная)
- б) » Гангль и Куттера
- в) » Биля.

ФОРМУЛА ШТРИКЛЕРА.

Формула Штриклера по своему построению стоит как бы на границе чисто эмпирических формул, хотя она и не была получена путем чисто математического вывода. Формула эта точно удовлетворит всем установленным выше требованиям, которые теория предъявляет к виду формул равномерного движения жидкости. Она по замыслу автора применима к самым разнообразным жидкостям, учитывая различие их физических свойств (вязкости, плотности), а также различие шероховатости русла. В этой формуле совершенно отсутствуют коэффициенты, определяемые из опытов для отдельных частных случаев. Введенные в формулу коэффициенты представляют собою постоянные величины, не зависящие ни от свойств жидкости, ни от свойств поверхности русла. Все перечисленные условия движения жидкости определяются величинами, имеющими вполне определенный физический смысл.

Полная формула Штриклера имеет следующий вид:

$$l = \frac{r^2}{K_0^2 R^{4/3}} + \frac{2\pi \cdot \nu}{R^2} r + \left(\frac{2000 \cdot \nu \cdot g}{4 K_0} \right)^2 \cdot \frac{1}{R^{3.33}}$$

В этой формуле

l — гидравлический уклон.

r — средняя скорость движения жидкости.

R — гидравлический радиус.

ν — $\frac{\mu}{r}$ — кинематический коэффициент вязкости.

g — ускорение силы тяжести.

здесь

$K_0 = \int_0^6 \rho$ где ρ средняя глубина неровностей русла.

Последний член написанной выше формулы, независимый от r , весьма мал по сравнению с другими двумя членами; Штриклер пренебрегает им, придавая своей формуле вид:

$$l = \frac{r^2}{K_0^2 R^{4/3}} + \frac{2\pi \nu}{R^2} r \quad \text{или}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{K_0^2 R^{4/3} l}{1 + \left(\frac{2\pi \nu K_0^2}{R^{2/3}} \right)^2} - \frac{\pi \nu K_0^2}{R^{2/3}}}$$

Формула эта применима для самых различных жидкостей и газов. Но мысли автора входящий в формулу коэффициент K_0 зависит только от состояния поверхности русла.

Приводимые Штриклером данные опытов, производившихся со столь различными жидкостями как сжиженный газ, водной пар, воздух, вода — повидному подтверждают это положение. Для труб из одинакового материала определяются из опытов величины K_0 весьма близкие друг к другу, при чем даже незначительные их колебания, повидному, объясняются причинами чисто случайного характера и не зависят от тех или иных физических свойств жидкости.

Слагаемые формулы Штриклера имеют определенный физический смысл.

Величина $M \nu^2$ — изображает сопротивление, зависящее от турбулентности движения.

Величина Mv — сопротивление, являющееся следствием внутреннего трения. Это сопротивление в 2π раз превышает сопротивление, определяемое из формулы Пуазейля для чисто ламинарного движения.

Следует отметить, что для весьма гладких труб, диаметром меньше 3 см вид предлагаемой Штриклером формулы слегка меняется. В этом случае коэффициент M принимается равным $M = \frac{1}{s^2}$, где s зависит лишь от материала трубы.

Соответственно постоянный член $P = \left(\frac{v\eta}{R}\right)^2 \cdot \left[\left(\frac{2000}{4s}\right)^2 + 218\right]$.

Однако случай весьма гладких труб малого диаметра не является типичным случаем турбулентного движения. Поэтому можно считать, что исследованная выше более подробно формула Штриклера является общей формулой турбулентного движения жидкости, если, конечно, она не будет опровергнута новыми опытами.

Выше было показано на основании теоретических соображений, что правильно составленная формула равномерного движения жидкости должна иметь следующий вид:

$$I = \frac{v^2}{R} \cdot \varphi\left(\frac{v}{v \cdot R}, \frac{\rho}{R}\right)$$

Формула Штриклера удовлетворяет этому требованию. Она получается из общего уравнения, если принять

$$\varphi\left(\frac{v}{v \cdot R}, \frac{\rho}{R}\right) = \frac{2\pi \cdot v}{v \cdot R} = 445 \sqrt[3]{\frac{\rho}{R}}$$

Анализ формулы Штриклера по методу приведения ее к логарифмическому виду показывает следующее:

1. Зависимость скорости v от уклона I .

Пределы изменения показателей степени n при скорости v в формуле Штриклера, приведенной к виду $I = k \cdot v^n \cdot R^m$ точно соответствует теоретическим представлениям.

В самом деле; пределы эти определяются неравенством:

$$1 < n < 2.$$

Соответствие результатов подсчета по формуле Штриклера с данными опыта — в отношении зависимости $v = f(I)$ — полное (см. чертеж № 1).

График, иллюстрирующий эту зависимость показывает, что формула Штриклера прекрасно передает характер явления при увеличении степени турбулентности движения.

2. Зависимость скорости v от гидравлического радиуса R .

Пределы изменения показателя степени m при гидравлическом радиусе R , соответствуют выводам теории — абсолютная величина показателя степени m в отдельных частных случаях, как видно из помещенной выше таблицы, удовлетворительно совпадает с выводами новейших исследователей (Гуттон, Бернс, Эвлин и Тэрриш).

ФОРМУЛА ГАНГИЛЬЕ И БУТТЕРА.

Формула Гангилье и Буттера имеет следующий вид:

$$v \frac{\text{метр}}{\text{сек}} = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{0,1}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{I}\right) \cdot \frac{n}{\sqrt{R}}} \cdot \sqrt{RJ}$$

Коэффициент скорости «С» в этой формуле зависит кроме коэффициента шероховатости и гидравлического радиуса еще и от уклона I .

Рассмотрение особенностей построения этой формулы по методу изложенному выше, т. е. путем приведения ее к виду $I = kv^n R^m$ приводит к следующим выводам:

При гидравлических радиусах $R < 1$ формула G и K может быть выражена показательными уравнениями степени ниже квадратной, приближаясь таким образом к теоретическому виду. Однако при малых радиусах и скоростях формула T и K недостаточно учитывает компонент сопротивления, зависящий от внутреннего трения, давая зависимость слишком близкую к квадратной.

При $R = 1$ формула G и K превращается в квадратную формулу типа $I = kv^2$. При $R > 1$ формула G и K приводится к виду выражения степени выше, чем вторая. Такая особенность формулы G и K совершенно не вяжется с данными теории и опыта и свидетельствует о неправильном построении формулы.

Показатель степени m зависимости связывающей скорость v и гидравлический радиус R получается при исследовании формулы G и K близким по абсолютной величине к данным других формул и опыта при значениях $R < 1$.

Зависимости связывающие показатели степени m и n с элементами потока получаются по формуле G и K весьма сложными. Направление изменения показателей степени m и n имеют случайный характер и совершенно не увязано с возрастанием турбулентности потока. Все эти обстоятельства заставляют признать формулу G и K совершенно неудовлетворительной в качестве общей формулы движения воды.

Как сказано, обоснованной связи между изменением степени при R и I (приведенный к логар. виду) формул G и K нет.

Можно одно сказать, что в целом формула скомпилирована довольно удачно и неправильности основного строения формулы компенсируются соответственным подбором элементов чисто математического выражения формулы.

ФОРМУЛА БИЛЯ

Формула Били по замыслу ее автора должна быть общей формулой, применимой не только к движению воды, но и к движению других жидкостей.

Формула эта имеет следующий вид:

$$I = \left(0,12 + \frac{f}{\sqrt{R}} + \frac{f^1}{v \sqrt{R}} \cdot v \right) \frac{v^2}{R} = \left(\frac{0,12}{R} + \frac{f}{R^{1,5}} \right) v^2 + \frac{f^1 \cdot v}{R^{1,5}} \cdot v.$$

Здесь $a = 0,12$ «основной фактор»

f — коэффициент шероховатости, изменяющийся от 0,0064 (восьма гладкие поверхности) до 0,0072 (кирпичная кладка и т. п.)

f^1 — величина, характеризующая влияние вязкости жидкости; этот коэффициент изменяется от 0,95 для весьма гладких поверхностей до 0,27 для шероховатых поверхностей.

Формула Били выведена им из данных наблюдений.

В координатах $\frac{I}{v^2}$ — v оно изображает прямую, параметры которой могут быть определены из графика, как и поступал Биль. Анализ формулы Били указывает на ряд неправильностей ее построения:

1. «Основной фактор» этой формулы $a = 0,12$ по данным новых исследований вовсе не есть постоянная величина; по Штриклеру он изменяется от 0,026 до 0,25 в зависимости от шероховатости русла.

2. Коэффициент f^1 , характеризующий сопротивление, происходящее от вязкости жидкости и зависящее казалось бы только от этой последней, изменяется в зависимости от шероховатости русла.

3. Гидравлический радиус R входит в знаменатель линейного члена формулы в 1,5-ой степени; между тем установлено теорией и опытом, что в тех случаях движения жидкости.— когда сопротивление движению жидкости только от внутреннего трения. — потеря напора обратно пропорциональна квадрату гидравлического радиуса.

Глава V.

6

Группа II. Формулы с постоянным показателем степени при скорости. Формы типа Куттера.

$$v = \frac{A}{1 + \frac{B}{\sqrt{R}}} \cdot \sqrt{R \cdot I}$$

Формулы эти имеют постоянный показатель степени при скорости v . Соответственно этому формулы рассматриваемого типа могут быть применимы лишь для случаев резко турбулентного движения. Показатель степени m при гидравлическом радиусе изменяется по формулам типа Куттера в пределах $1 < m < 2$.

Направление изменения и абсолютные величины приняты формулами этого типа довольно правильно.

В отношении формул типа Куттера необходимо обратить внимание на следующее обстоятельство.

Формулы Куттера, Базена и Горбачева, ограничивают возрастание скорости движения воды при уменьшении шероховатости определенным пределом равным:

$$100 \sqrt{RI}; 87 \sqrt{RI} \text{ и } 70 \sqrt{RI}$$

Таким образом все явления протока воды с величинами $C' > 70$ формулой Горбачева не могут быть выражены, при $C' > 87$ не могут быть выражены формулой Базена и $C' > 100$ — Куттера.

Поскольку действительные явления протекания воды дают только при исключительных обстоятельствах $C' > 100$, настолько же обычны величины $C' > 70$.

(См. ст. проф. Саткевича. Исследование фл. XI Водопр. (езда).

Результаты опытов, систематизированные ниже. Хил. литерат. справка 49. 45. 32. 36; сводные данные в трудах Штриккера и проч.

Все прочие формулы кроме формул типа Куттера не ограничивают возрастания скорости при уменьшении шероховатости русла.

Механический смысл выражений первого и второго типа может быть пояснен следующим образом.

Показательные формулы предполагают, что при абсолютно гладкой поверхности русла движение жидкости не встречает никакого сопротивления и жидкость будет двигаться равномерно ускоренно, подчиняясь закону падения тел в пустоте. Бесконечно большая величина скорости v определяемой из этих формул показывает, что силы активные, вызывающие движение жидкости, никогда не уравновешиваются с силами сопротивления, так как последние равны нулю. Следовательно равномерное движение жидкости, соответствующее случаю равновесия этих сил, никогда не установится. Из этого ни в какой мере не вытекает, что в каком бы то ни было случае при реальных условиях скорость движения жидкости может быть беспрельдно велика.

Формулы группы Куттера логически приводят к утверждению, что сопротивление движения жидкости лишь отчасти зависит от степени шероховатости русла. Даже при абсолютно гладком русле жидкость встречает значительное сопротивление своему движению, которое уравновешивается с активными силами при определенном конечном значении скорости.

Сравнивая между собою эти две группы формул, надлежит прежде всего отметить следующее:

Абсолютно гладкая поверхность русла в природе существовать не может, так как размер неравностей русла ни в каком случае при самой идеальной полировке

не может быть меньше некоторого предела, например величины молекул материала, образующего русло.

Влияние шероховатости русла на величину гидродинамического сопротивления согласно новейших исследований (Штриклер) пропорционально корню шестой степени из средней высоты неровностей поверхности; уменьшение размеров неровностей русла в 1.000.000 раз всего лишь в 10 раз увеличивает скорость движения жидкости.

Таким образом, даже при минимальной реально осуществимой шероховатости русла, последняя будет оказывать значительное влияние на сопротивление движению. Следовательно, при могущих существовать в природе поверхностях русла, как бы гладки они не были, скорость вычисленная по показательным формулам, никогда не будет бесконечно велика.

Но самое построение этих формул, дающее в пределе бесконечно большую скорость, следует признать теоретически более обоснованным, нежели построение формул Куттеровской группы.

По закону Ньютона — закону равенства между действием и противодействием равномерное движение жидкости может быть только в том случае, когда имеются силы сопротивления, уравнивающие активные силы движения таковой.

Начало сил противодействия может исходить только из внешней среды, с какой жидкость соприкасается.

Предположения Горбачева с введением понятия о «коэффициенте жидкости» — величине, постоянной для каждой жидкости и ограничивающей скорость движения таковой независимо от влияния внешней среды, противоречат основному закону движения. По теории Горбачева следует, что вода, протекающая по руслу совершенно не дающему сопротивления, иначе говоря, поток брошенный в пространство будет продолжать двигаться равномерно.

Является вполне естественным предположить, что с уничтожением причины, вызывающей отклонения частиц жидкости от прямого направления — не будут иметь места и этих отклонений, а следовательно, сопротивление, зависящее от турбулентности будет равно нулю. Во всех без исключения формулах к тому же результату приводит подстановка $R = \infty$ (R — гидравлический радиус). Между тем оба эти вывода весьма тесно связаны один с другим. Действительно, как показано выше, на основании теоретических соображений, подтверждаемых опытом, меридом воздействия шероховатости на условия движения жидкости является отношение

$\frac{\rho}{R}$, где ρ средняя величина неровности русла.

Это отношение обращается в ноль:

1) при $R = \infty$

2) при $\rho = 0$.

Первый вывод (скорость $v = \infty$ при $R = \infty$) не встречает возражений ни с чьей стороны; второй же вывод (скорость $v = \infty$ при $\rho = 0$) логически вытекает из первого.

Куттером и Базеном приняты ограниченные для данного гидравлического радиуса возможные скорости течения и эти пределы введены, как наибольшие величины встречающиеся в практике.

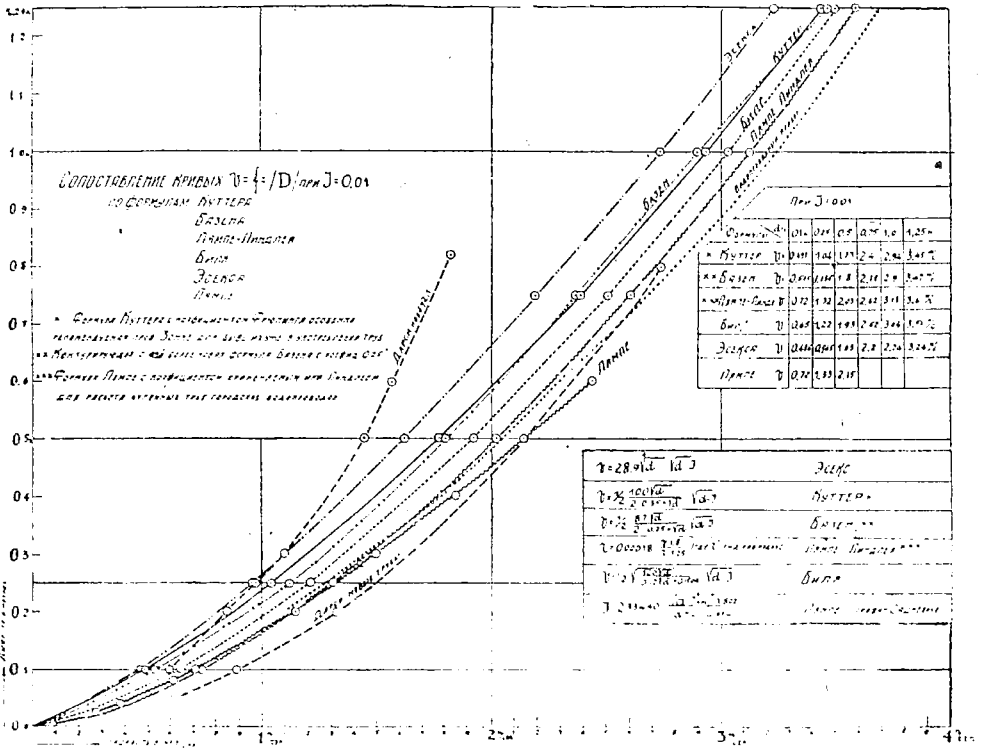
Горбачевым, возможно правильно или неправильно, эти практические величины изменены и совершенно неправильно приняты, как закон равномерного движения жидкости.

Анализ формулы Дарси

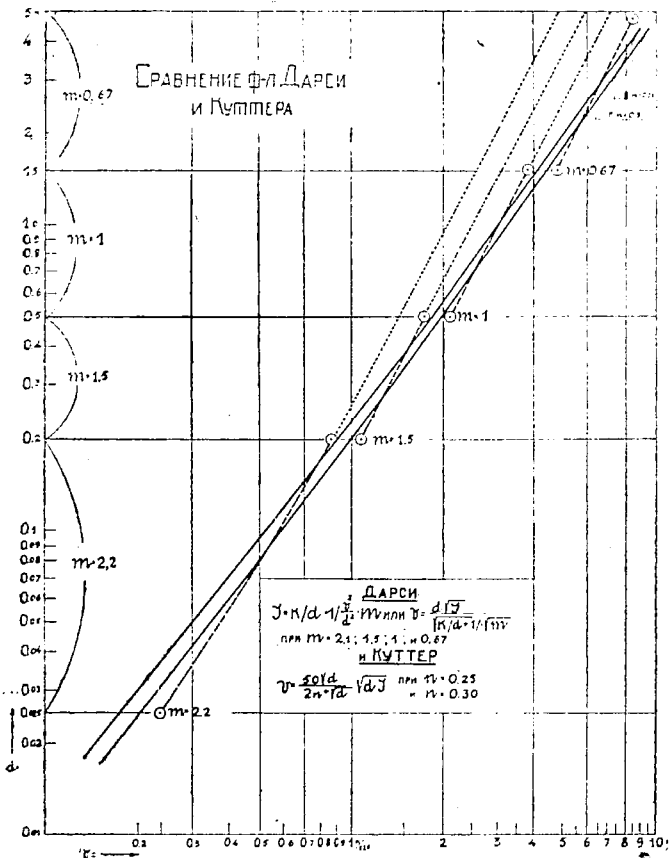
$$I = \left[0.001645 + \frac{0.00004206}{d} \right] m \cdot \frac{Q^2}{d^5}$$

или $I = \left[0.00101 + \frac{0.0000258}{d} \right] m \cdot \frac{v^2}{d}$

проф. П. П. Ченевым коэффициент « m » принят равным $m = 1.5$.

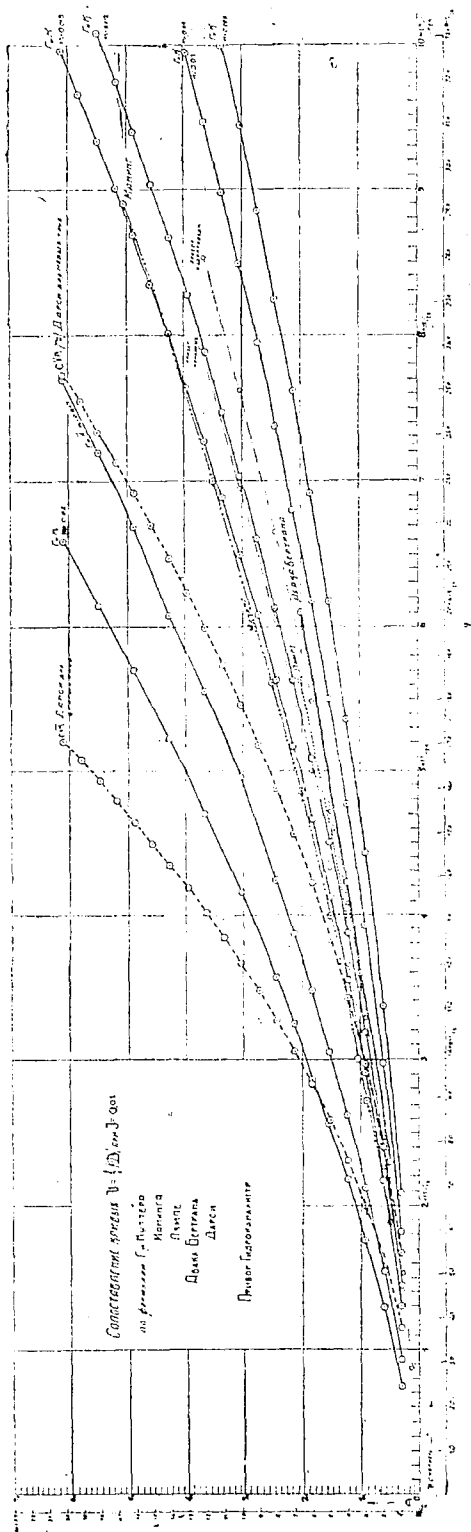


Черт. 3.



Черт. 5.

(Черт. № 4 на след. стр.)



Черт. 4. (Черт. № 5 на предыдущ. стр.)

Формула Дарси — одна из старейших формул, специально предназначенных для расчета водопроводных труб. Целый ряд авторов отмечали неправильность ее построения и тех числовых результатов, которые получаются при расчете по этой формуле. Тем не менее формула Дарси до настоящего времени имеет своих сторонников и нередко применяется при расчетах.

Анализ формулы Дарси по методу приведения ее к виду показательного выражения показывает, что формула Дарси недооценивает влияние изменения гидравлического радиуса. Показатель степени при последнем получается при преобразовании формулы Дарси — значительно меньшим, чем по другим наиболее согласующимся с опытами формулам.

Эта и правильность построения ф-лы Дарси подтверждается и путем непосредственного сопоставления ее с другими формулами.

Как видно из графиков, характер построения кривых всех формул не одинаков. Но в то время, как остальные формулы создают как бы целную группу, кривая формулы Дарси имеет свое особое строение (черт. 3).

Но графикам видно, что кривая формулы Дарси (основная при $m = 1$), выходя из пределов общей группы водопроводных формул, при диаметрах меньше полуметра, в сторону преувеличения расчетных скоростей, при диаметрах от 0,5 м до 1,5 м пересекает все кривые остальных формул и за пределами выше 1,5 м, перейдя на противоположную сторону общей группы, показывает тенденцию значительного преуменьшения расчетных скоростей (черт. 4).

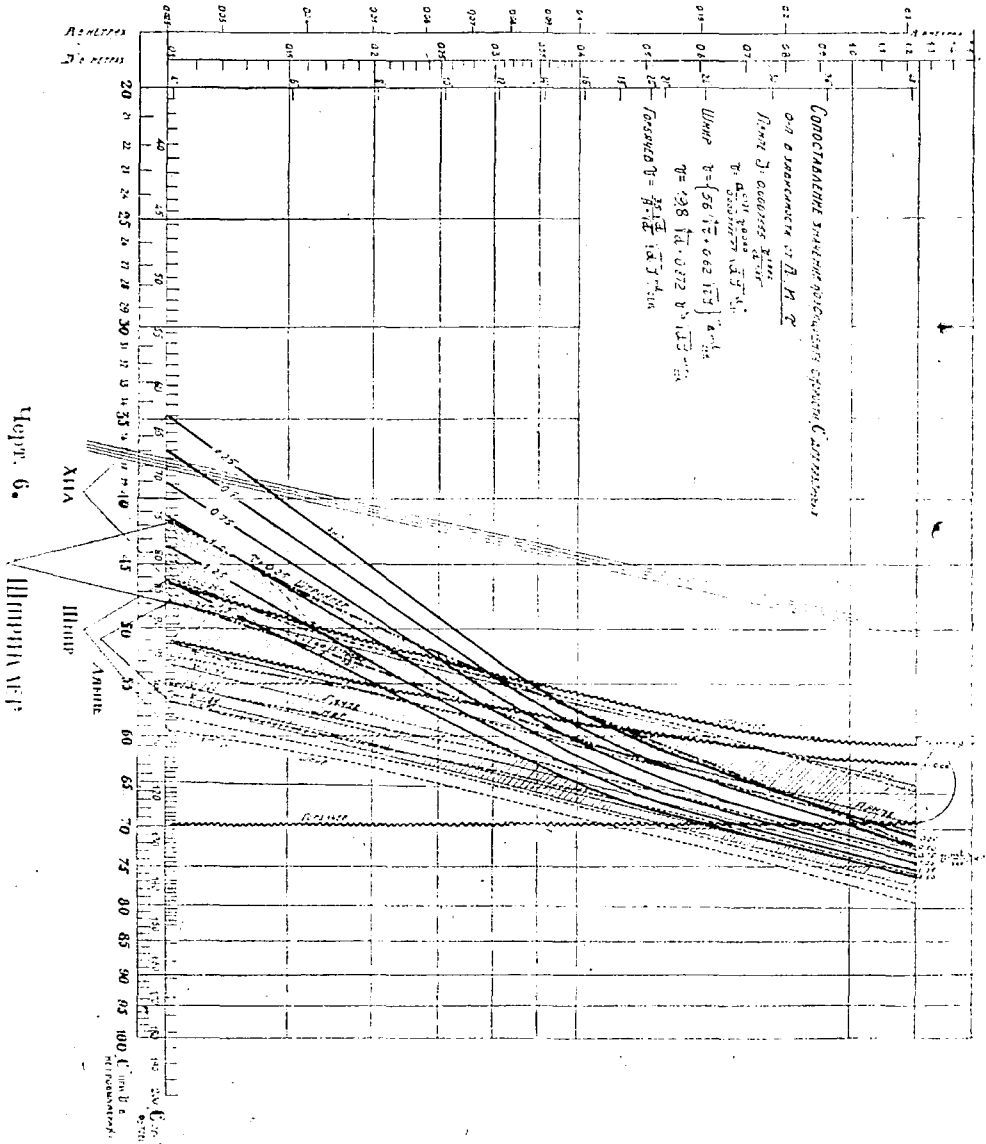
Несоответствие формулы Дарси с действительностью побуждало ввести еще с давних времен, так называемое, правило Дарси, рекомендовавшее принимать потерю напора попросту всегда вдвое большей, а следовательно скорость приблизительно равной 0,7 от расчетных результатов.

Это правило в свое время сдано было использовано Френсисом и приведено в расчетные таблицы Флинном.

Во что превращены эти расчетные значения по такой формуле, видно из чертежа № 5.

Позднейшими исследователями выяснено, что для приведения формулы Дарси к соответствующим результатам опытов (Франк и др.) необходимо в расчетные результаты по Дарси ввести следующие коэффициенты:
 для диам. d 0.025—0.2; 0.2—0.5; 0.5—1.5; 1.5—5

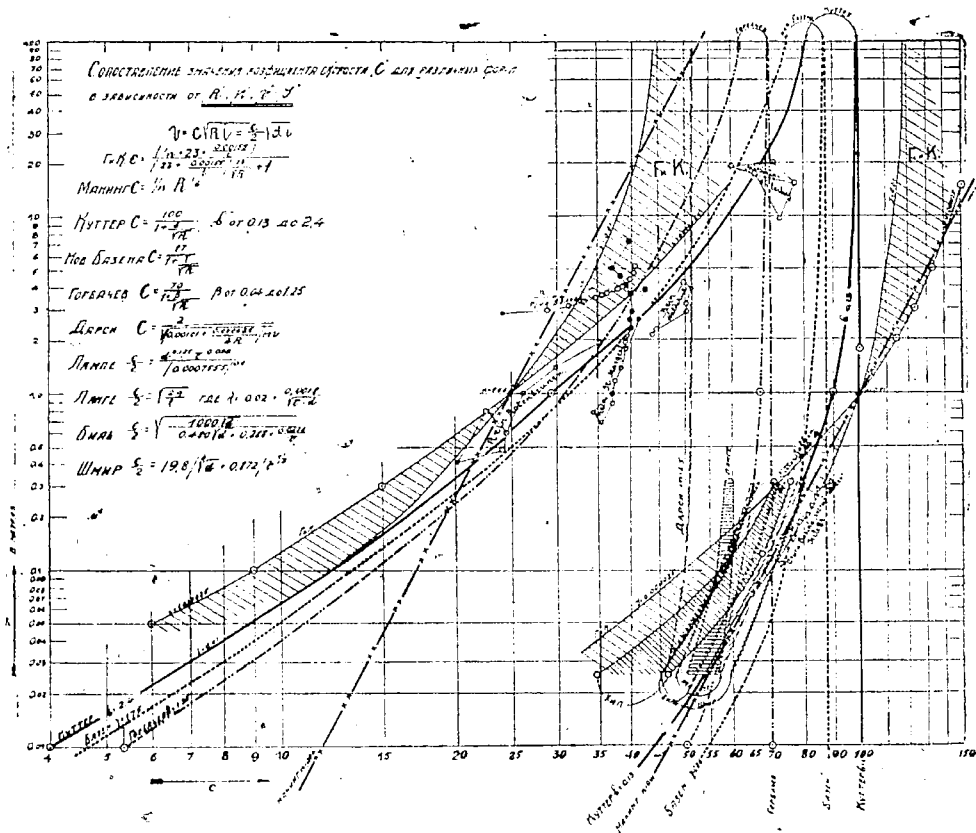
$$m = 2.2; m = 1.5; m = 1.0; m = 0.67.$$



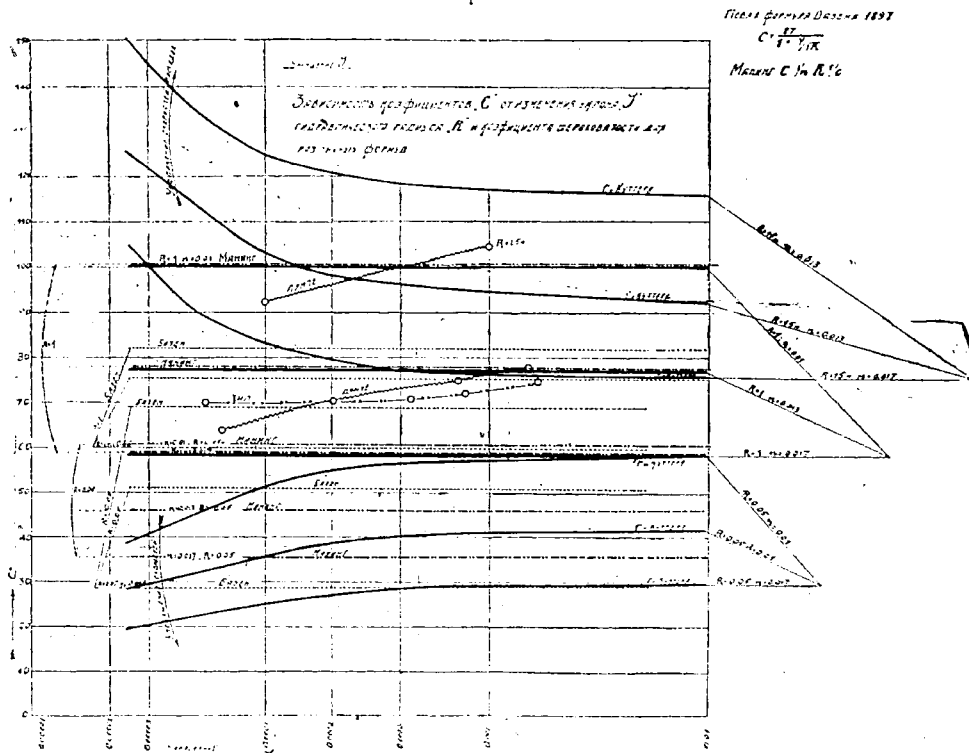
Указанными коэффициентами несоответствующие опытным данным расчетные величины формулы Дарси вводятся в средние параметры опытных данных.

Формула Дарси, приведенная к действительным условиям, получает ступенчатый характер.

Движение воды подчиняется законам непрерывной кривой и совершенно ясно, что сам факт необходимости введения грубых множителей в формулу Дарси и след-



Черт. 7.

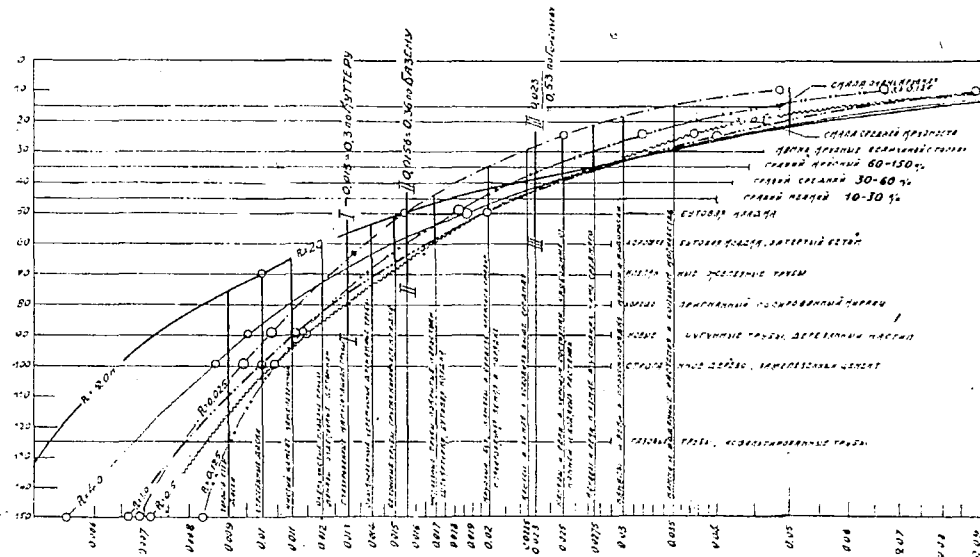


Черт. 8.

ШТРИХЛЕР П. Г. КУТТЕР, соф.-инж. с.з. в.и.н.н.с. Ж.

$$\gamma \approx \frac{123.4 \sqrt{R}}{R \sqrt{J}}$$

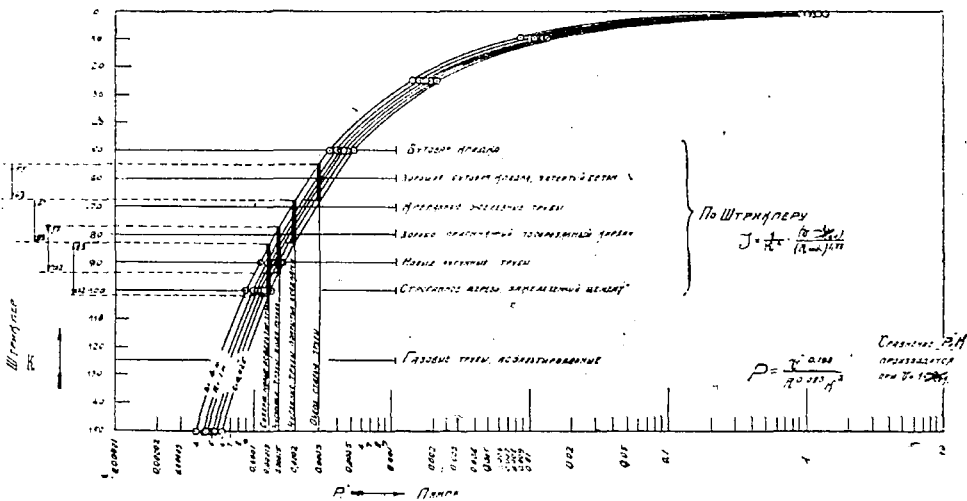
Числ. 23.111



Черт. 11.

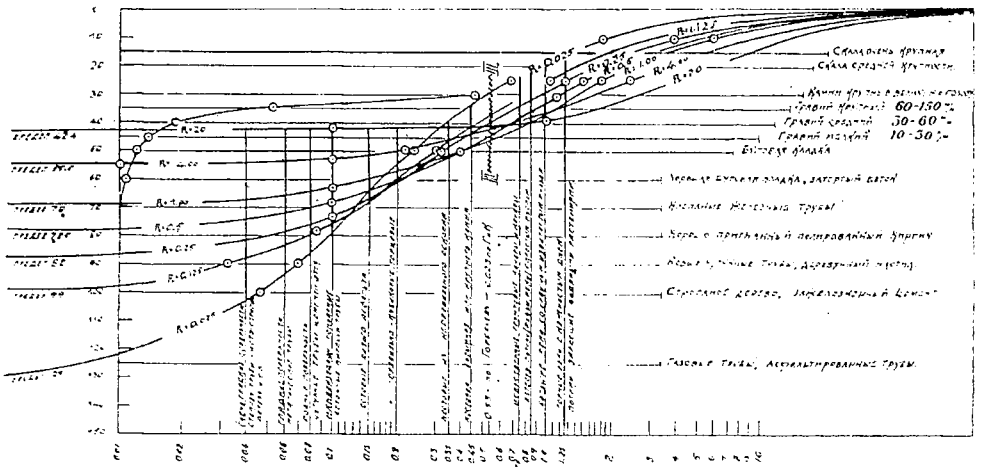
ШТРИХЛЕР П. Г. КУТТЕР

$$J = \frac{1}{2} \frac{v^2}{(R \gamma)^2}$$



Черт. 12.

живания их до приведения формулы Дарси к виду новейших формул. — говорит за то, что формулу Дарси давно надлежит оставить и вовсе ею не пользоваться.

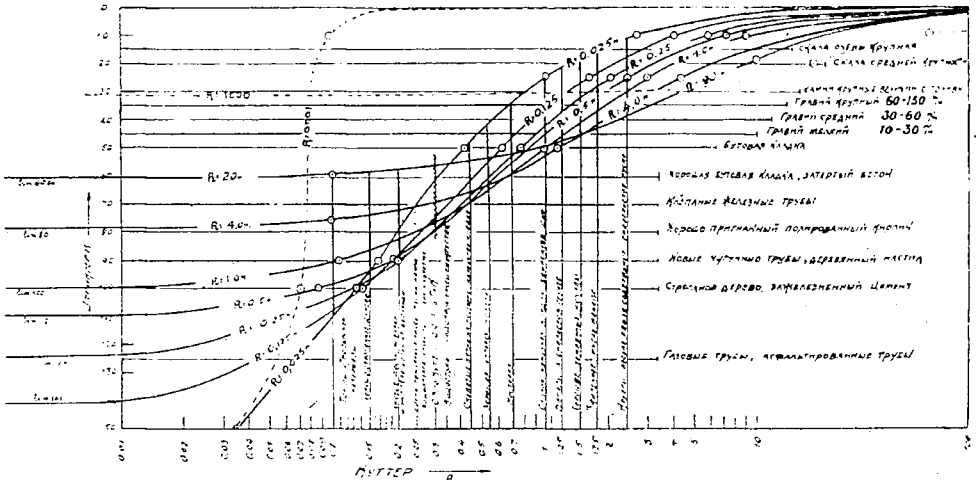


Черт. 13.

ФОРМУЛЫ МАШИНГА и т. п.

Строение показательных формул типа $I = k \cdot R^n$ (v^2) (формулы Штриклера (сокращенная), Машинга, Фаннинга, Христеня, Форхте, Мера и др.) учитывает лишь гидравлическое сопротивление, зависящее от затраты энергии на поддержание

$$\text{ШТРИКЛЕР КУТТЕР } v_{\text{кр}} = \frac{100 \sqrt{R}}{R} \sqrt{v}$$



Черт. 14.

турбулентности потока, пренебрегая силами внутреннего трения. Поэтому формулы рассматриваемого типа применимы лишь для случаев резко турбулентного режима. (Потоки со значительными сечением, шероховатостью русла, и скоростью течения). Из числа формул рассматриваемого типа наиболее согласованными с данным опытом следует признать формулу сокращенную Штриклера и Машинга.

ФОРМУЛЫ ЛАМПЕ и т. п.

Строение показательных формул типа $I = k \cdot R^m \cdot r^n$, где $n < 2$ (формулы Лампе, Рейнольда, Вольтмана, Сен-Венана и др.), учитывая влияние сил внутреннего трения, — предполагает постоянство соотношения между этими силами и силами турбулентности, не зависимо от величины гидравлического радиуса и скорости течения. Эта особенность строения формул рассматриваемого типа ограничивает область их применения. Однако, в тех пределах, в каких формулы обоснованы экспериментальными данными, — формулы этого типа надлежит признать допустимыми для расчетов.

Сопоставление формул наглядно видно из чертежей №№ 6 и 7, характера построения величины „С“ черт. № 8, срока службы труб черт. № 9 и зависимостей величин коэффициентов шероховатостей по различным формулам черт. №№ 10, 11, 12, 13 и 14.

На основании всего сказанного можно сделать следующие выводы:

Трудность построения универсальной формулы для вычисления гидродинамического сопротивления при равномерном движении жидкости заключается в том, что такая формула должна учитывать два вида сопротивления, подчиняющиеся разным законам.

Формула Штриккера (полная) теоретически наиболее удовлетворительна в отношении принципов построения, имея два компонента — линейный и квадратный.

В то же время формула эта наиболее близко согласуется с данными опыта. Формула Штриккера всецело должна быть рекомендована для расчетов. Конечно, сравнительная сложность будет препятствовать широкому ее распространению, до тех пор пока не будут составлены расчетные таблицы¹⁾.

В качестве приближенных выражений, пригодных для определенных, узких пределов изменения условий движения жидкости, — вполне пригодны уравнения показательного вида $I = A \cdot r^m \cdot R^n$, где коэффициент A зависит от шероховатости.

При $n < 2$ формулы этого вида (Лампе, Рейнольде) предназначаются для слабо турбулентного движения, при котором линейным компонентом, выражающим часть сопротивления, зависящую от внутреннего трения жидкости нельзя пренебречь.

При $n = 2$ формулы показательного вида являются приближенным выражением, пригодным для сильно турбулентного движения, причем линейным компонентом — пренебрегается.

К виду $I = k \cdot r^2 \cdot R^2$ стремится при возрастании турбулентности формула Штриккера, которая в этом случае обращается в формулу Маннинга.

Все прочие формулы более сложного вида, чем показательные, не имеют никаких преимуществ перед последними в отношении соответствия опытным данным.

Что же касается теоретического анализа принципов построения этих формул, — то в этом отношении все они не выдерживают критики.

Поэтому применение таких формул может быть оправдано лишь традицией, наличием удобных таблиц, хорошо разработанных на практике, шкалой коэффициентов шероховатости и другими подобными достоинствами, обобщающими технику вычислений.

Послан в печать по настоящему докладу общее с предыдущим и последующим докладами.

¹⁾ Расчетные таблицы и номограммы прорабатываются и в ближайшее время будут изданы авторами настоящей статьи.

НОВАЯ ФОРМУЛА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ В ТРУБАХ И КАНАЛАХ.

(Доложен в утреннем заседании секции 10-го мая 1927 г.).

Председательствовал г-н Д. Н. Динамидзе.

Доклад напечатан отдельной брошюрой. г. Пенза 1928 г.

По докладам проф. Горбачева, инж. Михеева и инж. Теплова съездом вынесено постановление:

Признавая важность правильного выбора формул во избежание преувеличения суровительной стоимости водопроводных и канализационных сооружений при обеспечении требуемой пропускной способности, необходимо образовать Комиссию при Постоянном бюро для разработки вопроса к следующему водопроводному съезду и передать ей следующие доклады.

Вместе с тем отметить экономическую целесообразность расходования средств на производство опытов для определения числовых коэффициентов в формулах и тем, иными как в трубах, так и в фасонных частях сети.

У. Доклады, незаслушанные на с'езде.

(Печатается в качестве материала).

Доклад инж. В. Г. ЛОБАЧЕВА.

УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ.

Расчет водопроводных сетей состоит главным образом из определения сопротивления трения в трубах, местных сопротивлений и свободного напора необходимого для истечения определенного количества жидкости из данного отверстия.

Указанные величины выражаются обычно довольно сложными формулами и эти формулы имеют мало сравнимый вид.

Задача настоящей работы привести указываемые ниже формулы к одному виду, имеющему наиболее простое выражение.

1. Потеря напора на трение.

Потеря напора на трение жидкости о стенки трубы может быть получена из общеизвестной формулы «Шези»

$$r = c \sqrt{Ri} \dots \dots \dots (1)$$

где c — коэффициент зависящий от диаметра трубы и скорости $c = \varphi(rd)$ (у различных авторов c различно);

R — гидравлический радиус (для круглых труб, работающих полным сечением $R = \frac{d}{4}$);

i — потеря напора на единицу длины равная отношению полной потери H на длину трубопровода l , т. е. $i = \frac{H}{l}$.

Так как расход жидкости может быть выражен через скорость, а именно $Q = Fv$ или для круглых труб $Q = \frac{\pi d^2}{4} v$, то вставляя выражение гидравлического радиуса и скорости в формулу (1) и делая преобразования получаем

$$Q^2 = \left[\frac{\pi d^2}{4} c \right]^2 \frac{d}{4} i = \frac{\pi^2 c^2}{64} \frac{d^5}{l} H.$$

Если обозначить

$$\frac{\pi^2 c^2}{64} d^5 = k$$

величине постоянной для трубопроводов определенного диаметра и вводя далее обозначение

$$\frac{k}{l} = B_T$$

окончательно получим

$$Q^2 = B_T H \dots \dots \dots (2)$$

Указанная формула (2) может быть получена из всех формул, у которых Q не зависит от скорости, каковыми являются например формулы Куттера, Дарси, Маннинга, Горбачева, Базена и других.

Тот же вывод формулы (2) легко получается, если потеря напора выражается формулами вида:

$$i = \varphi(d) \frac{Q^2}{d^5},$$

а именно тогда

$$Q^2 = \frac{H}{l} \frac{d^5}{\varphi(d)}$$

или обозначая

$$\frac{d^5}{\varphi(d)} = k$$

и далее

$$\frac{k}{l} = B_T$$

получаем

$$Q^2 = B_T H.$$

Величину « B_T » возможно назвать характеристикой трения данного трубопровода. Далее мы увидим какого рода обобщения и упрощения позволяет делать введенное нами понятие о характеристике. Как видим характеристика трения зависит только от следующих величин:

- 1) диаметра трубопровода.
- 2) длины его и

3) выбранной нами для расчета формулы, т. е. величины $c = \varphi(d)$ и если диаметр трубопровода задан и формула выбрана, то $B_T = const.$ и по формуле (2) возможно легко по расходу определить напор и наоборот.

II. Потеря напора на местные сопротивления (задвижки, повороты, разветвления и проч.).

Формула для определения потерь от местных сопротивлений обычно пишется в таком виде

$$H = \Sigma \xi \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (3)$$

где ξ — численный коэффициент различный для различного рода сопротивлений;
 v — скорость;
 g — ускорение силы тяжести.

Вводя в эту формулу выражение скорости (для круглых труб)

$$v = \frac{Q}{\pi d^2} \cdot \frac{1}{4}$$

и для преобразование получаем

$$Q^2 = \frac{\pi^2 d^4 2g}{16 \Sigma \xi} H$$

обозначая

$$\frac{\pi^2 d^4 2g}{16} = k_c$$

и далее

$$\frac{K_c}{\Sigma \xi} = B_c$$

окончательно имеем

$$Q^2 = B_c H \dots \dots \dots (4)$$

Величину B_c — возможно назвать характеристикой местных сопротивлений.

Характеристика B_c зависит только от следующих величин:

- 1) диаметр трубопровода и
- 2) рода сопротивлений (отвод, задвижка, упрочение, тройник, водемер и пр.).

III. Истечение жидкости.

Формула истечения жидкости из какого-либо отверстия обычно пишется в виде.

$$Q = \mu F \sqrt{2gH} \dots \dots \dots (5)$$

где Q — расход;

μ — коэффициент расхода;

F — площадь сечения отверстия (для круглой формы $F = \frac{\pi d^2}{4}$);

g — ускорение силы тяжести;

H — напор, под которым происходит истечение.

Возводи обе части формулы (5) в квадрат получаем:

$$Q^2 = \frac{\mu^2 \pi^2 d^4}{16} 2gH$$

и обозначая

$$\frac{\pi^2 d^4 2g}{16} = K_u$$

и далее $Q^2 = K_u B_u$

окончательно имеем $Q^2 = K_u H$.

Величину B_u возможно назвать характеристикой истечения. Она зависит только от следующих величин:

- 1) диаметра отверстия и
- 2) коэффициента расхода.

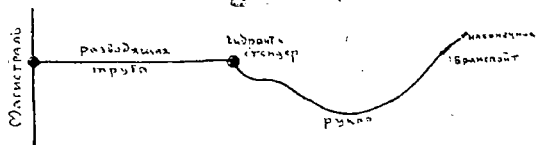
Таким образом приведенные формулы имеют совершенно подобный вид и читаются так: квадрат расхода равен произведению характеристики на напор.

Указанный вид формул позволяет ввести обобщения в понятия о последовательном и параллельном соединениях.

Последовательное соединение.

Используя выведенными формулами возможно вычислять всевозможные случаи последовательного соединения не только труб различного диаметра и длины, но и местные сопротивления и истечения жидкости.

Так например соединение вида, указанного на нижеприводимой схеме (черт. № 1), где последовательно соединены: а) разводящая труба, гидрант, стендер, плуг, бранспойт и наконечник со свободным истечением жидкости.



Черт. 1.

а) разводящая труба, гидрант, стендер, плуг, бранспойт и наконечник со свободным истечением жидкости.

При последовательном соединении расход по системе остается постоянным для всех компонент ее. Из общей формулы $Q^2 = BH$ получим

$$H_1 = \frac{Q^2}{B_1}; \quad H_2 = \frac{Q^2}{B_2}; \quad H_3 = \frac{Q^2}{B_3}; \quad \dots \quad H_n = \frac{Q^2}{B_n}.$$

П так как при последовательном соединении потери напора от отдельных компонент соединены складываются, то полная потеря напора будет

$$H = H_1 + H_2 + \dots + H_n = Q^2 \left[\frac{1}{B_1} + \frac{1}{B_2} + \frac{1}{B_3} + \dots + \frac{1}{B_n} \right]$$

если обозначить сумму

$$\left(\frac{1}{B_1} + \frac{1}{B_2} + \frac{1}{B_3} + \dots + \frac{1}{B_n} \right) = \frac{1}{B_s},$$

то

$$H = \frac{Q^2}{B_s} \quad \text{или} \quad Q^2 = B_s H$$

т. е. если ввести понятие об эквивалентной характеристике системы, которая для последовательного соединения выражается формулой

$$B_s = \frac{1}{\frac{1}{B_1} + \frac{1}{B_2} + \dots + \frac{1}{B_n}}$$

то указанной характеристикой (эквивалентной характеристикой системы) возможно пользоваться для определения расхода в системе по напору и наоборот. При заданных размерах последовательно соединенной системы величина эквивалентной характеристики величина постоянная (определенная).

Параллельное соединение.

Точно таким же образом возможно вывести зависимость и для параллельного соединения компонент системы. Для параллельного соединения расходы по отдельным компонентам системы складываются, напор же остается постоянным.

Из общей формулы $Q^2 = BH$ имеем

$$Q_1 = \sqrt{H} \sqrt{B_1}; \quad Q_2 = \sqrt{H} \sqrt{B_2}; \quad Q_3 = \sqrt{H} \sqrt{B_3}; \quad \dots \quad Q_n = \sqrt{H} \sqrt{B_n}$$

и складывая получаем

$$Q = \sum_{1, 2, 3, \dots, n} Q_n = \sqrt{H} (\sqrt{B_1} + \sqrt{B_2} + \sqrt{B_3} + \dots + \sqrt{B_n})$$

обозначая далее

$$(\sqrt{B_1} + \sqrt{B_2} + \sqrt{B_3} + \dots + \sqrt{B_n}) = \sqrt{B_s}$$

получаем

$$Q = \sqrt{H} \sqrt{B_s} \quad \text{или} \quad Q^2 = H B_s$$

т. е. если ввести для параллельного соединения обозначение эквивалентной характеристики

$$B_s = (\sqrt{B_1} + \sqrt{B_2} + \dots + \sqrt{B_n})^2,$$

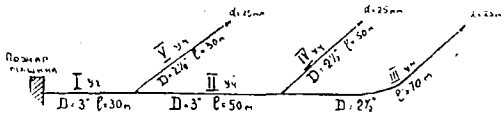
то указанной характеристикой возможно пользоваться для определения потери напора системы при заданном расходе и наоборот.

При заданной системе и всех ее элементов величина эквивалентной характеристики величина постоянная (определена).

Приведенный метод позволяет помощью введенного понятия о характеристиках решать полностью без подбора все задачи, относящиеся к разветвленным водопроводам.

Покажем на примерах применение этого метода. Необходимо только оговориться, что для быстрого решения задач этим методом необходимо иметь или таблицы характеристик (подобные таблицам единичных потерь) или графики.

Пример 1-й.



Черт. 2.

Пожарная машина производит только $Q = 2000$ л/мин. при давлении 9 атм. работает при указанной на приводимой ниже схеме соединений и размерах рукавов и наконечников. Рукава пенные $D = 2\frac{1}{2}$ ". Диаметры наконечников

$d = 25$ мм. Требуется определить расход по каждому рукаву (черт. № 2).

Для определения потерь напора в шлангах данный метод требует применения формулы независимой от скорости. Применим в данном случае формулу Дарси с коэффициентом 1,5, которая при тех скоростях, которые получаются обычно в шлангах, дает довольно близкие результаты к подсчетам, произведенным по формуле Искоковича.

(Формула Дарси применена в данном случае только для того, чтобы показать применение метода).

Формула Дарси с коэффициентом 1,5 имеет вид

$$i = \frac{H}{l} \left(0,001645 + \frac{0,00004206}{d} \right) 1,5 \frac{Q^2}{d^5}$$

отсюда величина K — будет

$$K = \frac{d^5}{\left(0,001645 + \frac{0,00004206}{d} \right) 1,5}$$

Для $D = 3'' = 0,0762$ м.

$$K = \frac{0,0762^5}{\left(0,001645 + \frac{0,00004206}{0,0762} \right) 1,5} = \frac{0,256 \cdot 10^{-5}}{3,47 \cdot 10^{-3}} \quad K = \infty 7,8 \cdot 10^{-4}$$

Для $D = 2\frac{1}{2}'' = 0,0635$ м.

$$K = \frac{0,0635^5}{\left(0,001645 + \frac{0,00004206}{0,0635} \right) 1,5} = \frac{0,103 \cdot 10^{-5}}{3,47 \cdot 10^{-3}}$$

$$K = 2,97 \cdot 10^{-4} = \infty 3,0 \cdot 10^{-4}$$

Составляем таблицу:

Л. часток	D	l	K	$B = \frac{K}{l}$	$\frac{1}{B}$	\sqrt{B}
I	3''	30	$7,8 \cdot 10^{-4}$	$26,0 \cdot 10^{-6}$	$0,0384 \cdot 10^6$	$5,10 \cdot 10^{-3}$
II	3''	50	$7,8 \cdot 10^{-4}$	$15,6 \cdot 10^{-6}$	$0,064 \cdot 10^6$	$3,95 \cdot 10^{-3}$
III	$2\frac{1}{2}''$	70	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$4,1 \cdot 10^{-6}$	$0,244 \cdot 10^6$	$2,02 \cdot 10^{-3}$
IV	$2\frac{1}{2}''$	50	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$6,0 \cdot 10^{-6}$	$0,167 \cdot 10^6$	$2,45 \cdot 10^{-3}$
V	$2\frac{1}{2}''$	30	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$10,0 \cdot 10^{-6}$	$0,10 \cdot 10^6$	$3,17 \cdot 10^{-3}$

Характеристика истечения через наконечник $d = 25$ мм будет:

$$B_u = \frac{\pi^2 \cdot 2g}{16} d^4$$

(для наконечника принимаем для упрощения $\mu = 1$)

$$B_u = \frac{\pi^2 \cdot 2g}{16} \cdot 0,025^4 = \frac{9,87 \cdot 19,62}{16} \cdot 39 \cdot 10^{-8}$$

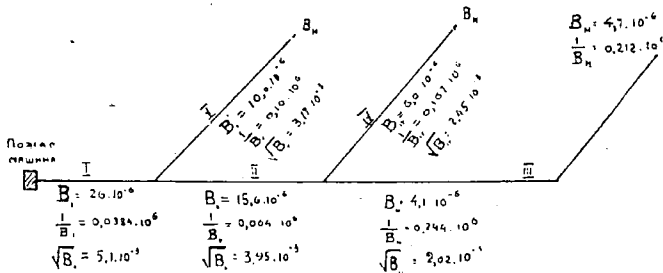
$$B_u = 4,7 \cdot 10^{-6} \quad \frac{1}{B_u} = 0,212 \cdot 10^6$$

Решение:

Штанг III и наконечник из нем $d = 25$ соединены последовательно, отсюда

$$\frac{1}{B_s} = \frac{1}{B_{III}} + \frac{1}{B_u} = (0,244 + 0,212) \cdot 10^6 = 0,456 \cdot 10^6$$

$$B_s^{III} = 2,19 \cdot 10^{-6}$$



Черт. 3.

Штанг IV и наконечник $d = 25$ мм соединены последовательно, отсюда

$$\frac{1}{B_s^{IV}} = \frac{1}{B_{IV}} + \frac{1}{B_u} = (0,167 + 0,212) \cdot 10^6 = 0,379 \cdot 10^6$$

т.е. где

$$B_s^{IV} = 2,63 \cdot 10^{-6}$$

Шланги III и IV соединены параллельно, следовательно

$$\sqrt{B_s^{III+IV}} = \sqrt{B_s^{III}} + \sqrt{B_s^{IV}}$$

или

$$\sqrt{B_s^{III+IV}} = (\sqrt{2.19} + \sqrt{2.63}) \cdot 10^{-3} = (1.48 + 1.62) \cdot 10^{-3} = 3.10 \cdot 10^{-3}$$

$$\sqrt{B_s^{III+IV}} = 3.10 \cdot 10^{-3}$$

$$B_s^{III+IV} = 9.61 \cdot 10^{-6}$$

$$\frac{1}{B_s^{III+IV}} = 0.104 \cdot 10^6$$

Шланг II соединен со шлангами III и IV последовательно, отсюда

$$\frac{1}{B_s^{II}} = \frac{1}{B_{II}} + \frac{1}{B_s^{III+IV}} = (0.064 + 0.104) \cdot 10^6 = 0.168 \cdot 10^6$$

$$B_{sk}^{II} = 5.95 \cdot 10^{-6}$$

Шланг IV и наконечник $d = 25$ соединены последовательно, отсюда

$$\frac{1}{B_s^V} = \frac{1}{B_V} + \frac{1}{B_n} = (0.100 + 0.212) \cdot 10^6 = 0.312 \cdot 10^6$$

или

$$B_s^V = 3.2 \cdot 10^{-6}$$

Шланг V соединен со шлангом II параллельно, следовательно

$$\sqrt{B_s^{II+V}} = \sqrt{B_s^{II}} + \sqrt{B_s^V} = (\sqrt{5.95} + \sqrt{3.2}) \cdot 10^{-3} = (2.44 + 1.79) \cdot 10^{-3}$$

и далее

$$\sqrt{B_s^{II+V}} = 4.23 \cdot 10^{-3}; \quad B_s^{II+V} = 17.9 \cdot 10^{-6}; \quad \frac{1}{B_{II+V}} = 0.0559.$$

Шланг I соединен с шлангами II и V последовательно, откуда

$$\frac{1}{B_s^I} = \frac{1}{B_{II+V}} + \frac{1}{B^I} = (0.0559 + 0.0384) \cdot 10^6 = 0.0943 \cdot 10^6$$

$$B_s^I = 10.6 \cdot 10^{-6}$$

Таким образом мы получаем эквивалентную характеристику всей системы соединения

$$B_s^I = 10.6 \cdot 10^{-6}$$

Теперь посмотрим пропустит ли наша система заданный расход 2000 л/мин. при заданном напоре 9 атм. = 90 м.

$$Q = 2000 \text{ л/мин.} = \frac{2000}{60} \text{ л/сек.} = \frac{2}{60} \text{ м}^3/\text{сек.} = 0.0333 \text{ м}^3/\text{сек.} \text{ этому расходу будет}$$

Труды с'езда.

соответствовать напор

$$H = \frac{Q^2}{B} = \frac{0,0333^2}{10,6 \cdot 10^6} = \frac{1109}{10,6} \cdot \frac{10^{-6}}{10^{-6}} = 105 \text{ м.}$$

или при заданном напоре $H = 90 \text{ м}$ расход будет $Q = \sqrt{B \cdot H} = \sqrt{10,6 \cdot 10^{-6} \cdot 90} = 30,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{сек} = 1850 \text{ л/мин.}$

Примем расход равным $2000 \text{ л/мин.} = 0,0333 \text{ м}^3/\text{сек}$ при увеличенном напоре $H = 10,5 \text{ атм.}$, тогда расходы по участкам V, IV и III определяются следующим образом:

Потеря напора на I участке будет

$$H = \frac{Q^2}{B_I} = \frac{0,0333^2}{26 \cdot 10^{-6}} = \frac{1109}{26} \cdot \frac{10^{-6}}{10^{-6}} = 42,7 \text{ м.}$$

Напор в точке A будет

$$H_A = 105 - 42,7 = 62,3 \text{ м.}$$

Расход по шлангу V будет

$$Q_V = \sqrt{B_V^V H_A} = \sqrt{3,2 \cdot 10^{-6} \cdot 62,3} = 14,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{сек.} = 14,1 \text{ л/сек.}$$

Потеря напора по шлангу V

$$H_V = \frac{Q_V^2}{B_V} = \frac{14,1^2 \cdot 10^{-6}}{10,0 \cdot 10^{-6}} = 19,9 \text{ м} \approx 20 \text{ м.}$$

Напор у наконечника V $h_V = 62,3 - 20 = 42,3 \text{ м.}$

Расход по шлангу II будет.

$$Q_{II} = (33,3 - 14,1) 10^{-3} \text{ м}^3/\text{сек} = 19,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Потеря напора в шланге II

$$H_{II} = \frac{Q_{II}^2}{B_{II}} = \frac{19,2^2 \cdot 10^{-6}}{15,6 \cdot 10^{-6}} = 23,6 \text{ м.}$$

Напор в точке B будет $H_B = 62,3 - 23,6 = 38,7 \text{ м.}$

Расход по шлангу IV будет

$$Q_{IV} = \sqrt{B_{IV} H_B} = 2,63 \cdot 10^{-6} \cdot 38,7 = 10,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Потеря напора в шланге IV будет

$$H_{IV} = \frac{Q_{IV}^2}{B_{IV}} = \frac{10,1^2 \cdot 10^{-6}}{6 \cdot 10^{-6}} = 17 \text{ м.}$$

Напор у наконечника будет $h_{IV} = 38,7 - 17 = 21,7.$

Расход по шлангу III будет

$$Q_{III} = \sqrt{B_{III} H^B} = \sqrt{2,19 \cdot 10^{-6} \cdot 38,7} = 9,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Потеря напора в шланге III

$$H_{III} = \frac{Q_{III}^2}{B_{III}} = \frac{85 \cdot 10^{-6}}{4.1 \cdot 10^{-6}} = 20,8 \text{ м.}$$

Напор у наконечника III будет

$$h_{III} = 38,7 - 20,8 = 17,9 \text{ м.}$$

Проверка

Полный расход по шлангам III, IV и V будет

$$Q = Q_{III} + Q_{IV} + Q_V = (14,1 + 10,1 + 9,2) \cdot 10^{-3} = 33,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{сек} \text{ вместо}$$

$$Q = 33,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Так как вычисления производились с помощью счетной линейки, то этот результат подсчета можно считать удовлетворительным.

Для упрощения в указанную задачу не введены в расчет местные сопротивления, так как это только усложнило бы подсчеты не внося принципиально ничего особенного в самый метод расчета.

Указанный метод возможно обобщить и применить его к формулам для определения потери на трение в трубопроводе имеющим вид

$$h = a \frac{Q^m}{d^k} \text{ или } Q^m = \frac{d^k}{a} H$$

$$\text{или обозначая } \frac{d^k}{a} = k' \text{ и далее } \frac{k'}{l} = B$$

$$\text{получаем } Q^m = BH.$$

Тогда величину $\frac{l}{B}$ — возможно назвать сопротивлением аналогично сопротивлению в электрических проводах, эту величину часто обозначают буквой «S», так что имеем сопротивление

$$S = \frac{l}{B}.$$

Величину $\frac{m}{B}$ возможно назвать проводимостью, аналогично проводимости в электрических проводах, указанную величину часто обозначают буквой p , так что имеем:

$$p = \frac{m}{B}$$

Отсюда видим, что понятие о характеристике обобщает собой понятия о сопротивлении и проводимости.

Применение формул, зависящих от скорости, имеющих вид $Q^m = BH$ (с показателем $m \neq 2$) осложняет ведение подсчетов, так как тогда получаются не одинаковые формулы для определения потерь на трение и местные сопротивления и для истечения жидкости. В большинстве случаев применение формул вида $Q^2 = BH$, не зависящих от скорости (с показателем $m = 2$) не вызывает особых сомнений и применение их довольно широко развито (Куттер, Базен, Дарси, Маннинг и пр.).

Поэтому учитывая вышеуказанное и те преимущества, какие дает однообразный вид формул для различного рода движений жидкости, в дальнейшем необходимо остановиться на формулах не зависящих от скорости (с показателем $m = 2$).

Применение формул с показателем $m=2$ имеет еще одно преимущество, а именно тогда метод расчета с введением понятия характеристик позволяет вести расчеты исключительно графическим путем.

Графический способ решения.

Как выведено ранее имеем следующую зависимость между расходами, напором и характеристикой

$$Q^2 = B \cdot H.$$

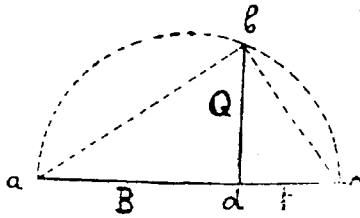
Если возьмем прямоугольный треугольник abc и из вершины прямого угла $\angle c$ опустим перпендикуляр bd на гипотенузу ac , то как известно получим соотношение $[bd]^2 = [ad][dc]$.

Если принять

$$[bd] = Q \text{ (расход)}$$

$$[ad] = B \text{ (характер.)}$$

$$[dc] = H \text{ (напор)}$$



Черт. 1.

то получим (черт. № 4) $Q = BH$, т. е. нужное нам соотношение между расходом, характеристикой и напором.

Пример 1.

Дана труба $d = 100 \text{ мм} = 0.100 \text{ м}$. Длина ее 400 м. Определить потерю напора при расходах $Q = 5, 10, 15 \text{ л/сек}$. Применим для расчета формулу Мэннинга с коэффициентом $n = 0.012$. По этой формуле для трубы $d = 100 \text{ мм} = 0.100 \text{ м}$ получим $K^2 = 3.13 \cdot 10^{-3}$ (в метровом измерении).

Если расход Q — принимать в литрах, то основная формула

$$Q^2_{\text{л/сек}} = B_{\text{л/сек}} \cdot H_{\text{м}}$$

принимает вид

$$Q^2_{\text{л/сек}} = B_{\text{л/сек}} H_{\text{м}} \cdot 10^6 = (B_{\text{л/сек}} \cdot 10^3) H_{\text{м}}$$

В нашей задаче

$$B \frac{\text{л}^5}{\text{сек}^2} = \frac{K}{L} = \frac{3.13}{400} \cdot 10^{-3}$$

Тогда окончательно.

$$(Q \text{ л/сек})^2 = \frac{3.13 \cdot 10^{-3}}{400} \cdot 16^6 H = 7.84 H$$

Графическое решение (черт. № 5).

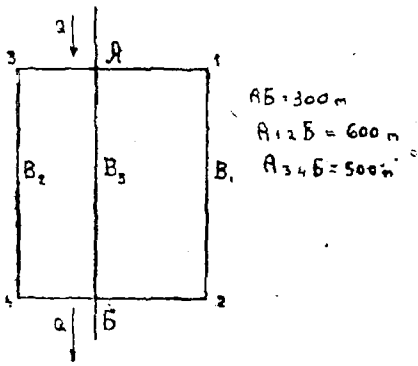
Проводим две перпендикулярных оси $x-x$ и $y-y$. От точки пересечения их O^c , откладываем вверх по оси $Y-Y$ величину $B = 7.84$, получаем точку

1) По Мэннингу имеем $v = \frac{1}{n} \left(\frac{d}{4} \right)^{2/3}$ и сюда при приведении этого вида формулы к виду формулы «Шези» $v = c \sqrt{ki}$ получим $C = \frac{1}{n} \cdot K^{1/2} = \frac{1}{0.012} \cdot \left(\frac{4}{d} \right)^{1/3} = \frac{1}{0.012} \left(\frac{0.1}{4} \right)^{1/3} = 45.2$.

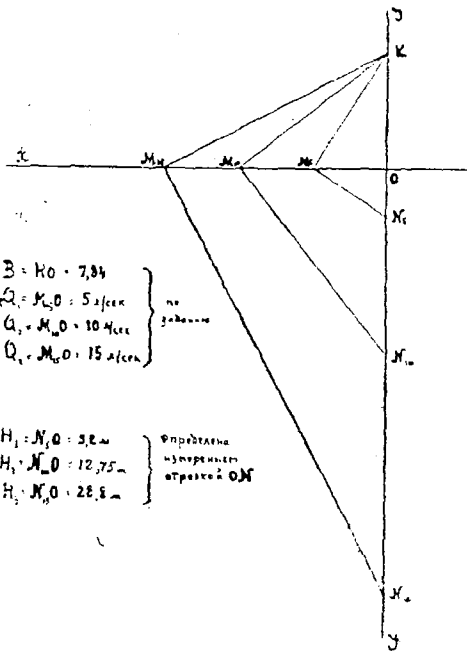
$$K = \frac{2c^2}{64} \cdot d^5 = \frac{2 \cdot 45.2^2}{64} \cdot 0.1^5 = 3.13 \cdot 10^{-3}$$

K , по осп $X-X$ вправо расходы $Q = 5$ л/сек; 10 л/сек; 15 л/сек. получаем точки M_5, M_{10}, M_{15} . соединив точку K последовательно с M_5, M_{10}, M_{15} и проведя из точек M_5, M_{10}, M_{15} перпендикуляры к линиям KM_5, KM_{10}, KM_{15} получаем при пересечении этих перпендикуляров с осью $Y-Y$ точки N_5, N_{10}, N_{15} отрезки ON_5, ON_{10}, ON_{15} и дадут нам величины потери напора H .

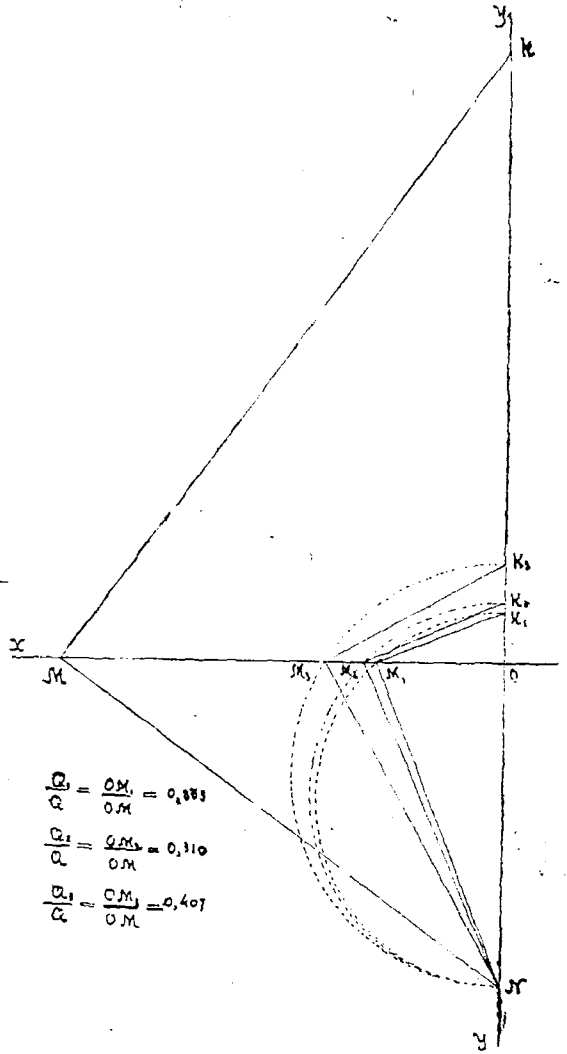
Схема сети



Черт. 5.



Черт. 6.



Черт. 7.

Пример 2-ой.

Задача более общего характера.

Дана сеть по приводимой ниже схеме. трубы все одного диаметра¹⁾. Определить как распределится расход по отдельным ветвям (черт. № 6).

Определяем характеристики B_1, B_2, B_3 .

$$B_3 = \frac{h}{300} \quad B_2 = \frac{h}{500} \quad B_1 = \frac{h}{600}$$

Так как общая формула

$$Q^2 = BH \dots \frac{h}{l} \times H, \text{ то величины } \frac{h}{1000} = \varphi$$

можно считать некоторым масштабом (нам неизвестным, так как не даны величины диаметров сети) тогда

$$B_3 = \varphi \times 3.33 \quad B_2 = \varphi \times 2.0 \quad B_1 = \varphi \times 1.666.$$

По условию задачи трубопроводы соединены параллельно, поэтому эквивалентная характеристика будет

$$\begin{aligned} B_3 &= (\sqrt{B_1} + \sqrt{B_2} + \sqrt{B_3})^2 = (\sqrt{\varphi \cdot 3.33} + \sqrt{\varphi \cdot 2.0} + \sqrt{\varphi \cdot 1.66})^2 \\ &= \varphi (1.82 + 1.41 + 1.29)^2 = 20.4 \cdot \varphi. \end{aligned}$$

Откладываем на оси $Y-Y'$ вверх от точки „ O “ величины характеристик B_1, B_2, B_3 и $B_{\text{эк}}$. — $OK_1 - OK_2 - OK_3 - OK$ в каком-либо масштабе, и на оси $X-X'$ влево от точки „ O “ любую величину расхода. Тогда соединив точку K (соответствующую эквивалентной характеристике системы $B_{\text{эк}}$) с точкой расхода M и проведем из точки M перпендикуляр к линии KM , получаем при пересечении этого перпендикуляра с осью $Y-Y'$ точку N . ON — будет величина потерянтого напора (черт. № 7).

Так как в задаче соединение труб параллельное, то потери напора в каждой ветви должна быть одной и той же и равной — ON .

Отсюда следует решение:

Построив как на диаметрах на линиях NK_1, NK_2, NK_3 полуокружности, получим на оси $X-X'$ отрезки OM_1, OM_2, OM_3 , соответствующие расходам по ветвям, и, взяв отношение линий $\frac{OM_1}{OM}, \frac{OM_2}{OM}, \frac{OM_3}{OM}$, получим величины тех частей общего расхода, которые идут по отдельным ветвям. В данном примере произведя измерения линий в одном масштабе получаем

$$\frac{OM_1}{OM} = 0.283; \quad \frac{OM_2}{OM} = 0.310; \quad \frac{OM_3}{OM} = 0.407.$$

Таким образом полный расход Q распределится:

по ветви	$AB = 0.407 Q$
$A-3-4-B$	$= 0.310 Q$
$A-1-2-B$	$= 0.383 Q$
Всего	$= 1.000 Q$

Эта же задача может быть решена еще проще без подсчета эквивалентной характеристики $B_{\text{эк}}$.

Отложив на оси $Y-Y'$ величины характеристик $B_1 - OK_1; B_2 - OK_2$ и $B_3 - OK_3$ и задавшись какой-либо потерей напора ON , на отрезках NK_1, NK_2, NK_3 , строим как на диаметрах полуокружности, эти полуокружности отсекут на оси $X-X'$ отрезки $OM_1; OM_2$ и OM_3 . Затем взяв отношения:

$$\frac{OM_1 + OM_2 + OM_3}{OM_1}; \quad \frac{OM_2}{OM_1 + OM_2 + OM_3}; \quad \frac{OM_3}{OM_1 + OM_2 + OM_3}.$$

Получим части общего расхода, распределенные по отдельным ветвям системы.

В нашем случае

$$\begin{aligned} OM &= OM_1 + OM_2 + OM_3 \\ \frac{OM_1}{OM} &= 0.283 \quad \frac{OM_2}{OM} = 0.310 \quad \frac{OM_3}{OM} = 0.407. \end{aligned}$$

1) Всякую систему трубопроводов легко привести к системе с трубами одного диаметра, заменить длины линий эквивалентными длинами.

Приведенные примеры позволяют, убедиться в той широкой возможности решения самых разнообразных задач, относящихся к движению жидкости, пользуясь обобщенной формулой $Q = \sqrt{KH}$, применяя аналитический или графический способ решения.

Но, как видно из тех же примеров, для успешного применения этого метода и быстрого получения результатов надо иметь возможность быстро наладить характеристики. Для этой цели далее приводятся таблицы и графики, которые позволяют это делать.

Графики и таблицы.

При определенных характеристиках трения жидкости мы имеем формулу $V = \frac{K}{l}$ где $K = \frac{\pi^2 C^2}{64} \times d^5$ и C есть коэффициент общей формулы Шези $r = C \sqrt{Ri}$.

Поэтому прежде чем составлять таблицы для K , необходимо выбрать расчетную формулу (C — зависит от выбранной формулы). В данной работе остановимся на формуле Маннинга с коэффициентом $n = 0,012$ на основании следующих соображений:

1) Величина C в формуле Маннинга не зависит от скорости движения жидкости, что необходимо ввиду принятых посылок, положенных в основание при выводе формулы $Q^2 = \sqrt{KH}$.

2) Формула Маннинга дает результаты для малых труб весьма близкие к формуле Дарси с коэф. 1,5 и для труб с диаметром большим $d = 200$ мм, к формуле Куттера с коэф. $m = 0,25$ и как бы объединяет лучшие результаты, получаемые по формуле Дарси и Куттера.

Формула Маннинга имеет вид

$$r = \frac{1}{n} \cdot R^{1/4} \sqrt{Ri}$$

отсюда величина $C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/4}$. Принимая во внимание, что $n = 0,012$ и $R = \frac{d}{4}$ получаем выражение для для K следующего вида

$$K_T = \frac{\pi^2 C^2}{64} d^5 = \frac{\pi^2 \left(\frac{d}{4}\right)^{1/4}}{0,012^2 \cdot 64} d^5 = \frac{\pi^2}{0,012^2 \cdot 64 \sqrt{4}} \cdot d^{5,333} = 674,6 d^{5,333}$$

На основании этой формулы составлена нижеследующая таблица для величин K_T .

Таблица величин K_T
для определения характеристики трения в трубопроводах

Диаметр в мм	Величина K_m [м ² /сек.] ³	Диаметр в мм	Величина K [м ² /сек.] ²	Диаметр в мм	Величина K [м ² /сек.] ²
40	$2,36 \cdot 10^{-5}$	250	$4,15 \cdot 10^{-1}$	700	$1,01 \cdot 10^3$
50	$7,76 \cdot 10^{-5}$	300	1,10	800	$2,05 \cdot 10^2$
75	$6,75 \cdot 10^{-4}$	350	2,50	900	$3,85 \cdot 10^2$
100	$3,13 \cdot 10^{-3}$	400	5,09	1000	$6,75 \cdot 10^2$
125	$1,03 \cdot 10^{-2}$	450	9,52	2100	$1,78 \cdot 10^3$
150	$2,72 \cdot 10^{-2}$	500	$1,67 \cdot 10^1$	1500	$5,86 \cdot 10^3$
200	$1,26 \cdot 10^{-1}$	600	$4,42 \cdot 10^1$	2000	$2,72 \cdot 10^4$

По этой таблице легко находить характеристику трения в трубопроводе (зная его длину) простым делением табличной величины K_T на длину трубопровода. При этом надо заметить, что если в дальнейшем при расчетах пользоваться выражением расхода Q в литрах в секунду, то табличную величину K_T надо множить на величину 10^6 .

Для более легкого получения характеристик местных сопротивлений составлена нижеследующая таблица для величин K_c (для круглых труб).

$$\text{Величина } K_c = \frac{\pi^2 \cdot 2g}{16} d^4 \quad \text{или} \quad K_c = 12,106 d^4.$$

Таблица величин K_c
(для определения характеристик местных сопротивлений)

Диаметр в мм	Величина K_c	Диаметр в мм	Величина K_c	Диаметр в мм	Величина K_c
12,5	$0,296 \cdot 10^{-6}$	75	$383 \cdot 10^{-6}$	300	$98100 \cdot 10^{-6}$
20	$1,94 \cdot 10^{-6}$	100	$1210 \cdot 10^{-6}$	350	$182000 \cdot 10^{-6}$
25	$4,72 \cdot 10^{-6}$	125	$2960 \cdot 10^{-6}$	400	$310000 \cdot 10^{-6}$
40	$31,0 \cdot 10^{-6}$	150	$6130 \cdot 10^{-6}$	450	$496000 \cdot 10^{-6}$
50	$75,7 \cdot 10^{-6}$	200	$19400 \cdot 10^{-6}$	500	$767000 \cdot 10^{-6}$
70	$291,0 \cdot 10^{-6}$	250	$47300 \cdot 10^{-6}$	600	$1565000 \cdot 10^{-6}$

По этой таблице характеристика местного сопротивления находится простым делением табличной величины K_c на сумму коэффициента местных сопротивлений отнесенных к одному диаметру).

Таблица составлена для округленных значений малых диаметров труб в виду того, что для указанных труб не существует стандартизированных размеров внутренних диаметров.

Для истечения жидкости из круглого отверстия тоже составлена таблица величин K_u .

Величина $K_u = \frac{\pi^2 \cdot 2g}{16} d^4$ совершенно подобна величине K_c для местных сопротивлений.

Так как величины отверстий совершенно не нормированы и главное применение могут найти при расчете пожарных струй, то таблица составлена в пределах от 8 до 50 мм.

Таблица величин K_u
(для определения характеристик истечения)

Диаметр в мм	Величина K	Диаметр в мм	Величина K	Диаметр в мм	Величина K
8	$0,0496 \cdot 10^{-6}$	22	$2,84 \cdot 10^{-6}$	36	$20,3 \cdot 10^{-6}$
10	$0,121 \cdot 10^{-6}$	24	$4,02 \cdot 10^{-6}$	38	$25,2 \cdot 10^{-6}$
12	$0,251 \cdot 10^{-6}$	26	$5,53 \cdot 10^{-6}$	40	$31,0 \cdot 10^{-6}$
14	$0,465 \cdot 10^{-6}$	28	$7,44 \cdot 10^{-6}$	42	$37,7 \cdot 10^{-6}$
16	$0,793 \cdot 10^{-6}$	30	$9,81 \cdot 10^{-6}$	44	$45,4 \cdot 10^{-6}$
18	$1,27 \cdot 10^{-6}$	32	$12,70 \cdot 10^{-6}$	46	$54,2 \cdot 10^{-6}$
20	$1,94 \cdot 10^{-6}$	34	$16,10 \cdot 10^{-6}$	48	$64,3 \cdot 10^{-6}$
				50	$75,7 \cdot 10^{-6}$

Величину характеристики B_n возможно получать умножением табличной величины на квадрат коэффициента расхода μ , т. е. на μ^2 .

Для возможности более быстрых подсчетов возможно составить графики.

Составление графиков сводится к составлению двух номограмм.

1) Номограммы для определения характеристик сопротивления трению и

2) Номограммы для определения характеристик как местных сопротивлений так и истечения из отверстий.

II. Номограмма для определения характеристик сопротивления движению жидкости в трубе (черт. № 8).

Номограмма составлена следующим образом: по оси ординат отложены в логарифмической анаморфозе длины трубопроводов. По оси абсцисс тоже в логарифмической анаморфозе величины характеристик B . Внизу номограммы на двух линиях параллельных оси абсцисс нанесены величины $\frac{1}{B}$ и \sqrt{B} соответствующие шкале B .

Кроме того на этой номограмме нанесены наклонные линии диаметров.

Пользование номограммой.

Взяв отсчет длины трубопровода на оси ординат, проведем линию параллельную оси абсцисс до пересечения с наклонной линией нужного нам диаметра, далее опускаясь от полученной точки вниз по линии параллельной оси ординат на шкале B читаем отсчет характеристики B_1 и продолжая линию далее вниз на шкалах $\frac{1}{B}$ и \sqrt{B} читаем соответствующие отсчеты их.

Пример. Длина трубопровода $L = 800$ м. диаметр $D = 400$ мм.

Получаем

$$B = 6.5 \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{1}{B} = 154$$

$$\sqrt{B} = 8.06 \cdot 10^{-2}$$

III. Номограмма для определения характеристик местных сопротивлений и характеристик истечения (черт. № 9).

Номограмма составлена подобно предыдущей, на оси абсцисс отложены величины характеристик, а на оси ординат слева величины сумм коэффициентов местных сопротивлений. Кроме того построена шкала величин коэффициентов расхода μ , и как на предыдущей номограмме нанесены наклонные линии диаметров.

Пользование номограммой то же, что и номограммы для характеристик трения жидкости.

Пример I. Дан трубопровод диаметром $d = 50$ мм, на нем находятся два колена и кран повернутый на 45° . Требуется определить характеристику.

Принимаем по Павловскому (Гидравлический справочник)

$$\Sigma \xi = 2 \cdot 1 + 31.2 = 33.2.$$

Получаем по предыдущему

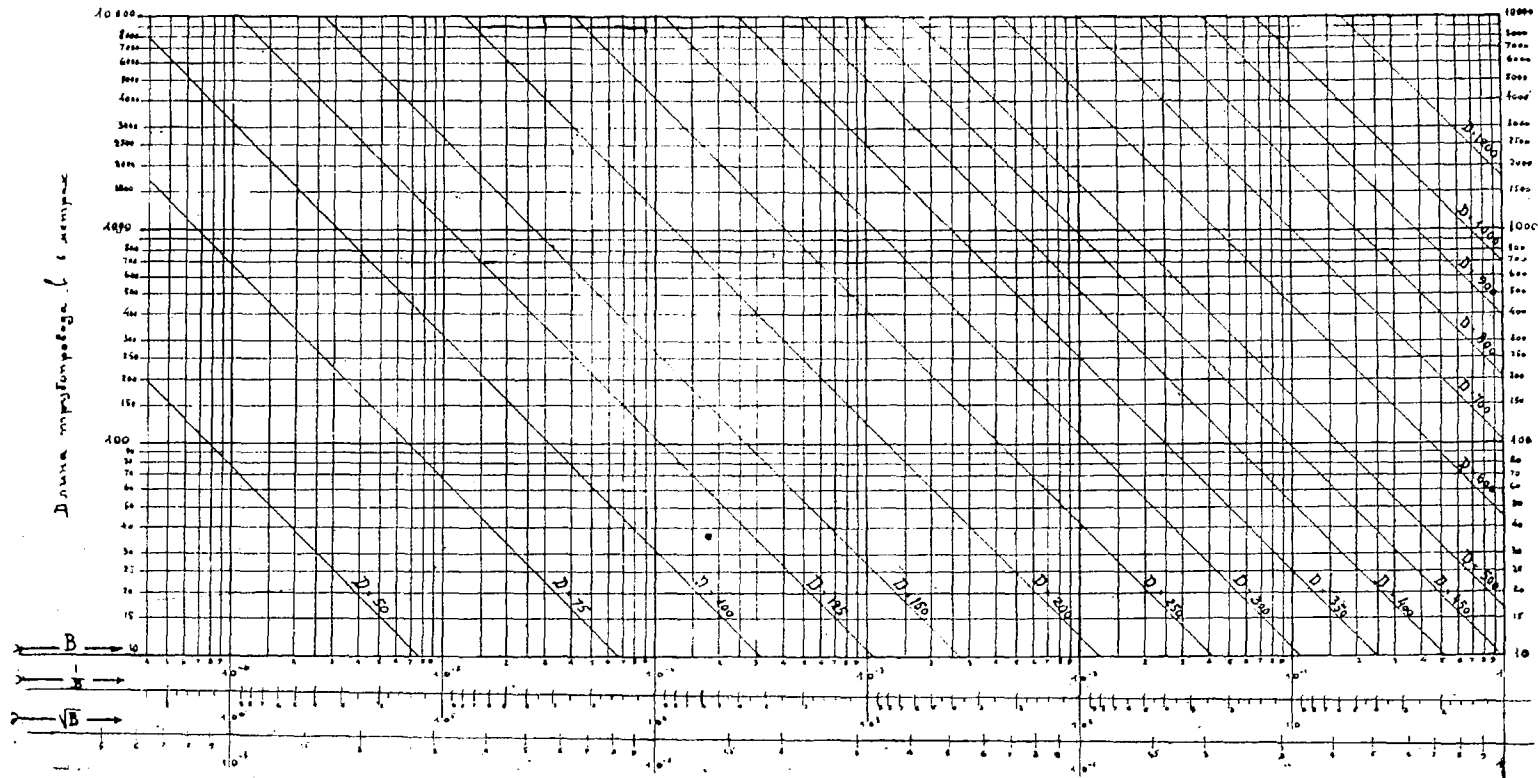
$$B = 2.25 \cdot 10^{-6}; \quad \frac{1}{B} = 4.44 \cdot 10^5; \quad \sqrt{B} = 1.5 \cdot 10^{-3}$$

Пример II. Дана величина наконечника браншпюта $d = 25$ мм. Определить характеристику истечения.

По предыдущему находим, принимая $\mu = 0.975$

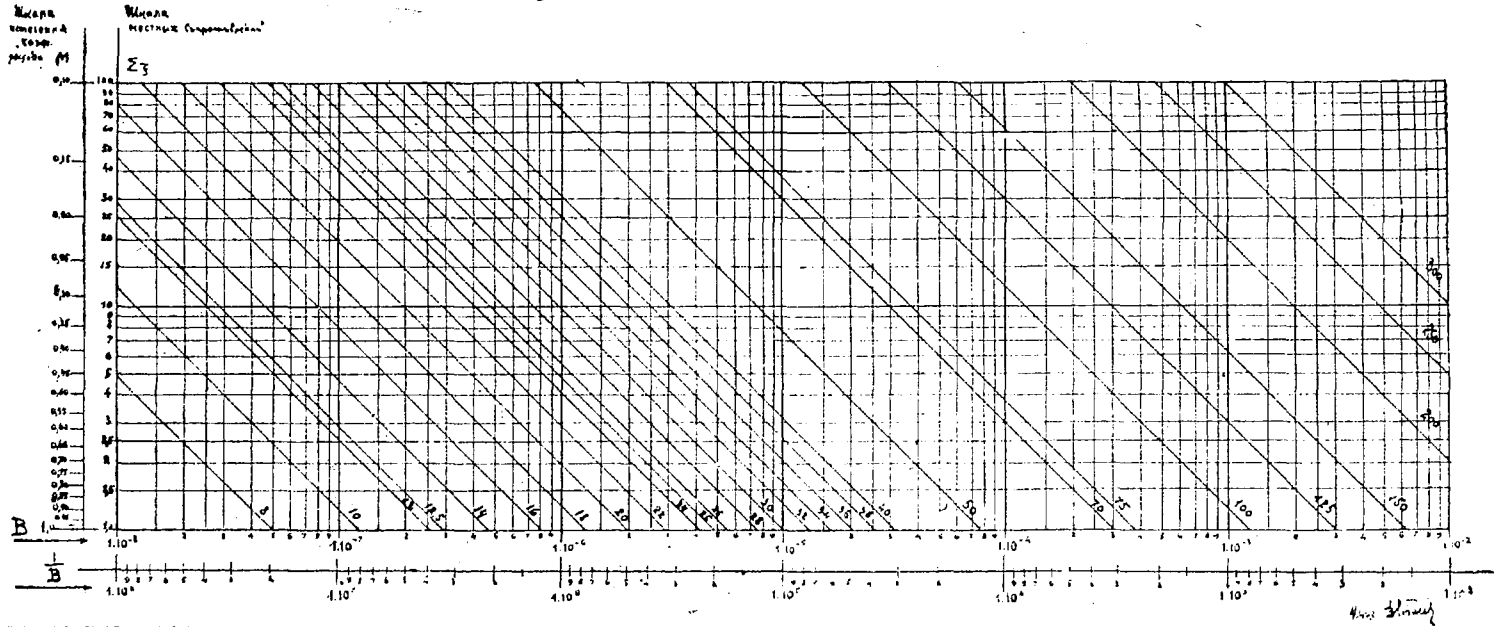
$$B = 4.5 \cdot 10^{-6} \quad \frac{1}{B} = 2.22 \cdot 10^5 \quad \sqrt{B} = 2.12 \cdot 10^{-3}$$

Номограмма для определения характеристики трения в трубопроводах - Вт.



Черт. 8.

Номограмма
для определения: а) **характеристики местных сопротивлений - Σz ,
 б) " " **истечения - V_i .****



Черт. 9.

Тезисы.

Пользование предлагаемым методом дает возможность:

- 1) Точно и быстро решать задачи, относящиеся к разветвленным трубопроводам с заданным напором (например: домовый водопровод, трубопровод для системы «Гринель», пожарная разводка шлангов и т. п.).
- 2) Упрощать расчеты для замкнутых сетей (более быстрый подбор).
- 3) Вести расчеты чисто графическим путем, не прибегая к вычислениям.

Доклад инж. В. Г. ЛОБАЧЕВА.

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ВОДЫ ПО ТРУБАМ.

Определение сопротивления движению жидкости по трубам в настоящее время производится по формулам, имеющим самый различный вид и структуру.

До настоящего времени нет определенно принятой формулы, по которой бы производился расчет движения жидкости по трубам.

Объясняется это сложностью вопроса и тем обстоятельством, что опытный материал, получаемый различными экспериментаторами, все-таки до настоящего времени полностью не увязан с теми условиями, в которых приходится работать трубам в условиях эксплуатации водопроводов. Особенно трудно учесть сопротивление движению, вносимое загрязнением трубопроводов, отложением наносов, осадков и проч. Загрязнения не только уменьшают живое сечение трубопровода, но и увеличивают шероховатость.

Выбирая расчетную формулу необходимо, конечно, предусмотреть будущие условия эксплуатации, т. е. способность жидкости заращивать трубопровод. Кроме того при выборе желательно получить сравнение окончательных результатов, которые получаются при определении сопротивления по той или иной формуле. Так как формул очень много, вид и состав их различен, вычисления сложны и отнимают много времени и притом одни формулы дают преувеличенные значения для больших диаметров и преуменьшенные для малых, другие наоборот, то отсюда ясно то затруднительное положение, которое создается при желании выбрать формулу, наиболее соответствующую будущим условиям эксплуатации.

Особенное значение последнее получает при современном широком применении в водопроводном деле центробежных насосов весьма чувствительных к работе несоответствующей его нормальной расчетной работе. Так как если неправильно будет определено сопротивление трубопровода, то насос или не в состоянии будет подавать воду (если практически сопротивление окажется большим, чем расчетное) или же будет работать с уменьшенным коэффициентом полезного действия (если практически сопротивление окажется меньшим расчетного).

Поэтому для того, чтобы выбрать расчетную формулу необходимо со сравнительно малой затратой времени и труда иметь возможность сравнивать результаты подсчетов по тем или иным формулам.

Настоящая работа ставит цель дать возможность быстро сравнивать формулы, пользуясь тем методом, который излагается ниже.

Движение воды по трубам в тех условиях, при которых обычно работают водопроводные трубы называют «турбулентным» движением. Для этого движения в гладких трубах тип общих зависимостей в его основной форме дан работами Reynolds'a и Rayleigh'a.

Общая формула для гладких труб при этом имеет вид:

$$i = \frac{8v^2 - a \left(\frac{\mu}{\rho} \right)^q}{gd(1+a)}$$

В этой формуле и в дальнейшем изложении приняты следующие обозначения:

i — потеря напора на единицу длины,

w — скорость движения жидкости в м/сек.,

d — диаметр в м.,

μ — вязкость жидкости в $\frac{кг}{м \cdot сек.}$,

ρ — плотность жидкости в $кг/м^3$.

c — постоянная,

q — некоторый показатель степени,

$\nu = \frac{\mu}{\rho}$ — кинематический коэффициент вязкости в $м^2/сек.$,

g — ускорение силы тяжести.

Примечание Для воды кинематический коэффициент вязкости зависит от температуры; эта зависимость приводит к в следующей таблице.

Величина кинемат. коэффициента вязкости	Температура С°						
	0	5	10	15	20	25	30
$\nu = \frac{\mu}{\rho}$ см ² /сек.	0,0178	0,0152	0,0131	0,0124	0,0114	0,0101	0,0081

$R = \frac{wd}{\nu}$ — число Рейнольдса.

r — гидравлический радиус в м (для круглых труб $r = \frac{d}{4}$).

Если приведенную выше формулу преобразовать, то получим

$$i = \frac{c w^{2+q} \left(\frac{\mu}{\rho}\right)^q}{gd^{1+q}} = c \left(\frac{r}{wd}\right)^q \frac{w^2}{gd} = c R^{-q} \frac{w^2}{gd}$$

или более общее

$$i = \psi(R) \frac{w^2}{gd}$$

Этот последний вид формулы сопротивления движения жидкости в гладких трубах фигурирует в последних работах Блаузюса, Lees, Jacob, Шиллера, Фрома, Форхеймера и других. Причем вид функции числа Рейнольдса $\psi(R)$ различными авторами дается самый разнообразный, как показательный одночленный, так и двучленный.

Так как обычно приходится иметь дело не с гладкими трубами, а с шероховатыми, то в работах главным образом Шиллера и других для шероховатых труб в выражение формулы для $i = \psi(R) \frac{w^2}{gd}$ влияние шероховатости учитывается введением коэффициента зависящего только от диаметра трубопровода. При этом формула для шероховатых труб принимает вид

$$i = K^2 \psi(R) \frac{w^2}{gd} \quad \text{где} \quad K = \frac{k}{d}$$

Если в дальнейшем для упрощения подсчетов принять выражение функции $\psi(R)$, как функции одночленной показательной, то оно примет вид $\psi(R) = eR^{-a}$. Подставляя указанное в формулу, получаем $i = \frac{ck^t}{d^t} R^{-a} \frac{w^2}{gd}$ или принимая во внимание, что $R = \frac{wd}{v}$ и вынося постоянные величины под знак const получаем

$$i = \left(\frac{ck^t v^a}{g} \right) \frac{1}{d^t} \left(\frac{1}{wd} \right)^a \frac{w^2}{d} = \text{const} \left(\frac{1}{w^a d^{a+t}} \right) \frac{w^2}{d}$$

Если обозначить $g + t = \xi$ и заменить выражение скорости выражением расхода из формулы

$$w = \frac{Q}{\pi d^2} \frac{4}{A}$$

то получим

$$i = \text{const} \frac{1}{w^a d^\xi} \frac{Q^2}{d^5} = \frac{1}{A} \frac{Q^2}{d^5}$$

здесь

$$A = \frac{w^a d^\xi}{\text{const}}$$

Окончательно имеем

$$\frac{Q^2}{i} = Ad^5$$

Этот вид формулы является наиболее удобным видом формулы для сравнения самых разнообразных формул.

Формулы показательные легко приводятся к такому виду. Формулы двучленные (трехчленные и т. д.) приходится разбивать на отдельные участки, соответствующие определенной группе диаметров и для них приближенно с желаемой точностью подбирать одночленный вид. Одночленный вид формул весьма значительно сокращает работу вычислений.

Приведенным методом далее сравниваются наиболее общеизвестные у нас формулы и две сравнительно новых американских формулы, а именно:

- | | |
|-----------------------------------|------------------------|
| 1) Дюпюи, | 8) Горбачева, |
| 2) Фаннинга | 9) Вейсбаха, |
| 3) Дарси с коэфф. 1,5, | 10) Лампе, |
| 4) Маннинга с коэф. $n = 0,012$, | 11) Линдлея, |
| 5) Маннинга с коэф. $n = 0,011$, | 12) Фламмана, |
| 6) Куттера с коэфф. $m = 0,25$ | 13) Барнса. |
| 7) Вазена | 14) Вермана и Аэринса. |

В дальнейшем начальный вид формул принят вида

$$r \cdot i = r w^2$$

получаемый из обычного выражения „Шези“

$$w = c \sqrt{ri}$$

простым преобразованием.

Для двучленных формул: Дарси, Куттера, Вазена, Горбачева и Вейсбаха для облегчения подсчетов за счет точности был применен способ замены этих

формулы формулами одночленного вида. При этом брались две градации диаметров примерно от 50 мм до 200—250 и от 200—250 до 1200 мм и для каждой градации получалась своя одночленная формула.

Приведение формул к выбранному нами виду сведено в таблице № 1. При этом окончательный вид формулы принят, как было указано выше

$$\frac{Q^2}{i} = A^1) d^5$$

как более удобный для графического сравнения формул.

Общую формулу для сравнения возможно вывести и из общеизвестной формулы «Шези».

$$W = c \sqrt{ri}$$

откуда

$$Q = Fe \cdot \sqrt{ri}$$

Подставляя сюда для круглых труб

$$r = \frac{d}{4} \quad \text{и} \quad F = \frac{\pi d^2}{4}$$

получаем

$$Q = \frac{\pi d^2 c}{4} \cdot \frac{\sqrt{d}}{2} \cdot \sqrt{i} \quad \text{или} \quad \frac{Q^2}{i} = \frac{\pi^2 c^2}{64} \cdot d^5.$$

Так как коэффициент c есть функция от скорости W и диаметра d (у различных авторов различная) т. е. $c = \varphi(w, d)$, то окончательно имеем

$$\frac{Q^2}{i} = \varphi(w, d) d^5 = A \cdot d^5.$$

По этой формуле легко уже производить сравнение различных формул между собой.

Сравнение возможно производить двумя способами:

- 1) Сравнение величины «А», полученные по различным формулам и
- 2) Сравнивая окончательную потерю напора $H = il$ или единичную i , получаемую по различным формулам.

Произведем сравнение пользуясь первым способом, т. е. сравнивая величины «А».

Для сравнения пользуемся графическим способом, как наиболее наглядными. Строим диаграмму в логарифмической анаморфозе, откладывая по оси абсцисс диаметры, а по оси ординат величины А. Сравнение приходится делать при какой-либо определенной скорости. В нашем случае построены 3 диаграммы при скоростях

- 1 при скорости $W = 0.1$ м/сек черт. № 1
- 2 » » $W = 1$ м/сек » № 2
- 3 » » $W = 5$ м/сек » № 3.

Так как скорость $W = 1$ м/сек надо считать нормальной и при расчетах сетей она обычно и получается, то на диаграмму при скорости $W = 1$ м/сек и надо обратить особое внимание.

Рассмотрение этой диаграммы чер. № 1 показывает, что А имеет наименьшую величину в области малых диаметров при пользовании формулой Куттера, и в об-

1) Величину „А“ возможно вычислять и точно по формулам двучленного вида, но на это надо затрачивать большое время, легче пользоваться приведенным выше методом замены за счет некоторой неточности.

Автор	Вид формулы
Дюпюи	$ri = 0,0003855 w^2$ $i = 0,001542 \cdot \frac{w^2}{d} = 0,00250 \frac{Q^2}{d^5}$
Фаннинг	$ri = 0,0004075 w^2$ $i = 0,001630 \frac{w^2}{d} = 0,00264 \frac{Q^2}{d^5}$
Дарси с коэфф. 1,5 (Московский водопрод)	$ri = 1,5 \left(0,0002536 + \frac{0,00000162}{r} \right) \frac{w^2}{d}$ $i = 0,00152 \left(\frac{d + 0,02552}{d} \right) \frac{w^2}{d}$ <p>Заменяя двучленную формулу одночленной получим</p> <p>I. от $d = 0,050$ м до $d = 0,200$ м</p> $i = 0,001185 \frac{1}{d^{0,2}} \frac{w^2}{d} = 0,00191 \frac{1}{d^{0,2}} \frac{Q^2}{d^5}$ <p>II. от $d = 0,200$ м до $d = 1,200$ м</p> $i = 0,001545 \frac{1}{d^{0,045}} \frac{w^2}{d} = 0,00250 \frac{1}{d^{0,045}} \frac{Q^2}{d^5}$
Маннинг с коэфф. $n = 0,011$	$ri = 0,0000121 \frac{1}{r^{0,333}} w^2$ $i = 0,000768 \frac{1}{d^{0,333}} \frac{w^2}{d} = 0,001245 \frac{1}{d^{0,333}} \frac{Q^2}{d^5}$
Маннинг с коэфф. $n = 0,012$	$ri = 0,0000144 \frac{1}{r^{0,333}} w^2$ $i = 0,000983 \frac{1}{d^{0,333}} \frac{w^2}{d} = 0,001483 \frac{1}{d^{0,333}} \frac{Q^2}{d^5}$
Куттер с коэфф. 0,25 (Проект нового водон. в Ленинграде)	$ri = \left(\frac{0,25 + \sqrt{r}}{100 \sqrt{r}} \right)^2 w^2$ $i = \frac{(0,5 + \sqrt{d})^2}{100^2 d} \cdot 4 \frac{w^2}{d}$ <p>Принадлежит к одночлен. форме</p> <p>I. от $d = 0,050$ м до $d = 0,250$ м</p> $i = 0,00072 \frac{1}{d^{0,574}} \frac{w^2}{d} = 0,001165 \frac{Q^2}{d} \cdot \frac{1}{d^{0,574}}$ <p>II. от $d = 0,250$ м до $d = 1,200$ м</p> $i = 0,0009 \frac{1}{d^{0,419}} \frac{w^2}{d} = 0,001456 \frac{1}{d^{0,419}} \frac{Q^2}{d}$
Базен (нован)	$ri = \frac{1}{87^2} \cdot \left(\frac{0,16 + \sqrt{r}}{\sqrt{r}} \right)^2 w^2$ $i = \frac{(0,32 + \sqrt{d})^2}{87^2 \cdot d} \cdot 4 w^2$ <p>Преобразование в одночленную форму</p> <p>I. от $d = 0,050$ м до $d = 0,250$ м</p> $i = 0,000728 \frac{1}{d^{0,477}} \frac{w^2}{d} = 0,00118 \frac{1}{d^{0,477}} \frac{Q^2}{d^5}$ <p>II. от $d = 0,250$ м до $d = 1,200$ м</p> $i = 0,000932 \frac{1}{d^{0,305}} \frac{w^2}{d} = 0,00151 \frac{1}{d^{0,305}} \frac{Q^2}{d^5}$

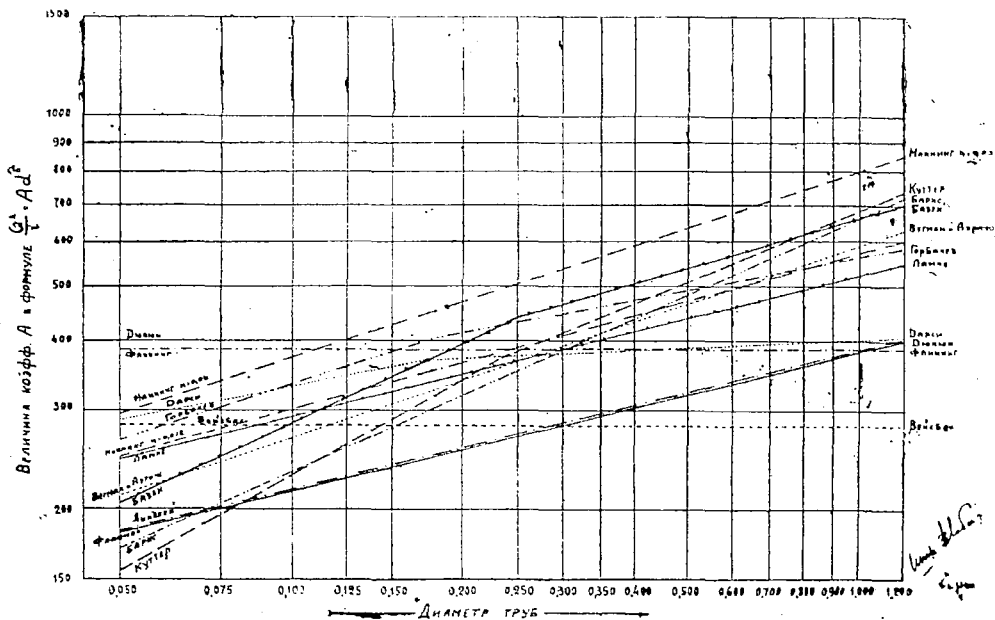
Величины			Прийятый приведен. вид формул $\frac{Q^2}{i} = A \cdot d^5$
Постоян.	q	ξ	
0,00250	0	0	$\frac{Q^2}{i} = \frac{1}{0,00250} d^5 = 400 d^5$ $A = 400$
0,00264	0	0	$\frac{Q^2}{i} = \frac{1}{0,00264} d^5 = 385 d^5$ $A = 385$
0,00191	0	0,2	I. $\frac{Q^2}{i} = \frac{1}{0,00191} d^{0,2} \cdot d^5 = 523,5 \cdot d^{0,2} \cdot d^5$ $A = 523,5 \cdot d^{0,2}$
0,00250	0	0,045	II. $\frac{Q^2}{i} = \frac{1}{0,00250} d^{0,045} d^5 = 400 d^{0,045} d^5$ $A = 400 d^{0,045}$
0,001245	0	0,333	$\frac{Q^2}{i} = \frac{1}{0,001245} d^{0,333} d^5 = 803 d^{0,333} d^5$ $A = 803 d^{0,333}$
0,001483	0	0,333	$\frac{Q^2}{i} = \frac{1}{0,001483} d^{0,333} d^5 = 674,6 d^{0,333} d^5$ $A = 674,6 d^{0,333}$
0,001165	0	0,574	I. $\frac{Q^2}{i} = \frac{1}{0,001165} d^{0,574} d^5 = 858,3 d^{0,574} d^5$ $A = 858,3 d^{0,574}$
0,001456	0	0,419	II. $\frac{Q^2}{i} = \frac{1}{0,001456} d^{0,419} d^5 = 687,8 d^{0,419} d^5$ $A = 687,8 d^{0,419}$
0,00118	0	0,477	I. $\frac{Q^2}{i} = \frac{1}{0,00118} d^{0,477} d^5 = 847,5 d^{0,477} d^5$ $A = 847,5 d^{0,477}$
0,00151	0	0,305	II. $\frac{Q^2}{i} = \frac{1}{0,00151} d^{0,305} d^5 = 662,3 d^{0,305} d^5$ $A = 662,3 d^{0,305}$

Автор	Вид формулы
Горбачев с коэфф. 0,08	$i = \left(\frac{0,08 + 1r}{701r} \right)^2 w^2$ $i = \frac{(0,16 + 1d)^2}{70^2 d}$ <p>Преобраз. в одночлен. форму</p> <p>I. от $d = 0,050$ м до $d = 0,200$ м</p> $i = 0,00088 \frac{1}{d^{0,3256}} \cdot \frac{w^2}{d} = 0,001425 \frac{1}{d^{0,3256}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$ <p>II. от $d = 0,200$ м до $d = 1,200$ м</p> $i = 0,001094 \frac{1}{d^{0,192}} \cdot \frac{w^2}{d} = 0,001775 \frac{1}{d^{0,192}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$
Вейсбах	$ri = \left(0,0001835 + \frac{0,0001208}{1w} \right) w^2$ $i = 0,000734 \left(1 + \frac{0,6584}{1w} \right) \frac{w^2}{d}$ <p>Преобразованный в одночленную форму</p> <p>I. от $w = 0,2$ м/сек. до $w = 1$ м/сек.</p> $i = 0,001225 \frac{1}{w^{0,25}} \frac{w^2}{d} = 0,001985 \frac{1}{w^{0,25}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$ <p>II. от $w = 1$ м/сек. до $w = 5$ м/сек.</p> $i = 0,001225 \frac{1}{w^{0,155}} \frac{w^2}{d} = 0,001985 \frac{1}{w^{0,155}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$
Линдлей	$ri = 0,00018 \frac{w^{1,8}}{r^{0,25}}$ $i = 0,001018 \frac{1}{w^{0,25} d^{0,25}} \cdot \frac{w^2}{d} = 0,00165 \frac{1}{w^{0,20} d^{0,25}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$
Лампе	$ri = 0,0001336 \frac{w^{1,802}}{r^{0,25}}$ $i = 0,000755 \frac{1}{w^{0,198} d^{0,25}} \cdot \frac{w^2}{d} = 0,00122 \frac{1}{w^{0,198} d^{0,25}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$
Фламман	$ri = 0,0001626 \frac{w^{1,75}}{d^{0,25}}$ $i = 0,00092 \frac{1}{w^{0,25} d^{0,25}} \frac{w^2}{d} = 0,00148 \frac{1}{w^{0,25} d^{0,25}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$
Барис	$ri = 0,0000975 \frac{w^{1,891}}{r^{0,454}}$ $i = 0,000729 \frac{1}{w^{0,109} d^{0,454}} \frac{w^2}{d} = 0,00118 \frac{1}{w^{0,109} d^{0,454}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$
Вегман и Аэрис	$ri = 0,000117 \frac{w^{1,856}}{r^{0,312}}$ $i = 0,000752 \frac{1}{w^{0,144} d^{0,312}} \cdot \frac{w^2}{d} = 0,001217 \frac{1}{w^{0,144} d^{0,312}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$

В е л и ч и н ы			Припитый приведенный вид формулы $\frac{Q^2}{i} = A \cdot d^5$
Постоян.	q	ξ	
0,001425	0	0,3256	I. $\frac{Q^2}{i} = \frac{1}{0,001425} d^{0,3256} d^5 = 701,8 d^{0,3256} d^5$ A = 701,8 d ^{0,3256}
0,001775	0	0,192	II. $\frac{Q^2}{i} = \frac{1}{0,001775} d^{0,192} d^5 = 561,7 d^{0,192} d^5$ A = 561,7 d ^{0,192}
0,001985	0,25	0	I. $\frac{Q^2}{i} = \frac{1}{0,001985} n^{0,25} d^5 = 503,8 n^{0,25} d^5$ A = 503,8 n ^{0,25}
0,001985	0,25	0	II. $\frac{Q^2}{i} = \frac{1}{0,001985} n^{0,155} d^5 = 503,8 n^{0,155} d^5$ A = 503,8 n ^{0,155}
0,00165	0,20	0,25	$\frac{Q^2}{i} = \frac{1}{0,00165} n^{0,2} d^{0,25} d^5 = 606 n^{0,2} d^{0,25} d^5$ A = 606 n ^{0,2} d ^{0,25}
0,00122	0,198	0,25	$\frac{Q^2}{i} = \frac{1}{0,00122} n^{0,198} d^{0,25} d^5 = 819,7 n^{0,198} d^{0,25} d^5$ A = 819,7 n ^{0,198} d ^{0,25}
0,00148	0,25	0,25	$\frac{Q^2}{i} = \frac{1}{0,00148} n^{0,25} d^{0,25} d^5 = 675,7 n^{0,25} d^{0,25} d^5$ A = 675,7 n ^{0,25} d ^{0,25}
0,00118	0,109	0,454	$\frac{Q^2}{i} = \frac{1}{0,00118} n^{0,109} d^{0,454} d^5 = 847,5 n^{0,109} d^{0,454} d^5$ A = 847,5 n ^{0,109} d ^{0,454}
0,001217	0,144	0,342	$\frac{Q^2}{i} = \frac{1}{0,001217} n^{0,144} d^{0,342} d^5 = 821,7 n^{0,144} d^{0,342} d^5$ A = 821,7 n ^{0,144} d ^{0,342}

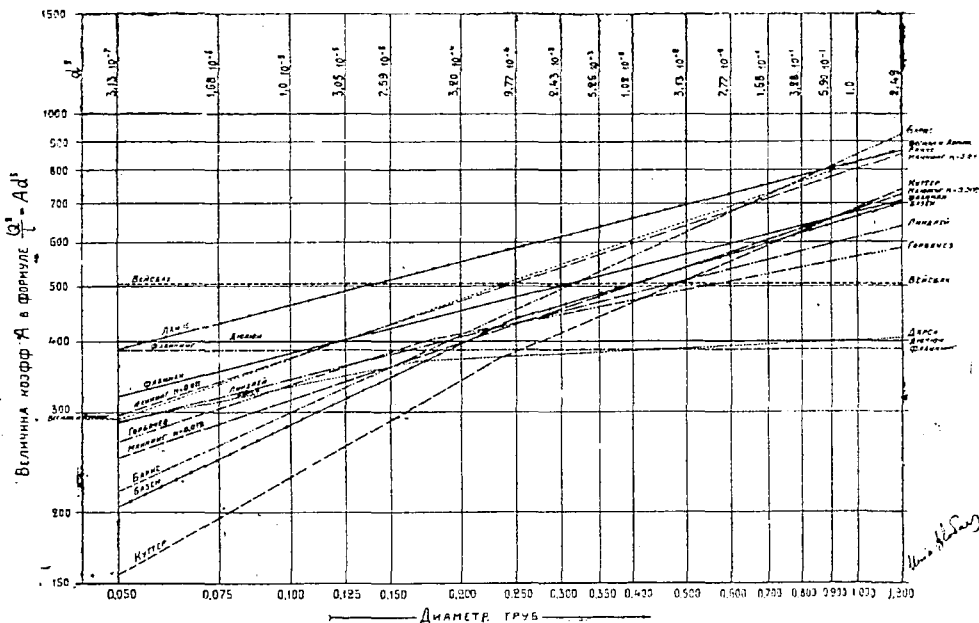
ласти больших диаметров при пользовании формулами Дарси с коэфф. 1,5 Фан-винга и Дюпюи. Это значит, что при одной и той же величине $\frac{Q^2}{\lambda}$ (т. е. расходе

СКОРОСТЬ $W = 0,1 \text{ м/сек}$



Черт. 1.

СКОРОСТЬ $W = 1 \text{ м/сек}$



Черт. 2.

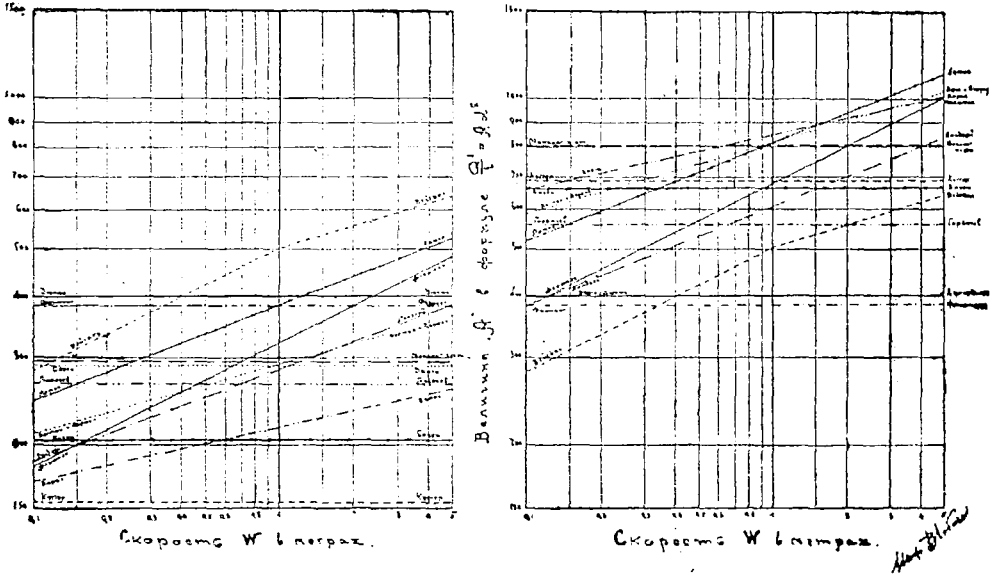
и потери напора на единицу длины) величина диаметра при подсчете по вышеуказанным формулам получится большей, чем по другим. Наибольшая величина «А»

точку линии «А» параллельные их прямим направлениям, то получим (чер. № 4) пучек линий, который от диаметра $d = 250$ мм расходится как в направлении больших так и малых диаметров. Средняя линия этого пучка, т. е. такая линия от которой линии пучка расходятся одинаково в разные стороны, соответствует линии «А», подсчитанной по формуле Машинга с коэффициентом близким к $n = 0,012$.

Эта перестроенная диаграмма (чер. № 4) могла бы служить для выбора величины ξ показателя у диаметра d в формуле $\frac{Q^2}{i} = \text{const. } d^{\xi} w^m p^5$, если бы воспользоваться гораздо большим количеством существующих формул и по теории вероятности определить вероятный угол наклона средней линии.

Труба $d = 0,050$ м.

Труба $d = 1,000$ м.



Черт. 5.

Характер влияния скорости на величину A указывается в приводимых диаграммах для $W = 0.1$ м/сек и $W = 5$ м/сек (чер. № 1 и № 3). Кроме того составлена диаграмма для диаметров $d = 0.050$ м и $d = 1.000$ м, где на оси абсцисс отложены скорости, а по оси ординат величины A для различных формул.

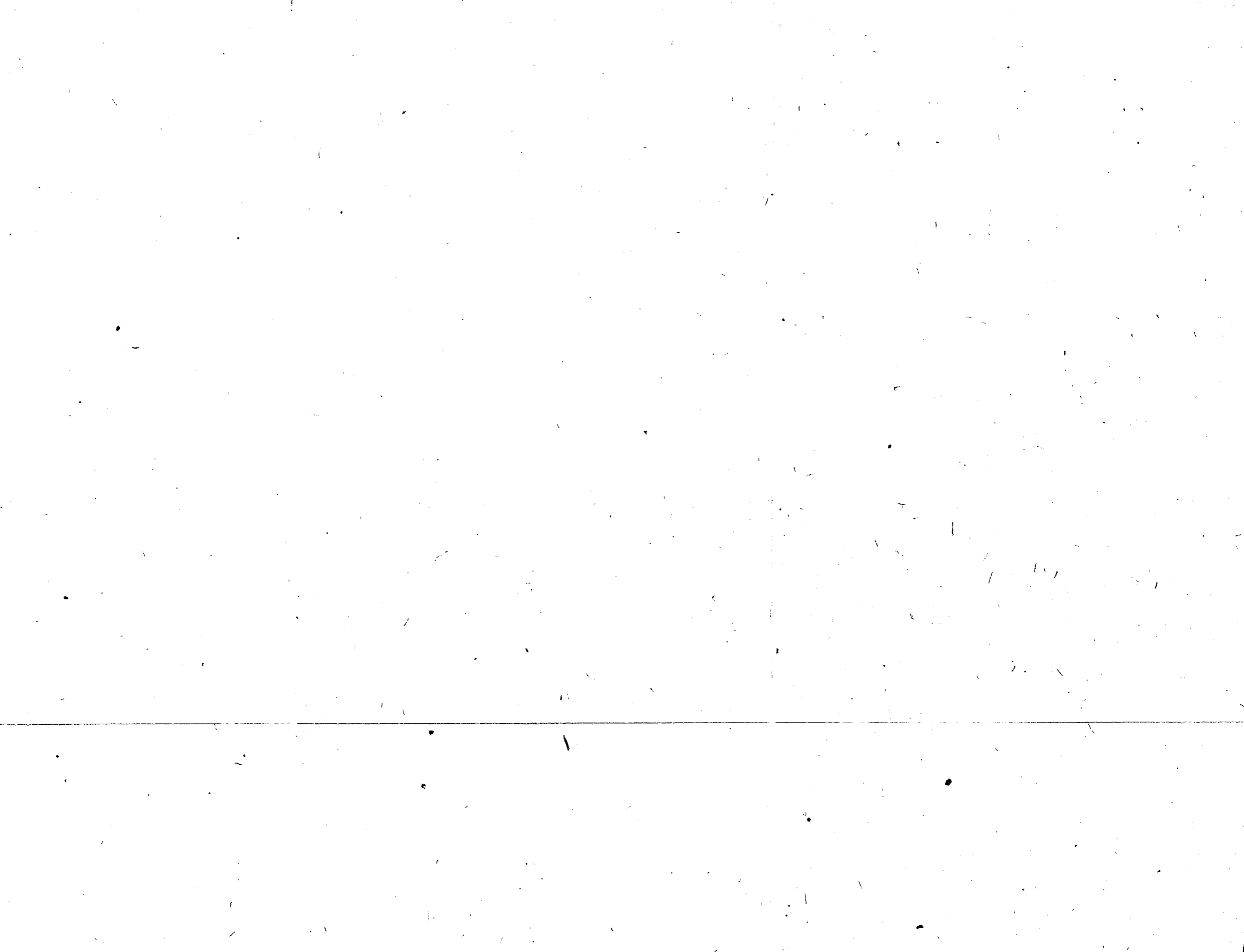
Из этих последних возможно усмотреть влияние скорости на величину «А», но как видно это влияние слабей. В то время как показатель ξ при диаметре d — имеет величину порядка $\xi \approx 0.33$, величина показателя q при скорости w будет порядка $q \approx 0.11 - 0.15$ (черт. № 5).

Сравнение величин «А» $= \varphi(d)$ зависящих только от диаметра помощью приведенных диаграмм полностью характеризует формулу. Для формул же, в которых величина $A = \varphi(w, d)$ зависит от скорости w и диаметра d , этого получить из рассмотрения диаграмм нельзя, так как сама скорость есть функция расхода.

Преобразование последнего рода формул, с тем чтобы «А» было функцией только диаметра, даст формулу вида $\frac{Q^m}{i} = A' d^{\xi}$, где m — показатель при расходе

будет изменяться для каждой формулы. Это преобразование указывает, что помощью диаграмм сравнивающих величины «А» полного сравнения получить нельзя.

Полное сравнение возможно производить вычисляя потерю напора подную или единичную по каждой формуле отдельно для самых различных случаев работы трубопровода.



Для облегчения производства таких вычислений составлена номограмма из выровненных точек, позволяющих производить вычисления по любой из приведенных выше формул (черт. № 6). Если же понадобится произвести вычисления еще по какой-либо другой формуле, то для этого будет достаточно произвести небольшую доработку этой номограммы. Составление и пользование номограммой приводятся ниже.

Составление номограммы.

Схема номограммы.

Номограмма составлена следующим образом: (Черт. №№ 6 и 7).

За основную линию построения принята вертикальная линия $\frac{Q^2}{i}$.

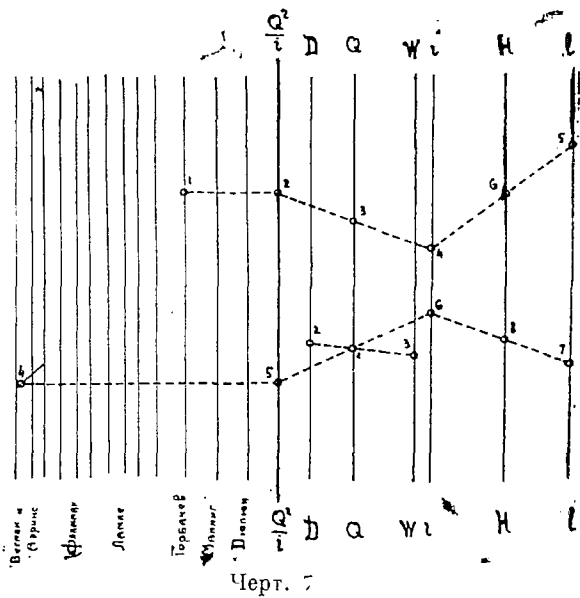
1. От этой линии вправо построим ряд вспомогательных диаграмм, позволяющих определять зависимость между величинами $\frac{Q^2}{i}$, D , Q , w , i , H и l .

а) Зависимость между $\frac{Q^2}{i}$, Q и i выражена номограммой, состоящей из линий $\frac{Q^2}{i} - \frac{Q^2}{i}$; $Q - Q$ и $i - i$.

б) Зависимость между i , l и H выражена номограммой, состоящей из линий $i - i$, $l - l$ и $H - H$, причем эта номограмма совмещена с предыдущей линией $i - i$.

в) Кроме того построена номограмма, выражающая зависимость между Q , D и W , состоящая из линий $D - D$; $Q - Q$ и $W - W$. Эта номограмма совмещена с первой номограммой линией $Q - Q$. Применение ее требуется при пользовании для расчетов формулами, имеющими величину $\frac{Q^2}{i}$ зависящую от скорости W .

Схема Номограммы.



2. Влево от линии $\frac{Q^2}{i} - \frac{Q^2}{i}$ нанесен ряд линий по числу рассматриваемых формул. Под каждой линией имеется обозначение автора формулы. Эти линии разделяются на две группы, одна относящаяся к формулам с величиной $\frac{Q^2}{i}$ зависящей от скорости W и другая с величиной $\frac{Q^2}{i}$ зависящей от скорости W . На линиях, относящихся к первой группе, нанесены значения $\frac{Q^2}{i}$ для различных диаметров, при чем на шкалах имеются пометки не самой величины $\frac{Q^2}{i}$, а диаметра.

которому указанная величина $\frac{Q^2}{i}$ соответствует. Для того же, чтобы получить самую величину $\frac{Q^2}{i}$ необходимо отсчет шкалы формулы, выбранной для расчета, снести горизонтальной линией на шкалу (линию) $\frac{Q^2}{i} = \frac{Q^2}{i}$. Так например диаметру $D = 300$ при подсчете по формуле Куттера соответствует величина $\frac{Q^2}{i} = 2.0$, а для диаметра $D = 100$ при подсчете по формуле Вазена получаем $\frac{Q^2}{i} = 0.003$.

Для второй группы формул с величиной $\frac{Q^3}{i}$, зависящей от скорости, для каждого автора приходится строить свою диаграмму, для которой по оси абсцисс отложены скорости, а по оси ординат величины $\frac{Q^2}{i}$ опять, так обозначенные соответственными им диаметрами, а величины $\frac{Q^2}{i}$ приходится отсчитывать после переноса этих значений на линию $\frac{Q^2}{i} = \frac{Q^2}{i}$. При этом для каждого значения диаметра D получаем не точку (как для первой группы), а линию соответствующую определенному диаметру. Для того, чтобы не затемнять номограммы, вертикальные линии нанесены только для трех скоростей $W = 0.1$, $W = 1.0$, $W = 5$ м/сек. Для промежуточных значений скоростей внизу под фамилией авторов формул нанесены шкалы значений скорости W .

Пользование номограммой

Покажем на двух примерах возможность и способ полного решения задач.

I. Случай формулы с независящей от скорости величиной $\frac{Q^2}{i}$.

Пример: Пусть дана формула Фаншинга, диаметр трубопровода $D = 800$ мм, расход $Q = 1.0$ м³/сек и длина трубопровода $l = 4000$ м.

Определить полную потерю напора.

Решение. Взяв на линии автора «Фаншинг» отсчет $D = 800$, переносим его горизонтальной линией на линию $\frac{Q^2}{i} = \frac{Q^2}{i}$, этот последний соединяем с отсчетом линии $Q = Q$, $Q = 1.0$ м³/сек. получаем на пересечении указанной линии с линией $i = i$ отсчет i , соединяя этот последний прямой линией с отсчетом $l = 4000$ на линии $l = l$, получаем на пересечении этой линии с линией $H = H$ отсчет полной потери напора $H = 32$ м.

II. Случай формулы с зависящей от скорости величиной $\frac{Q^2}{i}$.

Та же задача, но должна быть решена пользуясь формулой Лампе.

Сперва определяем величину скорости W по номограмме $D = Q = W$. Взяв отсчет $D = 800$ на линии $D = D$ и соединив его с отсчетом $Q = 1.0$ м³/сек на линии $Q = Q$ продолжаем эту линию до пересечения с линией $W = W$, где получаем отсчет $W = 2$ м/сек. Взяв отсчет $W = 2.0$ на шкале скорости автора Лампе, через этот отсчет проводим вертикальную линию до пересечения с наклонной линией диаметра $D = 800$ мм. Полученную точку пересечения переносим горизонтальной линией на линию $\frac{Q^2}{i} = \frac{Q^2}{i}$, отсчет $\frac{Q^2}{i}$ соединяем прямой линией

с отчетом расхода $Q = 1^3/\text{сек}$ на линии $Q - Q$ и продолжаем ее до пересечения с линией $i - i$, получаем отчет i . Последний отчет i соединяем с отчетом $l = 4000$ м и линией $l - l$ прямой линией, пересечение которой с линией $II - II$ дает отчет $II = 14$ метров.

Последние две задачи кроме того показывают какая разница может получиться от подсчета по различным формулам, так в указанном случае подсчет даст полную потерю напора:

по формуле Маннинга $H = 32$ м
 Лампе $H = 14$..
 отношение большего к меньшему

$$\frac{32}{14} = 2,28.$$

Пользуясь указанной номограммой были подсчитаны 4 ориентировочных таблицы для различных случаев работы трубопроводов по 14 формулам. По этим приводимым ниже таблицам возможно увидеть и оценить ориентировочно влияние выбора формулы на результаты подсчетов при той или иной работе трубопровода.

Из приведенных ниже ориентировочных таблиц видно как влияет выбор формулы на окончательный результат определения потерь напора.

Для больших диаметров ($D = 1000$ м.м) для выбранной серии формул отношение наибольшей величины потери напора к наименьшей получается в пределах 2,82 — 2,20. Если же откинуть наиболее резко выделяющиеся результаты подсчетов (т. е. отказавшись от употребления формул, которые дают такие результаты), то отношение большей величины к меньшей получается уже в пределах 2,1 — 1,28. Среднее значение потери напора, если отказаться от употребления формул дающих резкие отклонения, а именно Дюпон, Фаннинга, Дарси и Вейсбаха, получается при скорости $W = 1$ м/сек. близкое к результатам получаемым по формуле Маннинга с коэффициентом $n = 0,012$.

Для средних диаметров ($D = 3000$ м.м) отношение наибольших и наименьших величин потери напора колеблется в пределах 1,60 — 1,82. Если откинуть результаты получаемые по формуле Лампе, то пределы еще больше сближаются, а именно до 1,78 — 1,40. При этом среднее значение величины потери напора получается весьма близким к результатам подсчета по формуле Маннинга с коэффициентом $n = 0,012$.

Для малых диаметров ($D = 100$ м.м) отношение наибольшей и наименьшей величин потери напора получается в пределах 1,89 — 2,23. Если отказаться от употребления формул Дюпон, Фаннинга, Вейсбаха и Лампе, как дающих резкие отклонения, то пределы отношений получаются 1,76 — 1,43. При этом среднее значение потерь напора опять получается близкими к результатам подсчетов по формуле Маннинга с коэффициентом $n = 0,012$.

Указанное сравнение отнесено как видно к трубам обычной уличной сети и водоводам.

Пользоваться безоговорочно приводимыми формулами для подсчета потерь напора в трубах домовой разводки очень малых диаметров не имеющих строго установленных размеров (стандартизированных) внутреннего диаметра рекомендовать нельзя.

В настоящей работе вопрос о выборе формулы для расчета труб домовой разводки не разбирается.

В дальнейшем необходимо рассмотреть вопрос о влиянии шероховатости и загрязнения в трубопроводах и указать способ получать быстрое сравнение результатов подсчетов по формулам с результатами опытных испытаний.

Производившиеся опыты над влиянием шероховатости на характер движения жидкости работы Шиллера указывают, что закон подобия сохраняется только тогда.

Таблица I

Сравнение результатов подсчета полной потери напора в трубопроводе, полученных по различным формулам

Д а н н ы е.

1. Диамет. $D = 1000$ мм. Длина $l = 10000$ м. Расход $Q = 80$. Скорость $W \approx 0,1$ м/сек.
2. Диамет. $D = 1000$ „ „ $l = 10000$ „ „ $Q = 800$. „ $W \approx 1,0$ „
3. Диамет. $D = 1000$ „ „ $l = 10000$ „ „ $Q = 2400$. „ $W \approx 3,0$ „

Автор формулы	Величина потерь напора H		
	$W = 0,1$ м/сек.	$W = 1$ м/сек.	$W = 3$ м/сек.
1 Дюпон	$H = 0,16$ м	$H = 16$ м	$H = 144$ м
2 Фаннинг	$0,165$	$16,5$	148
3 Дарси	$0,16$	16	144
4 Маннинг $n = 0,012$	$0,095$	$9,5$	$85,0$
5 Маннинг $n = 0,011$	$0,08$	$8,0$	$72,0$
6 Куттер	$0,093$	$9,3$	$83,5$
7 Базен	$0,097$	$9,7$	$87,0$
8 Горбачев	$0,114$	$11,4$	$102,0$
9 Вейсбах	$0,226$	$12,7$	96
10 Лампе	$0,123$	$7,8$	$62,5$
11 Линдлей	$0,167$	$10,5$	$84,0$
12 Фламман	$0,169$	$9,5$	$72,0$
13 Барис	$0,096$	$7,5$	$66,5$
14 Вегман и Аарис	$0,109$	$7,8$	$66,5$
Отношен. $\frac{\text{наиб.}}{\text{наим.}}$	$\frac{0,226}{0,08} = 2,82$	$\frac{16,5}{7,5} = 2,2$	$\frac{148}{66,5} = 2,22$
Без величин, заключенных в квадратные скобки	Отношен. $\frac{\text{наиб.}}{\text{панм.}}$	$\frac{0,169}{0,080} = 2,1$	$\frac{11,4}{7,5} = 1,39$
	Среднее значение потерь напора	$H = 0,114$ м	$H = 9,12$ м	$H = 79$

Таблица II

Сравнение результатов подсчета полной потери напора в трубопроводе, полученных по различным формулам

Д а н н ы е.

1. Диамет. $D = 300$ мм. Длина $l = 1000$ м. Расход $Q = 7$ л/сек. Скорость $W \approx 0,1$ м/сек.
 2. " $D = 300$ " " $l = 1000$ " " $Q = 70$ " " $W \approx 1,0$ "
 3. " $D = 300$ " " $l = 1000$ " " $Q = 210$ " " $W \approx 3,0$ "

	Автор формулы	Величина потери напора H		
		$W = 0,1$ м/сек.	$W = 1$ м сек.	$W = 3$ м/сек.
1	Дюпон	$H = 0,0505$ м	$H = 5,05$ м	$H = 45,5$
2	Фаннинг	0,0525	5,25	47,5
3	Дарси	0,0530	5,30	48,0
4	Майнинг $n = 0,012$	0,0445	4,45	40,0
5	Майнинг $n = 0,011$	0,0405	4,05	36,5
6	Куттер	0,0475	4,75	43,0
7	Базен	0,044	4,44	39,5
8	Горбачев	0,045	4,5	40,5
9	Вейсбах	0,071	4,04	30,0
10	Лампе	0,052	3,3	26,5
11	Линдлей	0,071	4,5	36,0
12	Фламман	0,072	4,05	31,0
13	Барне	0,0525	4,1	36,5
14	Верман и Аэрисе	0,053	3,8	32,5
	Отношен. наиб. наим.	$\frac{0,0720}{0,0405} = 1,78$	$\frac{5,3}{3,3} = 1,60$	$\frac{48}{26,5} = 1,82$
Без величин, заключенных в квадратные скобки	Отношен. наиб. наим.	$\frac{0,0720}{0,0405} = 1,78$	$\frac{5,3}{3,8} = 1,60$	$\frac{48}{30} = 1,60$
	Среднее значение потерян-ного напора	$H = 0,0535$	$H = 4,45$	$H = 39$

Таблица III

Сравнение результатов подсчета полной потери напора в трубопроводе, полученных по различным формулам

Д а н н ы е.

1. Днам. $D = 100$ мм. Длина $l = 200$ м. Расход $Q = 0.8$ л/сек. Скорость $W \approx 0,1$ м/сек.
 2. " $D = 100$ " " $l = 200$ " " $Q = 8,0$ " " $W \approx 1,0$ "
 3. " $D = 100$ " " $l = 200$ " " $Q = 24,0$ " " $W \approx 3,0$ "

Автор формулы	Величина потеряннго напора H			
	$W = 0,1$ м/сек.	$W = 1$ м/сек.	$W = 3$ м/сек.	
1 Дюной	$H = 0,032$	$H = 3,2$	$H = 29$	
2 Фаннинг	0,033	3,3	30	
3 Дарси	0,0385	3,85	34,5	
4 Маннинг $n = 0,012$	0,0405	4,05	36,5	
5 Маннинг $n = 0,011$	0,0345	4,05	31,0	
6 Куттер	0,0485	4,85	43,5	
7 Базен	0,0455	4,55	41,0	
8 Горбачев	0,0385	3,85	34,5	
9 Вейсбах	0,0455	2,55	19,5	
10 Лампе	0,044	2,8	22,5	
11 Эпидлей	0,0595	3,75	30,0	
12 Фламман	0,0605	3,40	25,5	
13 Барис	0,055	4,30	38,0	
14 Вегман и Аэрис	0,055	3,40	25,5	
	Отношен. наиб. наим.	$\frac{0,0605}{0,032} = 1,89$	$\frac{4,85}{2,55} = 1,90$	$\frac{43,5}{19,5} = 2,23$
Без величин, заключенных в квадратные скобки	Отношен. наиб. наим.	$\frac{0,0605}{0,0344} = 1,76$	$\frac{4,85}{3,40} = 1,43$	$\frac{43,5}{25,5} = 1,70$
	Среднее значение потеряннго напора	$H = 0,0475$	$H = 4,0$	$H = 34$

когда отношение $\frac{k}{d}$ сохраняет одно и то же значение (здесь k — мера шероховатости, а d диаметр). Даже эти же опыты показывают, что при шероховатых трубах скорость оказывает меньшее влияние и в общем сопротивление становится пропорциональным квадрату расхода (скорости). Карман предложил рассматривать сопротивление движению в шероховатых трубах, состоящим из двух сопротивлений: сопротивления движению жидкости в гладкой трубе и сопротивления от неровностей (как суммы местных сопротивлений). Так как местные сопротивления пропорциональны квадрату расхода (скорости), то с увеличением местных сопротивлений характер движения начинает принимать вид, зависящий от квадрата расхода (скорости).

Указанные опыты и соображения позволяют сделать заключение о возможности применения формул, не зависящих от скорости, к расчетам уличной сети, где к шероховатости прибавляются еще загрязнения в трубах и местные сопротивления от фасонных частей и задвижек на ней.

К большим водоводам с малым загрязнением и малым количеством местных сопротивлений скорее могут быть применены для расчета формулы зависящие от скорости.

Влияние загрязнения, отбрасывая временно влияние шероховатости, а учитывая только уменьшение диаметра трубопровода, может определяться по следующей формуле

$$\frac{i \text{ заг.}}{i \text{ чист.}} = \left(\frac{d}{d - e} \right)^5$$

где i заг. — единичная потеря напора в загрязненной трубе

i чист. — » » » чистой трубе

d — диаметр трубопровода

e — величина загрязнения (уменьшения диаметра).

При чем загрязнение (для упрощения) считается равномерно распределенным по периметру трубопровода.

Подсчеты по этой формуле и вводятся ниже в таблицах и кроме того составлен график (черт. № 8), где по оси абсцисс отложены величины e — уменьшение диаметра, а по оси ординат величины отношений $\frac{i \text{ заг.}}{i \text{ чист.}}$.

Таблица
Величина увеличения потери напора при $e = 5$ мм

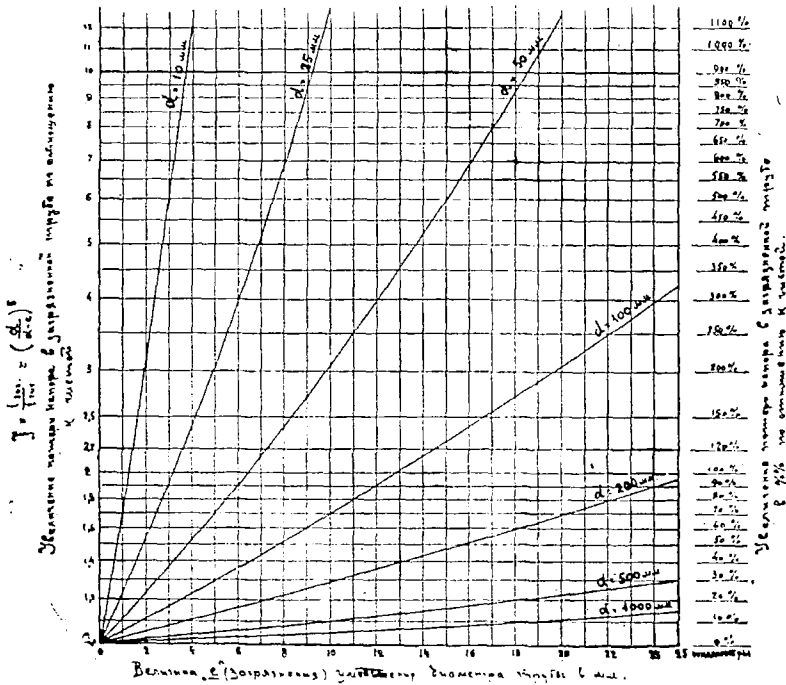
	50 мм	100 мм	200 мм	500 мм	1000 мм
$\frac{i \text{ заг.}}{i \text{ чист.}}$	0,90	0,95	0,975	0,99	0,995
$\frac{i \text{ заг.}}{i \text{ чист.}}$	1,69	1,29	1,14	1,053	1,026
Потеря напора увеличилась на %	69	29	14	5,3	2,6

Таблица
Величина увеличения потери напора при величине загрязнения $e = 10$ мм

	50 мм	100 мм	200 мм	500 мм	1000 мм
$\frac{i \text{ заг.}}{i \text{ чист.}}$	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
$\frac{i \text{ заг.}}{i \text{ чист.}}$	3,05	1,69	1,29	1,10	1,053
Потери напора увеличилась на %	205	69	29	10	5,3

Из приведенных таблиц и графика видно как велико влияние загрязнения в трубах малого диаметра (черт. № 8).

Это обстоятельство заставляет относиться к выбору формулы для расчета труб малого диаметра, особенно для труб $D=50$ мм и менее, весьма осторожно, учитывая работу трубопровода, (домовая разводка с водой могущей давать осадки, с большим количеством солей железа, домовая разводка с чистой водой, разводка горячей воды, система трубопровода для отопления и пр.).



Черт. 8.

Приведенные выше соображения и заставили в указанной работе остановиться только на разборе формул пригодных для расчета уличных сетей, оставляя на разобранном применении и выбор формул для труб диаметров меньших $d=50$ мм.

Остается еще рассмотреть применение прилагаемого метода к разбору опытных данных, оценки и сравнения таковых с результатами подсчетов по формулам.

Для этого здесь приводятся три графика для труб $D=4''$ (102 мм), $D=12''$ (305 мм) и $D=36''$ (914 мм) (черт. №№ 9, 10, 11).

Графики составлены следующим образом: по оси абсцисс отложены величины скоростей W , а по оси ординат отложены величины $\frac{Q^2}{l} = Ad^5$.

Графики составлены в логарифмической анаморфозе.

Обычно величина $\frac{Q^2}{l}$ очень легко находится из опытного материала и потому нанесение точек опыта на график весьма просто. Кроме того на график нанесены линии величин $\frac{Q^2}{l}$ соответствующие той или иной формуле.

Для того чтобы не затемнять чертежа, нанесены не все разбираемые в этой работе формулы, а только те, которые дают наибольшие отклонения и формула Маннинга с коэффициентом $n=0,012$, как дающая среднее значение.

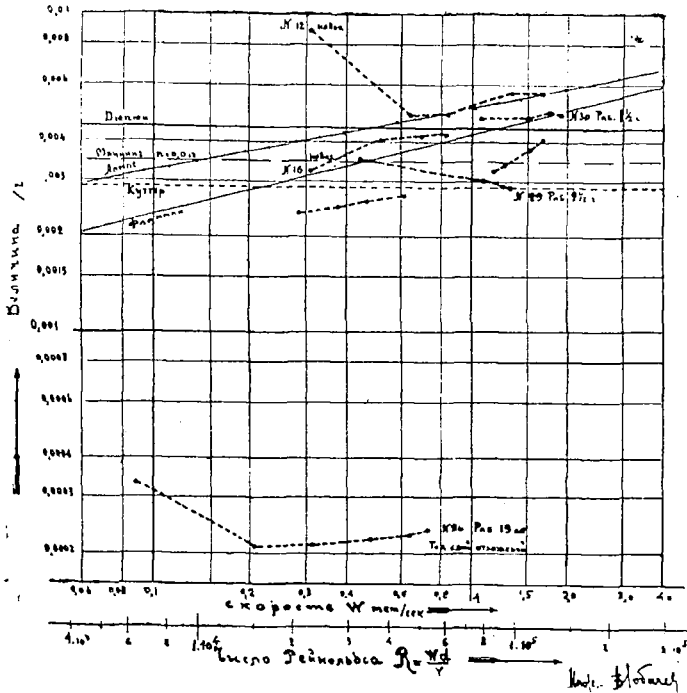
Опытный материал взят из работ Д. Н. Вешкова (доклад V-му Съезду) и проф. А. А. Саткевича (сообщение IX-му Съезду) (причем опытные линии с указа-

нием № относится к данным взятым из работы Д. П. Венникова, помещенных в его работе под таким же номером).

Для трубы же диаметром $D = 36''$ (914 мм) взят материал из опытов производившихся на Московском водопроводе.

Приводимого материала конечно очень мало для того, чтобы сделать определенное конечное заключение, но все-таки до известной степени возможно ориентироваться при выборе формулы. Ниже приводится ориентировочное рассмотрение каждого графика в отдельности.

Труба $d 4'' = (102 \text{ мм})$



Черт. 9.

1. Труба $D = 4''$ (102 мм) (малая) черт. № 9. Формулы дающие в части диаграммы крайние величины $\frac{Q^2}{l}$, а именно Дюпюи, Лампе, Куттера и Фламмана все-таки захватывают точки опытных данных. Средние значения в пределах скорости от 0,3 — 1,5 м/сек. близки к результатам формулы Маннинга.

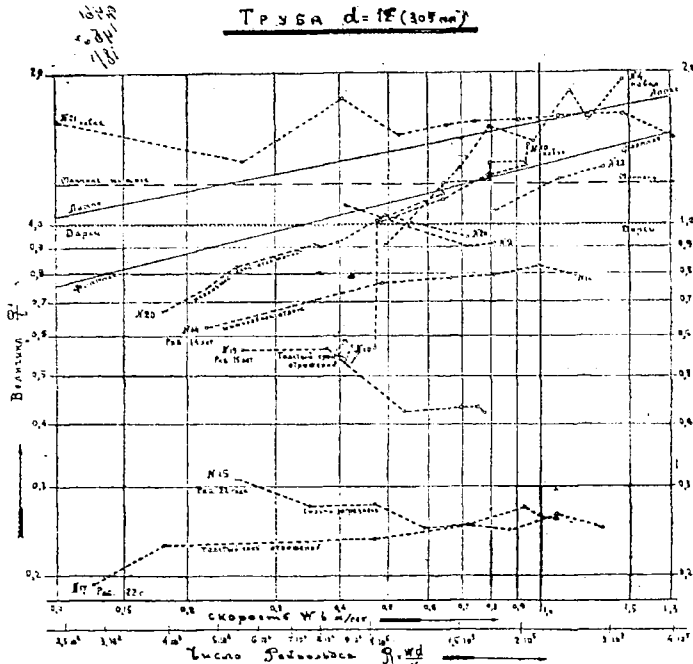
Отложения в старых долго работавших трубах дают уменьшение величин $\frac{Q^2}{l}$ чуть не в 10 раз.

2. Труба $D = 12''$ (305 мм) (средняя) черт. № 10. Если отказаться от формулы Лампе, то все остальные формулы особенно в пределах скорости от 0,5 м до 1,5 м захватывают хорошо область расположения результатов опытных данных.

Отложения в старых давно работающих трубах дают увеличение величины $\frac{Q^2}{l}$ примерно раз в пять.

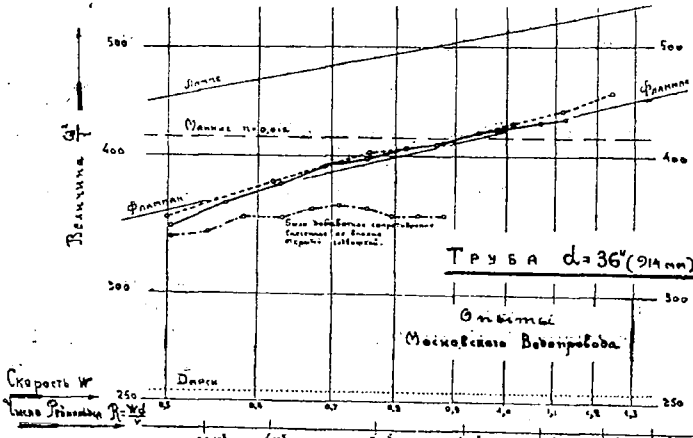
3. Труба $D = 36''$ (914 мм) (большая) черт. № 11. Так как опытного материала слишком мало (опыты Московского водопровода и одна точка по данным проф. Сатквича), то в данном случае возможно сказать только, что значения получены по формуле Фламмана хорошо совпадают с данным опытом. Формула Маннинга даст близкие результаты при скоростях 0,8 — 1,1 м/сек. Формула Дарен дает результаты совершенно не совпадающие с опытом.

Кроме того все графики указывают на влияние скорости, так как общее направление расположения точек (для новых труб) везде имеет тенденцию к повышению с увеличением скорости.



Черт. 10.

Всякие же загрязнения (засорения) трубы или как в опыте Московского водопровода внесения местных сопротивлений (не вполне открытая задвижка), кроме того, что уменьшают величину $\frac{l}{d}$, дают линию $\frac{l}{d}$ параллельную оси абсцисс, т. е.



Черт. 11.

указывают на то, что при этом закон изменения и величин «А» становится независимым от скорости W или расхода Q .

Заканчивая это сообщение (безду, сообщение имеющее главным образом методический характер, возможно на основании высказанных в нем положений сделать некоторые ориентировочные заключения.

Пользуясь для расчета трубопроводов формулами различных авторов, возможно получить величины потерянного напора различающиеся в 1,5—2,5 раза. Узкая область применения некоторых формул и отказываясь от употребления других возможно пределы расхождения расчетов

но различиям авторов сузить до 1,5 т. е. получить результаты с точностью до 50%.

Указанные пределы расхождения вообще мало влияют на определение диаметра трубопровода в особенности малых и средних диаметров, но при определении потерь напора результаты получаются с большим расхождением, что сильно сказывается на определении работы насоса, в особенности насоса или ребежного при работе его непосредственно в сеть.

Отказываясь от употребления вообще формул Дампе, Дюшон, Фаннинга, Вейсбаха и для труб больших диаметров кроме того от формул Дарси с коэффициентом 1,5 возможно сузить пределы расхождения результатов подсчетов.

Используя же прилагаемой номограммой каждому легко будет проверить, зная свойства воды, которая будет проводиться по сети, пригодна ли та или иная формула для данного случая.

Т Е З И С Ы

1. На основании рассмотрения графиков возможно сделать следующие выводы:
а) Пользование любой из приведенных формул для труб диаметром от 100 мм до 300 мм не может оказывать большого влияния на окончательный результат расчетов ее и.

б) Для труб большого диаметра (главным образом длинных водоводов) необходимо более осторожно подходить к выбору формулы, учитывая возможность значительных расхождений при подсчетах по той или иной формуле. Заведомо преувеличенные величины потерь напора дают формулы: Вейсбаха, Дарси с коэфф. 1,5 Дюшон и Фаннинга.

в) Для труб малого диаметра меньших 100 мм (учитывая более легкую доступность их) необходимо отказываться от употребления формул, которые дают заведомо преумноженные величины потерь напора к таковым относятся формулы Дампе, Вейсбаха, Дюшон.

2. Пользование предполагаемой номограммой позволяет производить подсчеты потерь напора одновременно по любой из приводимых формул.

Доклад инж. Е. С. ТАММ.

ПУТИ СНИЖЕНИЯ УТЕЧЕК ВОДЫ В КИЕВСКОМ ВОДОПРОВОДЕ

В каждом водопроводе имеется так называемая утечка воды, которая получается из прямой утечки через различного рода неплотности в трубопроводах и из недоучета воды водомерами, учитывающими потребляемую абонентами воду.

Прямая утечка не составляет большого процента в водопроводах, трубы которых укладываются сравнительно с большим запасом прочности.

При случайных здесь прорывах в трубах вода быстро пробивается на поверхность земли и при правильной постановке дела обслуживания сети, эти утечки быстро параллизуются.

Недоучеты воды водомерами могут быть весьма значительными и при исправных водозерах, как это будет видно из нижеследующего.

Экономическое значение каждой из утечек также очень различно.

Так уменьшение каждого процента прямой утечки уменьшает собственно, только расходы на перекачку воды, причем все прочие эксплуатационные расходы остаются почти неизменными, сбережение же одного процента по недоучету водомерами дает предприятию полную продажную стоимость воды, т. е. в 3—5 раз больше, чем по сбережению от прямой утечки.

За время империалистической войны утечка повысилась не только у нас, но и в Германии, где дело учета воды вообще стояло на довольно высокой ступени. Так, напр., в Дрездене и Гамбурге утечка в 8—12% повысилась до 30%, а у нас в отдельных городах

утечка повысилась до 60%. Что касается Киева, то здесь в довоенное время утечка была сравнительно большой, — в среднем около 20%, за время войны эта утечка все повышалась и достигла в 1922/23 гг. 49%.

Довоенный сравнительно высокий процент утечки объясняется иррациональным водомерным хозяйством, которое вел концессионер, эксплуатировавший Киевский водопровод. Так большая часть водомеров принадлежала домовладельцам; проверка, ремонт и регулировка водомеров водопроводом производились не систематически, и через большие промежутки в 4—5 лет.

Аппараты для проверки водомеров на редкость были несовершенными, так зеркало воды в Киевских аппаратах для проверки водомеров составляло около 2,7 кв. м и, следовательно, одному ведру воды соответствовало повышение уровня в резервуаре около 4,6 мм, поэтому невозможно было получить мало-мальски правильную проверку водомеров.

Затем в Киеве совершенно не практиковалась проверка ремонтируемых, а также и вновь устанавливаемых водомеров на чувствительность, т. е. на способность водомеров учитывать и малые количества воды.

Рекордную в Киеве утечку в 49% начали, как только экономические условия это позволили, снижать установкой новых водомеров, которые удалось Киевскому Комхозу закупить в количестве 700 шт. в Германии, затем в 1924 г. Киевский завод точной механики «Физико-Химик» поставил у себя производство водомеров и начал таковые поставлять Киевскому водопроводу. Насыщение абонентов новыми водомерами и полное прекращение отпуска воды «по огуду» — без водомеров сразу понизило утечку, которая в 1924/25 г. снизилась до 29%.

Одновременно с заменой старых водомеров новыми обращено было в 1924/25 г. большое внимание на ремонт и проверку водомеров.

Взамен описанного выше плоского с большим зеркалом воды ящика, служившего для проверки водомеров, устроены были в мастерских водопровода проверочные аппараты на подобие аппаратов, пропагандируемых Бреставльским заводом водомеров с зеркалом воды всего в 0,3 кв. м. На одном из таких аппаратов проверяются водомеры, доставляемые с сети, на другом проверяются отремонтированные водомеры, подлежащие установке у абонентов, причем каждый из отремонтированных водомеров обязательно испытывается на чувствительность и нормы чувствительности приняты пока в 60—70%, от норм, даваемых в прейскурантах заводами для новых водомеров.

Производство самого ремонта водомеров в 1925/26 г. было в корне реорганизовано.

До 1925 г. весь ремонт водомера, вплоть до его проверки, производился одним и тем же слесарем по поденной оплате труда. Производительность труда, разумеется была чрезвычайно низка и качество ремонта водомеров чрезвычайно пестрым в зависимости от индивидуальных свойств слесарей.

Наконец операция съемки и постановки на место водомеров производилась слесарями, которые водомеры эти нам несли на себе или везли на трамвае.

При такой организации работ 20—22 человека рабочих в водомерных мастерских отремонтировало и сменяло на сети обычно 700—800 водомеров в год, что при 4200—4500 в водомерах на сети составляет очень значительный процент.

Известно, что в засоренных сетях, как напр. в Берлине, водомеры снимаются с сети через каждые 1½—2 года. В Киеве же, где сеть значительно засорена из-за недостаточности промывок, смена водомеров должна производиться по крайней мере не реже одного раза в год.

Для того, чтобы достигнуть этого и пропустить через ремонт все 4200—4500 работающие на сети водомеры пришлось бы при старой вышеописанной системе ремонта и смены водомеров увеличить мастерские в пять раз.

Чтобы избежать, с одной стороны, громоздкости дела — с другой достигнуть надлежащей производительности, в мастерских был установлен следующий порядок: введена была сделщина и все работы по производству ремонта водомеров разбиты были на 6 отдельных операций, причем каждая операция производилась одним определенным рабочим, обозначаемым соответственным номером в колесе работы.

Первый номер разбирает водомер на составные части (и мойщик их обмывает) и перегоняет счетный механизм на 0, причем для перегонки счетчика на полн, вместо практиковавшейся ранее перегонки пальцами, установлен маленький электромоторчик, приводящий в движение эластичную шайбу, которая фрикционным путем вращает счетный механизм водомера.

Второй номер проверяет все части механизма водомера и заменяет изношенные новыми.

Третий номер. Сборка камеры верхушки, проверка и шлифовка оси, абонитовых втулок, агатового подшипника и проверка регулятора.

Четвертый номер собирает нижнюю передачу, проверяет все осевые втулки, укрепляет гнездовую и упорную пластины.

Пятый номер проверяет работу счетного механизма, укрепляет шиферблат и насаживает стрелки.

Шестой номер производит окончательную проверку и регулировку водомера для постановки его на проверочный бак.

Также операции по перевозке, постановке и съёмке водомеров у абонентов претерпела существенные изменения; взамен доставки водомеров на место работ отдельными слесарями, водомеры подлежащие установке на сети, за день до работ, развозятся подвой и оставляются на хранении в домоуправлении и на следующий день слесарь устанавливает на место развезенную порцию водомеров, а снятые нами водомеры таким же путем забираются и доставляются в мастерские для ремонта.

До поступления в ремонт каждый водомер, как это мы уже приводили выше, проверяется на чувствительность и правильность показаний и данные такой проверки отчетливо выявляют преобладающие неисправности в водомерах.

Описанный метод работы, введенный в Киевских водомерных мастерских, сразу изменил картину ремонта водомеров при одном и том же штате рабочих, вместо ремонта 700—800 водомеров в год, таковые ремонтируют в настоящее время до 7000 шт. в год и стоимость ремонта с 4 р. 20 к. снизилась до 1 р. 10 к., причем средний заработок рабочих водомерных мастерских составляет теперь 170—200% от их нормальной ставки.

Необходимо при этом отметить, что с переводом работ на сделыщину последовательно многие работы были механизированы, причем на ряду с техническим персоналом многие приемы предложены были рабочими. Благодаря последовательной механизации и введению приемов, облегчающих работу, в течение одного года средняя сделыщная оплата за ремонт одного водомера снизилась в три раза и с 4 р. 20 к. первоначальных понижена к 1926/27 бюджетному году до 1 руб. 10 коп.

Более тщательный ремонт водомеров и своевременная их смена снизила общую утечку до 17%.

До начала прошлого хозяйственного года (октябрь 1925 г.) водомеры в домах заменялись водомерами такого же калибра, какой в данном доме стоял, причем в Киеве всегда преобладали сравнительно большие калибры, что видно из сопоставления калибров водомеров в Мюнхене с таковыми же в Киеве.

Калибры водомеров в миллиметрах.

Название городов	Калибры														Всего	Средняя производительн. водомер.	
	7	10	13	15	19	25	32	38	50	63	75	88	100	125			150
Мюнхен	206	—	8831	—	737	209	90	30	21	—	22	—	18	—	—	10164	5.64 м ³
Киев 1915 г.	9	268	198	1111	1323	706	53	408	240	32	62	1	6	2	4	4423	5.88 м ³
Киев 1/X—25 г.	1	15	843	905	471	1251	122	297	71	6	33	—	3	1	—	4020	3.45 м ³
Киев 1/X—26 г.	—	8	1883	811	398	894	98	66	23	5	23	—	4	—	—	4213	3.68 м ³

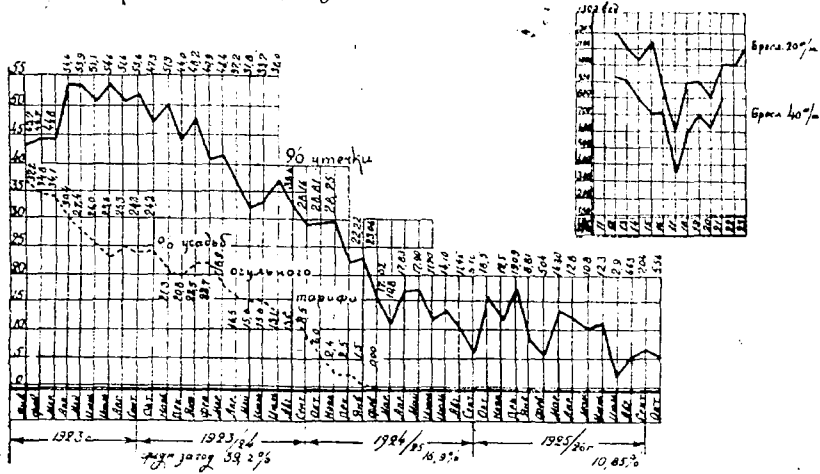
Так в Киеве при среднем суточном расходе воды на водомер в 2.87 куб. м, почти равном среднему расходу 2.63 куб. м в Мюнхене, водомеров калибра до 15 мм. обла-

дающих, как известно, наибольшей чувствительностью, имелось веса 35% к общему числу водомеров против 90% в Мюнхене.

Чтобы начать кампанию по постановке в домах водомеров калибров соответствующих потреблению воды в домах, пришлось для действительности пользы этой меры установить в одном из домов за водомером калибра 40 мм. обычно там стоявшим, водомер калибра в 20 мм. более соответствующий расходу воды в данном доме.

Результаты такой проверки представлены на прилагаемой кривой, из которой видно, что, несмотря на исправность 40 мм водомера, таковой, вследствие того, что вода в доме вообще зашла относительно малым количеством, недоказал в среднем на 30%.

0,0 утетки воды по месяцем за 1923-24-25-26г



После этого опыта и изучения путем наблюдений с записью через каждые 15 минут показаний водомеров в отдельных домах, начата была кампания по установке в городе водомеров малого калибра взамен водомеров больших калибров. Проведению этой операции способствовала случайная покупка 1077 комплектов внутренних механизмов к водомерам Симене и Гальеке калибра 12—15 мм. К этим внутренностям водомеров доделаны были в мастерских водопровода корпуса и, таким образом, получилась партия новых водомеров, при посредстве которой в сравнительно небольшой срок удалось установить на сети, взамен крупных, несоответствующих действительному потреблению воды водомеров, водомеры малых калибров, что, как это и надо было ожидать, благотворно отозвалось на учете воды и процент утетки снижен был к небывалым в Киеве 10,85% и, таким образом, Киев по размеру утетки приблизился к Европейским водопроводам.

Как изменялись калибры водомеров на сети видно из диаграммы.

Улучшение учета воды сначала постановкой новых водомеров, затем постановкой водомеров надлежащих калибров вызвало большое неудовольствие тех домоуправлений, в которых состояние водопроводной сети давало утетки воды через неисправные краны в ваннах и клозетах и т. п., причем большими водомерами вода эта не учитывалась. Население волновалось, требовало постоянной проверки водомеров, но Управление Водопровода, несмотря на нападki, продолжало проводить все намеченные им мероприятия по упорядочению дела учета воды.

Интересно отметить, что подобные же мероприятия по улучшению водомерного дела проводились почти одновременно в немецких водопроводах. Так, в №№ 45 и 46 от 6—13 ноября 1926 г. журнала «Das Gas und Was erfach» помещен доклад по водопроводному делу директора Штутгартского водопровода, прочитанный им на последнем

водопроводном съезде в Даниице, из которого видно, что также как в Киеве в германских водопроводах пришлось заменять изношенные водомеры новыми, испытывать недостаток в надлежащих материалах для ремонта водомеров и начать также как в Киеве замену водомеров соответствующих потреблению воды калибров. Произведенные в этом направлении опыты, как это докладывал директор Лник на съезде, показали, что, вследствие несоответствия калибров водомеров, недоучет в отдельных домах составляет от 7½ до 45%, несмотря на то, что сами водомеры, при проверке на испытательной станции, работали с отклонениями всего в $\pm 2\%$.

В Киеве, при проведении кампании по постановке водомеров соответствующих калибров, приходилось отряжать в дома наблюдателей для записи через каждые 15 минут показаний водомеров.

В Германии же в истекшем 1926 г. заводами Мейнке и Сименс Гальске вымучены для этой цели переносные проверочные водомеры, состоящие из точного дискового или вертунечного (для засоренных сетей) водомера с регистрирующим прибором.

Поразительное совпадение мероприятий, проведенных в Киеве и проводимых в Германии, показывает на правильность избранного Управлением Киевского Водопровода пути улучшения дела учета воды.

Доклад инж. А. ПАШКОВА.

ОПИСАНИЕ КАЗАНСКОГО ВОДОПРОВОДА.

Ключевая сеть.

Казанский Городецкий Водопровод питается водой из ключей и буровых артезианских скважин. Ключевая сеть водопровода расположена в оврагах в долине реки Киндерки в 26 км от Казани. Источники расположены в лесистой местности села Паповки, число действующих в настоящее время ключей 50 и дренажей 1 км 600 м.

Под ключи и дренажи занята площадь земли полосой около 130 га и длиной по реке Киндерке около 13 км 560 м.

У дренажей и ключей устроены деревянные сборные колодцы, откуда вода по керамиковым трубам подводится к главной керамиковой магистрали.

Главная керамиковая магистраль 325 мм длиной 9 км 280 м имеет уклон на это расстояние 30 м. На главной магистрали расположены 34 каменных смотровых колодца с поставленными над ними деревянными будками, служащими для осмотра, проверки притока воды из ключей и чистки магистрали.

По этой магистрали вода самотеком поступает в сборные резервуары главной насосной станции водопровода, называемой «Машинный Дом», находящийся от города в 10 км 700 м.

Обслуживают ключевую сеть 7 человек рабочих и 1 служащий.

Подача воды ключевой сети зависит главным образом от времени года и количества упавших атмосферных осадков. Самая большая производительность ключей бывает весной в апреле, когда она доходит до 4950 куб. м в сутки и самая меньшая в декабре и январе месяцах — 1250 куб. м в сутки часто доходя до своего минимума.

В среднем подача ключевой сети в сутки — до 2000 куб. м.

На случай загрязнения воды ключевой сети во время таяния снегов и сильных дождей имеются перекрытия главной магистрали, при помощи которых вода перекрывается и поступает в речку Киндерку.

Главная в-д-р-д-е-м-н-я станция «Машинный дом».

Площадь земли под усадьбу 6 га. На усадьбе станции расположены 4 шахты с 9 буровыми скважинами, из которых работают в настоящее время 7.

Вода из скважин подается штанговым и центробежным насосами, приводимыми в движение электромоторами, находящимися вместе с насосами на дне шахт. Глубина шахт 16,5—18 м, диаметр 2,1—3,2 м, стенки 2½—3½ кирпича. Глубина скважин (от дна шахты) от 27 до 36 м диаметр 200—350 мм.

Скважины до твердой известняковой породы оборудованы обсадными трубами на глубину 20 м. Центробежные насосы разн. заводов производительностью от 500 до 1000 куб. м. в сутки. Электромоторы ВЭК 220 вольт до 28 ампер, 1800 обор., 7 сил.

Все 7 насосов могут подать до 4000 куб. м в сутки, но, в виду того, что одновременно работать не могут, за резким уменьшением количества подаваемой воды, общая подача в среднем принимается 3500 куб. м.

Вода из шахты по 125—150 м.м трубам поступает в общий сборный колодец, где смешивается с водой ключевой сети.

Из сборного колодца вода по 300 м.м чугунной трубе поступает в запасный бетонный резервуар, емкостью 246 куб. м, откуда идет к приемному резервуару насоса «Триплекс», находящемуся в Машинном Зале.

По другой 300 м.м чугунной трубе вода из сборного резервуара поступает в приемные железные резервуары насоса «Нобель» и центробежного, расположенного в том же Машинном Зале. На всех трубах, соединяющих сборный колодец с скважинами и резервуарами установлены створные краны, которыми во всякое время можно перекрывать, перепускать воды и собирать запас ее.

Машинное здание каменное двухэтажное, построенное в 1875 году, длиною и шириною по 25 м, в нижнем этаже расположены Машинный Зал, во втором контора, клуб и квартира механика.

В машинном Зале установлены (в 1928 г.):

1. Насос двойного действия завода Нобель, производительностью 266,5 куб. м в сутки, приводимый в действие (на одном валу) двигателем Дизеля одноцилиндров., завода Нобель 50 HP при 160 оборотах в 1 минуту. Насос работает через воздушный колокол, напорная труба 225 м.м, давление по манометру 46 кг.

2. Центробежный насос установленный в текущем году, приводимый в движение (на одном валу) мотором 49 HP 220 вольт, 1400 оборотов в минуту.

Мощность насоса 2222 куб. м в сутки, напорная труба 150 м.м. Центробежный насос подает воду в воздушный колокол насоса «Нобель», мотор центробежного насоса получает энергию от двигателя Дизеля Коломенского завода 60 л. с., 210 оборотов в минуту, соединенный непосредственно с динамо-машинной ВЭК 40 квт., установленный в 1924 году.

3. Насос «Триплекс» мощностью подачи 2400 куб. м, приводимый в движение (на одном валу) одноцилиндровым нефтяным двигателем Кросслей 60 HP, 190 оборотов в минуту.

Мощность машин станции в данный момент — 170 сил.

Распределительная доска станции, а также и все магистрали электроэнергии оборудованы за текущий год вновь, а также сделаны вновь и исправлены приборы и провода в шахтах и жилых квартирах.

Около Машинного Зала находятся два железных резервуара для нефти, емкостью оба по 96.000 кг.

Нефть из города доставляется на лошадях в железных бочках.

На площади двора Машинного Дома находится: каменная ремонтная мастерская, оборудованная тремя токарными, одним строгальным и одним сверлильным станками и кузница на три горна, а также два флигеля для рабочих, баня, материальный сарай и другие постройки специального и хозяйственного назначения.

Акинский и Арский резервуары.

От насосов Машинного Дома вода по 325 м.м магистрали под давлением 110 ф. поступает в Акинский резервуар, находящийся в расстоянии от Машинного Дома в 2 км 700 м и от города в 8 км 530 м.

Акинский резервуар емкостью 600 куб. м находится на Акинской возвышенности (нивелировочная отметка 12 м).

Так как запаса воды в 600 куб. м хватает на очень короткий срок, то в настоящее время закончены работы по установке также добавочного железного резервуара емкостью на 600 куб. м, который соединен с другими Акинскими резервуарами.

Из Акинского резервуара вода самотеком по 325 мм магистрали идет в город и в городе от Арского резервуара разветвляется на 2 магистрали, из которых одна питает верхнюю часть города, а другая Арский резервуар емкостью 2500 куб. м, находящийся во дворе дома № 50 по Галактионовской ул. из которого уже питается нижняя часть города.

325 мм чугунная магистраль заложена на глубине 2,7 м и в месте прохода ее через овраг устроены железобетонные и деревянные водосливы.

Царицынские подстанции.

Для усиления водоснабжения в с. Царицыно в 5 км 330 м от города в долине г. Ноксы имеются две вспомогательные водоподъемные станции.

Станция № 1 существует с 1911 года с буровой скважиной в 200 мм и насосом Дуплекса завода Фельзер производительностью 1250 куб. м в сутки, приводимым в движение двигателем Дизеля завода Фельзера 30 л. сил. От насоса идет напорная труба к главной 325 мм магистрали, с которой и соединяется в 12,8 м от здания.

2-я станция открыта в 1919 году и находится в 128 м от первой с установленным в ней поршневым насосом Густава Листа, приводимым в движение при помощи ременной передачи двигателя Дизеля завода Нобель 30 лощ. сил.

Подача насоса Густава Листа 1000 куб. м. в сутки.

Общая мощность двигателя водопровода 230 HP.

При подстанциях построены жилые помещения на 6 квартир для обслуживающего персонала.

Городская сеть труб.

Городская сеть труб диаметром от 300—38 мм имеет протяжение 49 км.

Глубина закладки труб 2,5 м, давление в трубах от 1 до 8 атмосфер. На всей сети труб установлены 229 пожарных кранов и 110 створных кранов для водоразбора; в различных частях города устроены 33 будки с жилыми помещениями для сторожей.

Будки деревянные (2 камен.) с водомерами и устройством для отпуска воды.

Вследствие долголетнего употребления труб (50 лет) и плохого грунта (особенно в нижней части города) общее состояние неудовлетворительно и появляющиеся течи, особенно на домовых ответвлениях, обнаруживают часто полную изношенность труб и необходимость их замены новыми.

Также приходится производить замену труб и особенно кранов на домовых ответвлениях, положенных в революционное время, так как из-за отсутствия соответствующего материала были уложены железные неоцинкованные трубы и ставились задвижки, не отвечающие своему назначению.

В настоящее время предпринимаемыми мерами дефекты сети устраняются.

При мастерских водопровода имеется лаборатория для проверки и ремонта водомеров с необходимым оборудованием для работы.

Общее число абонентов 1410, из которых 1010 по водомерам и 400 без водомеров — по оптовой оплате.

Число абонентов по оптовой плате постепенно сокращается. Утечка воды городской сети водопровода составляет в среднем 30%.

Положение городского водопровода в течение 1925 года было чрезвычайно тяжелым: вследствие недостатка воды в городе некоторые водоразборные будки верхней части города, как напр. №№ 1, 2, 8, 13, 31, почти не функционировали; давление в той же верхней части было в среднем не выше 4 кг, шары гидрантов сильно пропускали, так как не имелся следующий в сети напор.

Царицынские подстанции стояли в ремонте: машины и насосы Акинской станции требовали капитального ремонта, угрожая перерывом водоснабжения, о каком-либо резерве не могло быть и речи. Лотки, переходы без ремонта пришли в катастрофическое состояние.

В конце минувшего года и начале настоящего все внимание Эльвотдрама было сосредоточено на проведении в порядок путем капитального ремонта машины и насосов

Акшеской водоподъемной станции и к концу марта эта задача была вполне удовлетворительно разрешена.

В начале июня минувшего года уже имелась резервная машина и водоснабжение города проходило вполне нормально, достигая давления по манометру довоенного времени и все водоемы функционировали правильно.

В истекший строительный сезон был произведен капитальный ремонт и полное переустройство всех водосливов на пути магистрали, идущей в город и из Пановки к Машинному Дому Горводопровода; был произведен ремонт Машинного Зала, шахт, окраска крыши всех зданий и пр. С целью увеличения дебета воды из артезианских скважин начаты буровые работы по устройству двух новых скважин с предполагаемым дебетом до 1872 куб. м в сутки.

На Акшеской возвышенности установлен запасный резервуар, емкостью до 624 куб. м, почему в настоящее время запас для верхней части города соответственно увеличен; установлены водомеры на Акшеской вышке и Царицынских подстанциях.

В Пановской ключевой сети произведена капитальная чистка труб, смотровых колодезев, произведено ограждение участка ключевой сети и установлена охранная зона, за пределами которой воспрещена сплошная рубка леса.

Работам городской сети было отведено второстепенное место, к их числу однако следует отнести: прокладка нового трубопровода в Ново-Татарской слободе 530 м, отнесение магистрали в излучине реки Казанки, прокладка магистрали по Евангелистовской улице; смена шахт с установкой новых люков на домовых и магистральных кранах и установка водоразборных колонок, новых кранов и пр.

Нельзя не отметить использование для работ прежнего газового трубопровода свыше 1490 м с точки зрения экономической. Эльводтрам имел около 17.000 руб. экономии по сравнению с затратами на новые трубы.

С целью удешевления отлуска воды и создания вполне устойчивого положения в отношении мощности водоподъемных станций применено к электрофикации горводопровода трехфазным током с напряжением 6000 вольт трансформируемых на 10 вольт, общей мощностью до 200 киловатт.

Общие данные характеризующие работу Горводопровода за истекший год представляются в следующей форме:

количество поданной воды 1.542.244 куб. м.
количество проданной воды 1.011.267 куб. м.

Процент утечки, включая сюда воду на тушение пожаров, израсходованную жителями Царицына и пр., 33%.

За 1925 г. эти данные соответственно будут: 1.481.106 куб. м; 1.066.543 куб. м и 27,99%.

Количество израсходованного топлива 254.322 кг, что составляет на силу в час 0,217 кг.

Выработано силчасов — 1.170.751.

Перекачено воды одним силчасом — 1,53 куб. м.

Расход нефти на 1 куб. м поданной воды 0,165 кг, средняя производственная себестоимость 1 куб. м воды 16,77 коп.; продажная же — 25,54 коп.

Количество поданной воды исчислено на основании коэффициентов подачи насосов и опытных данных; но несомненно точность цифр очень относительная, так как указанные данные непрерывно меняются.

Общее число рабочих и служащих по Горводопроводу — 142 чел., не считая аппарата ЭВТ; из этого количества 80 человек по Горсети и 53 по Машинному Дому.

Существующие тарифы на воду весьма близки к таковым других подобных городов, особенно если принять во внимание уже начатый бесплатный отлуск воды из водоразборных колонок.

С октября настоящего года вводится точный учет подаваемой в город воды по установленным водомерам.

На отчетку воды от загрязнения вследствие проникновения Пановской ключевой сети поверхностных вод, которые не успевают фильтроваться вследствие обильи и

дождей, что констатировано специальной комиссией, обращено особое серьезное внимание. В совместной работе по этому вопросу с Наркомздравом Эльводтрам произведена капитальная очистка ключей, колодцев ключевой сети и Аннинских резервуаров, установлен ежегодный анализ воды, неоднократно брались пробы из разных мест сети с целью установления места загрязнения.

Из обзора работы Горводопровода за указанный период времени вытекает, что центр внимания Эльводтрам в дальнейшем должен быть перенесен на работы по ремонту и развитию водопроводной городской сети в контакте с комиссией по постройке 2-го волжского водопровода, а также на мероприятия по оживлению и изысканию новых ключей с целью увеличения дебета Пановской ключевой сети и на электрификацию подъемных подстанций.

В соответствии с этим перспективно на будущий год намечены основные работы: по Пановской ключевой сети; разведочные работы на изыскание и присоединение новых ключей к существующей сети в районах Шапшинского и Лабутинского оврагов.

Прокладка новых магистралей в Заречных слободах и Дальне-Архангельской слободе, увязав эту работу с проектом нового Волжского водопровода и широко используя при этом газовый трубопровод. Замена изношенных труб новыми, главным образом, по Рыбнорядской ул. и Вознесенской и замена домовых присоединений, исполненных за последние годы черными железными трубами вопреки техническим нормам.

Ремонт домовых шахт и для магистральных кранов с предположением перехода на бетонные колодцы. Замена существующих гидрантов гидрантами московского типа. Установка водометров у всех абонентов. Постепенный переход на бесплатный отпуск воды из водоразборных колонок по принципу перехода от окраин к центру, ликвидируя в первую очередь наиболее невыгодные в экономическом отношении водоемы. Установка поливочных тумб. Устройство новых мастерских на территории Арского резервуара и лабораторий по проверке водометров. Работа по электрификации водоподъемных станций.

Доклад проф. М. В. СЕРГЕЕВА.

ДАнные о материалах для труб, проводящих минеральные воды и для бассейнов для тех же вод.

В курортном хозяйстве, когда курорт основан на использовании того или другого химического состава минеральной воды, выбор соответственного материала для труб, вани, бассейнов, насосов и других приборов и аппаратов, соприкасающихся с этой водой, имеет огромное экономическое значение. Достаточно указать, что в большом и хорошо оборудованном курорте одних трубопроводов насчитывается нередко десятки километров, чтобы согласиться, что частая порча и следовательно смена трубопроводов, которые портятся от действия на них минеральной воды, ложится очень большим бременем на бюджет курорта.

Но не только несоответственно выбранный материал для указанного оборудования курортных сооружений подвергается скорому изнашиванию от действия минеральной воды, а нередко в таких случаях и минеральная вода изменяется в составе, теряя некоторые свои составные части от соприкосновения с материалом. В этом случае уже имеется наличие уменьшения лечебного действия минеральной воды, что также не выгодно для курорта.

Вот с этих двух точек зрения и важно установить, какой же материал является инертным для той или другой минеральной воды.

Казалось бы, что при продолжительном, измеряемом иногда веками, существовании курортов, где используется одна и та же минеральная вода, легко уже одной практикой установить тот материал, который будет вполне удовлетворять требованиям инертности и применять только этот материал для такого же типа воды и на других курортах.

Практика же как многочисленных отечественных, так и зарубежных водопроводов показывает, что и для одной и той же минеральной воды нет однообразия применения

материалов для ее провода. Например, в известном, старом и прекрасно оборудованном заграничном курорте «Киссинген» сначала углекисло-соляная вода проводилась свинцовыми трубами, которые позднее заменены чугунными эмалированными, но в некоторых местах курорта для провода той же воды применяют медь, свинец, оцинкованное железо, дерево и фосфорную бронзу.

Такие же примеры разнообразия материал для провода одной и той же минеральной воды можно бы привести и на многих наших курортах. Но, так как такая смена материала влечет, как выше указано, большие расходы для курортов, то постепенно назревал вопрос установления хотя бы для каждого типичного состава минеральной воды соответственного материала, который по отношению к ней был бы совершенно инертным.

По сделанному мною на I Всесоюзном (XII) Водопроводном и Санитарно-Техническом Съезде в Баку докладу: «Материалы труб, проводящих минеральные воды от источников к местам потребления», было постановлено образовать при Постоянном Бюро Съездов научный центр для разработки и практического изучения этого вопроса. Таким центром является Специальная Комиссия Постоянного Бюро Съездов по рассматриваемому вопросу.

Чтобы иметь определенные данные, какие материалы считаются наиболее стойкими при проводе или сохранении минеральных вод разного типа, Комиссия вошла в сношение со многими заграничными (16) и русскими, через Главкурупр, курортами.

Сведения и ответы, поступившие в эту Комиссию от заграничных и русских курортов на запросы о постановке наблюдений над влиянием минеральной воды на разные материалы, показывают, что не многие курорты уделяют этому делу достаточно внимания, хотя разработка его на некоторых курортах и проходит научно и опытно в лабораториях: в большинстве же курортов продолжают подходить к выбору материала для труб, ванн и пр. только эмпирически, не имея для этого определенных и точных данных.

Затем эти же сведения убеждают, что вопрос о взаимодействии между материалами труб и минеральными водами очень сложен, поэтому даже для типичных составов вод трудно определено назначить инертные материалы. Если внимательно просмотреть все те причины, какие или отдельно, или совокупно влияют на изнашивание труб от действия на них минеральной воды, то окажется, что таких причин очень много.

Возьмем две близкие по типовому химическому составу минеральные воды — типа слабой поваренной соли:

	Темп.	Сух. остат.	NaCl	CO ₂ связ. в гр.
Висбаден (Hoch Brunen)	65,7° Ц.	8,90 гр.	6,83 гр.	0,31
Киссинген (Rakoczy)	10,7° Ц.	11,29 „	5,82 „	2,06

Для провода этих вод на обоих курортах были продолжены свинцовые трубы, но с течением времени точными химическими анализами убедилсь, что свинцовые трубы в Киссингене понижают качество минеральной воды и эти трубы там заменены эмалированными чугунными, несмотря на длину водопровода в несколько километров. Исследователь этого вопроса (д-р Хертель) объясняет причину взаимодействия материала труб и воды обилием свободной CO₂ в Киссингенской воде, каковой действительно в ней в 6 раз больше, чем в Висбадене, почему в Киссингене приходится покрывать чугун эмалью и там, где эмалевая корка повреждена чугун начинает разрушаться.

Но в другом случае вода с таким же содержанием свободной углекислоты, напр., вода «Нарзана» (1,997 г. а в Киссингене 2,06 г) не оказывает дурного влияния на чугун, даже без эмали. Значит в Киссингене действие CO₂ в связи с наличием других солей в составе воды.

Можно привести и другой не менее яркий пример:

Сероводородные воды	Т°	Сух. ост.	H ₂ S своб.
Аахен	55,0° С	4,650 гр.	0,003
Пятигорск	46,2° С	4,34 „	0,0107
Баден близ Вены (Marienquelle)	35,1° С	2,01 „	0,012

Воды Бадена и Аахена проводятся свинцовыми трубами, тогда как в Пятигорске

в свинцовых трубах вода получается всегда черная от сернистого свинца. Почему применяются чугунные трубы, которые хорошо выдерживают.

Но, если взять тоже сероводородную Магистральную воду, имеющую в отдельных выходах сух. ост. 7,81—10,81, своб. H_2S от 0,153 до 0,248, $NaCl$ от 5,905—8,32, то только керамиковый водопровод успешно сопротивляется разъеданию, а трубы из оцинкованного железа держатся при заполнении их водой 3-4 года, при тех же условиях чугунные трубы 5 лет.

Тот же исследователь (д-р Хертель) приводит целый ряд условий при кот. минеральная вода данного состава в одном случае имеет вредное действие на металл, а в другом нет. Например, вода и металл остаются взаимно инертны, если между ними сохраняется постоянная связь, т. е. когда металл покрыт водой; но на границе соприкосновения воды с металлом или когда последний то покрывается водой, то открывается, как при колебании горизонта воды в колоде или при не полном заполнении сечения трубы, металл скоро изнашивается. Поэтому необходимость заполнения всего сечения труб водой является очень важным условием, что отмечено было при Магистральной воде.

Кроме того, на прочность водопровода влияет правильная прокладка его, особенно при дальних протяжениях и в этом случае следует достигать: выбора надлежащего диаметра труб, равномерной скорости воды по трубам, что зависит от уменьшения изгибных уклонов трубопровода, равномерного внутреннего давления газов, что связано с уменьшением крутых изгибов трубопроводов или с устройством автоматических клапанов для выпуска газов, и сохранения постоянства температуры, достигаемого соответствующей изоляцией.

Затем, так как к той или другой воде инертно могут относиться не один материал, а несколько, то выбор того или другого из них основывается нередко на экономических основаниях, на наличии этого материала в данном районе и на удобствах и целесообразности использования самой воды. Например, в проходах минер. воды к бюветам и к кранам для разбора ее большими нередко применяются трубы из дорогого металла — оловянные, латунные и из фосфорной бронзы, в то время, как главные водопроводы к ваннам проложены из другого более дешевого материала.

Вот практически и опытом добытые положительные условия, которые как бы сохраняют инертность между минеральной водой и материалом труб.

Но практика использования минеральных вод нуждается в указаниях точных и определенных условий инертности, для чего надо познать весь процесс взаимоотношения между водой и материалом труб. Процессы же, изменяющие и состав воды и прочность материала, в действительности проходят столь сложно, что трудно бывает найти ближайшие причины этих явлений. Многочисленные и как бы противоречивые фактические данные таких взаимоотношений, особенно когда воды близкого химического состава действуют на один и тот же металл различно, давно уже привели специальных исследователей этих явлений за границей и у нас к тому, что одной из главных и чаще других проявляющихся причин является электролиз, который возникает между минеральной средой и материалом труб. Например, на электролиз, как главную причину разъедания труб нефтепроводов, обращено большое внимание и ведется специальные исследования и опытные наблюдения, по данным инж. А. Ф. Прутула, в Американской нефтепромышленности. К таким специальным исследованиям заставляют прибегать американцев, конечно, экономические соображения, когда нефтяные фирмы несут большие убытки, что и понятно, если принять во внимание, что одних только подземных нефтепроводов в Америке около 100.000 км и на них затрачено уже свыше 800 млн. фунтов стерлингов, а средний срок службы нефтепроводов около 20 лет, причем этот срок во многих штатах понижается до 7-6 лет (Луизиана, Арканзас), в некоторых же участках даже до 3 лет.

В то же время как влияние естественных минеральных вод, которые желают использовать с той или иной целью, проявляются вредно с внутренней стороны в трубопроводах, нефтепроводы подвергаются разъеданию с внешней стороны и это разъедание зависит и от состава почв, в которых трубы прокладываются, и от той атмосферной, богатой кислородом, воды, которая выщелачивает составные элементы этих почв и так скакать минерализуется почти у самых труб. Наблюдения показали, что даже от этих, мало

минерализованных вод, в присутствии металла образуется большое количество электрических токов, которые проходят через понижившуюся воду от точки до точки по поверхности металла. Такие точки, являющиеся полюсами, остаются на трубах при отливках, от повреждений, от разных загрязнений, а самые токи получаются от химической неоднородности металла, неоднородности структуры его и т. д. Поны движутся от анодных пунктов к катодным и обратно, при столкновении разноименные поны соединяются и, нейтрализуясь, образуют то молекулы гидрата закиси железа, то водородные газовые молекулы. В соединении с наличным кислородом, которого в атмосферной воде много, получается то вода, то идет дальнейшее окисление закиси железа в окись, которая выпадает, а из поверхности металла получают тем же процессом новые порции закиси железа, что и уменьшает вес и прочность труб.

Таково, по электрохимической теории, влияние воздуха, воды и почвы на разъедание нефтепроводных труб снаружи.

Но электролитические явления происходят и внутри металлических труб при проходе по ним минеральных вод. Д-р Хертель приводит опыт у сернисто-соляного источника, когда железные обсадные в буровой скважине трубы были заменены медными. Скоро заметили изменение качества воды и появление сероводорода, ясно ощущаемого на запах и вкус. По объяснению Хертля здесь между водой и металлом произошла электролитическая реакция, в результате коей произошло разложение сернистых соединений до образования свободного сероводорода.

Возможно, хотя это не проверено опытом, что и при действии Ессентукских углекисло-щелочных, Пятигорского теплого Нарзана, Железноводских углекисло-земельных и др. углекислых вод на железные трубы, в 3—5 лет разъедающиеся водой до кружевных оболочек, тоже происходит не просто химическое действие элементов воды на металл, а между ними идут сложные электрохимические процессы.

Выше шла речь о влиянии минеральных вод на трубопроводы, а в курортном хозяйстве важно выбрать инертный материал по отношению к минеральной воде также для ванн, сборных и напорных бассейнов, для холодильников и подогревателей, так как эти устройства и приборы имеют большую ценность и большое развитие в хозяйстве. В этом отношении особенно для ванн, как на русских, так и заграничных курортах, также имеет большое разнообразие в выборе материалов при одной и той же воде, но здесь чаще имеет значение, не только инертность вод, но и удобства для больных. Если, например, цементно-бетонные ванны являются инертными для вод поваренной соли Старой Руссы, железобетонные с ежегодной цементной штукатуркой для серной Мацестинской воды, то лучшими как для этих, так и для многих минеральных вод являются фарфоровые ванны, отличающиеся известной изящностью и чистотой, почему и предпочитают в применении на курортах.

При устройстве сборных бассейнов, которые должны удерживать не редко большое количество минер. воды, требуется материал, и стойкий по отношению к воде, и выдерживающий давление массы воды, почему чаще других применяется бетон и железобетон с разной цементизацией и окраской специальными составами, сопротивляющимися действию вод, а за границей и металлические баки с окраской от ржавчины. В баках же и бассейнах для подогрева минеральной воды влияние последней при высокой температуре сказывается еще более сильно на материал, который кроме того должен и сохранять лучше тепло. Поэтому на русских курортах наибольшее применение получило дерево, но за границей (Эмс, Виши, Мариенбад) применяют медные резервуары, иногда луженые.

Таким образом имеющиеся в Комиссии сведения, с одной стороны, указывают на большое разнообразие материалов, применяемых для трубопроводов и на большие разрушения последних от действия на них разного рода минерализованных вод, что требует частой смены их и приносит собой большие расходы, а с другой не только на отсутствие планомерной борьбы с этими явлениями, но даже на организованность в исследованиях и изучении этого вопроса как у нас, так и за границей. Правда в лабораториях больших курортов, как на Кавказе. Минер. водах, производились в разное время серии работ по исследованию стойкости различных материалов для прохода и сохранения

различных газосодержащих (CO_2 и H_2S) минер. вод, но химик Управления вод Э. Э. Карстене сообщил мне, что результаты этих работ еще не опубликованы, поэтому на эти работы следует смотреть, как на материал по отдельному случаю (ad hoc). К такого же рода работам надо отнести и указанные выше исследования проф. Хертеля из Киссегена. Возможно, что подобного рода отдельные работы выполнены и на других курортах, но согласованности, повторю, в этих исследованиях нет.

Более планомерной надо считать борьбу с защитой металлических труб от разъедания минерализованными водами, которая ведется, по сведениям ниже, Притюла, Американскими нефтепромышленниками. В этой борьбе заинтересованы и фабриканты красок, в интересах которых выработать краски наилучшие предохраняющие трубы от разъедания. В этих видах Бюро Стандартов, во-первых, задалось целью классифицировать все почвы, в отношении вредного действия их на трубы, а во-вторых приступило опытным путем к установлению самой прочной защиты труб от разъедания. В 35 штатах Бюро закопало в 46 местах различные трубы, покрытые различными защитными красками. Наблюдения рассчитаны на 12 лет и в каждом месте закопано по 6 групп образцов, причем через каждые 2 года вынимается 1 группа таковых. Пока вынуты 2 группы. После выемки образцы выщипываются лимонно-кислым аммонием и взвешиваются, сравнивая новый вес со старым. Тщательно обследуются все ямки, появившиеся на поверхности труб. После окончания этих исследований будут выявлены лучшие защитные покрытия труб в зависимости от почвенных условий.

Такие начинания, конечно, дадут ценные результаты и мне кажется, что только подобными, правильно организованными опытными исследованиями, в связи с лабораторно-химическими, и можно будет подойти к решению основной задачи взаимоотношения материалов труб с минеральным составом вод и почв.

Имеющие я в распоряжении Комиссии материалы позволяют сделать следующие выводы:

1) На выбор материала для трубопроводов, ванн и бассейнов имеет влияние не только типовой химический состав минер. вод, т. е. серная, щелочная, железистая, и т. д., но и минимальные дозы разных химических элементов, составляющих для данного типа воды лишь незначительные, часто едва уловимые анализы, добавки.

2) Практика как русских, так и заграничных курортов показывает, что установить математически точные показания для применения того или другого материала даже для каждого типового химического состава вод невозможно, а приходится допускать при выборе материала некоторые отступления.

3) Такие отступления (2) зависят не только от химизма самой воды (п. 1), но от ее температуры, давления, количества газов, дальности и особенности прохода воды, времени соприкосновения ее с материалом, от наружной и внутренней чистоты поверхности труб, неоднородности структуры металла, его качества и т. п.

4) Только правильно организованными лабораторно-химическими и опытными исследованиями можно подойти к решению основной задачи взаимоотношения материалов труб с минеральным составом почв и вод. Организацию таких исследований следует сосредоточить в Комиссии Бюро водопроводных Съездов, с привлечением к участию в работе Главкурупр и Курортные Управления на местах. Нефтяной Директорат и Правления Нефтяных Трестов, а также и другие государственные и промышленные учреждения, заинтересованные в решении рассматриваемого вопроса.

ОБЛОЖЕНИЕ ГОРОДАМИ ЧАСТНЫХ ВОДОСНАБЖЕНИЙ, ПОЛЬЗУЮЩИХСЯ ВОДОЮ ИЗ ГОРОДСКИХ ВОДОПРИЕМНИКОВ, НАХОДЯЩИХСЯ В ЧЕРТЕ ГОРОДА И ЕГО ФОРМЫ.

Многие крупные промышленные предприятия, находящиеся в черте города с действующим городским водопроводом, все же имеют собственные водопроводы.

Разнообразные причины, в каждом случае свои, вызывающие на это, сводятся в общем к двум: 1) невозможность присоединиться к городской сети — ее удаленность или малое количество воды, которую город может дать предприятию, 2) невыгодность присоединения и пользования городским водопроводом, вследствие высокой продажной цены гор. воды.

Формы собственного водоснабжения сводятся обычно — к устройству или колодезев простых, артезианских и абиссинских и прудов, выкопанных в пределах своих земельных участков или к устройству заборных приспособлений того или другого типа из городских водоемов — прудов, каналов и рек.

Оставляя без рассмотрения вопросы насколько Откомхоз может обязывать все предприятия и учреждения, находящиеся в черте города, пользоваться, для всех видов потребления ими воды, таковой исключительно из городского водопровода, так и об обратной обязанности, для самого Откомхоза, удовлетворить полностью всю потребность в воде отдельных учреждений, рассмотрим только взаимоотношения Откомхоза с частным водопользованием из городских водоемов.

Город, заключающий в своей черте различного рода водоемы — пруды, реки, каналы, конечно несет и ряд обязанностей по поддержанию их в санитарном, эстетическом и техническом отношении. Обязанности связаны и с целым рядом расходов. Использование Откомхозом водоемов, казалось бы, должно быть не односторонним ввиду обязанности для Откомхоза нести те или другие расходы на их охрану и содержание в порядке, но город должен иметь право на их эксплуатацию также как эксплуатирует он городские земельные участки и различного рода коммунальные предприятия, получая от этой эксплуатации не только средства для покрытия расходов по их содержанию, но ту или другую прибыль, идущую на покрытие других безвозмездных коммунальных мероприятий общественного характера (школы, больницы, сады и проч.).

Считать, что право каждого гражданина в СССР на землю, воду и воздух будет в этом случае как либо нарушаться, нельзя, тогда как отказ Откомхоза от своего права на обложение для изыскания средств по содержанию водоемов, находящихся в его черте, имеющих общественный характер, лишает или ухудшает общие права городского населения как на получение более дешевой воды, так и на более полное обслуживание коммунальными услугами. Это тем более справедливо, что объектом такого обложения для извлечения средств на содержание водоемов и для получения от него прибыли, являются не все горожане, а те единицы и учреждения, которые, пользуясь для своих потребностей водою из городских водоемов, находятся в более привилегированном, дающем им большие выгоды и удобства, положении.

Поняв, что из лиц, учреждений и, в особенности, промышленных предприятий основной задачей которых является извлечение прибыли, вопрос о присоединении к гор. водопроводу или устройству собственного водоприемника есть вопрос возможности и, в случае возможности, выгодности. Конечно, то промышленное предприятие, которое находится в условиях, при которых оно имеет возможность получить воду из гор. водоема, будет в лучших условиях, чем таковое же промышленное предприятие, которое за его, напр., удаленностью от водоема не может этого сделать.

Предприятие, нашедшее для себя более выгодным устройство собственного водоснабжения из городского водоема, имея выгоду от этого, имеет ли более дешевую воду, или в большем количестве, или более обеспечено от возможных перебоев в водоснабжении, чем, если бы пользовалось только городской водой, и

вследствие сего, находится в лучших противопожарных условиях, платя поэтому и меньшие страховые взносы. Такие многообразные выгоды, которые создают промышленному предприятию, пользующемуся водою из городского водоема, привилегированное положение по сравнению с таким же предприятием, по отделенным от водоема и не имеющим собственного водоснабжения, не считая даже еще тех выгод, которые зачастую получает промышленное предприятие непосредственно от своего близкого расположения к гор. водоему.

Так, подвозка и, вообще, транспорт громоздких материалов, топлива и проч. большей частью легче и дешевле водою, чем сухим путем; зачастую больше света и воздуха; во время пожара, к собственным средствам борьбы с огнем и городским пожарным командам с водою из бочек или гор. сети, присоединяется скорая подача больших масс воды из водоема. теми же гор. пожарными машинами или парходами и пр. и пр.

Такое привилегированное положение расположенных вблизи городских водоемов предприятий и тем более пользующихся из них водою для своих надобностей и, вследствие этого, имеющих большую прибыль, чем таковые же предприятия, но не находящиеся в столь привилегированном положении, одно уже дает право Откомхозу на получение части этой добавочной прибыли, с целью обращения ее на обще-коммунальные нужды, для улучшения условий жизни всего населения города.

Передача, если не всей добавочной прибыли, то хотя части ее в руки коммунального хозяйства, обслуживающего все население, должна быть признана вполне целесообразной и справедливой.

Одним из серьезных мотивов к праву городов на обложение промышленных предприятий за извлечение ими добавочной прибыли при посредстве устройства собственных водоснабжений, служат и те расходы, которые город несет по содержанию этих водоемов в таком виде, при котором пользование ими для частного водоснабжения с течением времени не ухудшалось и не затруднялось бы, а также теми неудобствами и препятствиями, которые такое частное пользование приносит как всему Откомхозу, так и отдельным гражданам. Перечислить их все и невозможно и не нужно. «Не бросать якорей», не приставать к набережной в место время устройства и ремонта водопроводника и труб в берегах, как идущих поперек набережных, так и вдоль улиц до черты завода; провалы в местах прокладки, порча мостовых и проч. и проч.

Все вышесказанное, обрисовывая существующие взаимоотношения частных водопотребителей из гор. водоемов с Откомхозами, обязанности Откомхозов по содержанию водоемов в исправном состоянии, привилегии и выгоды, получаемые частными водопользователями, обязанности городов по отношению к большей доступности, дешевизне и числу общекоммунальных услуг, предоставляемых всему населению, устанавливают с несомненною очевидностью права Откомхозов на непосредственное обложение водопотребителей, имеющих частные водоснабжения из городских водоемов. Вопрос только каковы должны или могут быть формы этого обложения и его размеры.

Формы обложения должны быть таковы, чтобы они не вызвали излишних затруднений, расходов или потери времени при установлении размера обложения для данного предприятия и чтобы, в дальнейшем, не вызвали бы надобности в чрезмерных расходах на контроль и установление происшедших видоизменений в использовании предприятием гор. водоема; чтобы они были бы пропорциональны тем выгодам, получение которых преследовало предприятие, устраивая частное водоснабжение, а также с учетом тех затруднений и лишений, лежащих на остальное население при наличии частного водоснабжения.

Нельзя форму обложения строить на признаке количества потребления воды, так как помимо трудности ее быстрого, точного и бесспорного установления и в каждом отдельном случае, частая изменчивость и, главное, возможность неправильного истолкования некоторыми лицами из населения такого обложения, как

отмену основного закона о праве каждого гражданина в СССР на землю, воду и воздух, служат тому серьезными основаниями.

Казалось бы, не следует применять обложения в зависимости от размеров земельного участка, общей стоимости данного предприятия, его валовой или чистой доходности, так как все формы обложения, основанные на этих признаках, помимо всей сложности, частой изменчивости, трудности для Откомхозов быстрой и бесспорной оценки и проверки их, не включают в себя признаков, которыми характеризуется частное водопользование по отношению хозяйства Откомхоза и интересов граждан, т. е. по отношению самых водосточников и той территории водоемов, их берегов, набережных, улиц и площадей, которые используются предприятиями при устройстве частного водоснабжения.

Наличие у Откомхозов прав на обложение водопотребителей из городских водоемов и необходимость осуществления Откомхозами этих своих прав, явствует также из постановления Президиума Совета Народных Комиссаров, имевшего место 15 сент. 1923 года и состоявшегося по следующему поводу.

Ленинград в том году встал перед вопросом о необходимости привлечь частных водопотребителей из гор. водоемов к участию в расходах по содержанию общественных водоемов по следующим причинам.

1) Знаменитый Лиговский канал, идущий в значительной своей части за чертой города, но и в черте города имеющий протяжение свыше 8 км. за время гражданской войны совершенно развалился и требовал капитального ремонта, расход на который исчислялся в 122 тыс. р., между тем как вода его самому Откомхозу, за прекращением питания ею прудов Таврического сада, была совсем ненужна и канал обслуживал интересы только 3 крупных заводов. Ввиду необходимости экстренного капитального ремонта, Откомхоз настаивал пред губ. ЭКОСО, чтобы этот ремонт был возложен на заинтересованные заводы.

2) Ряд заводов, пользующихся водою из Обводного канала, сами предъявили к Губоткомхозу требования об очистке и углублении Обводного канала.

3) Такое же требование предъявили электростанции Электротоба, в частности, пользующиеся водою из р. Монастырки.

Поэтому Управлением гор. водопроводов, по поручению Зав. Откомхозом, был составлен проект обложения учреждений, пользующихся водою из городских водоемов, в виде арендной платы Откомхозу за количество могущей быть потребленной чрез их водоприемники воды. Этот проект был предметом рассмотрения на двух совещаниях при участии заинтересованных учреждений, имеющих свои водоснабжения и, с некоторыми поправками, был принят большинством голосов участвовавших и получил осуществление в виде обязательного постановления Губисполкома от 15 сент. 1923 г. опубликованного в № 74 Вестника Петросовета от 19 сент. 1923 г. Однако, вследствие протеста некоторых учреждений вопрос поступил затем на рассмотрение Президиума ЦИК.

Вот полностью выписка состоявшегося постановления Президиума ЦИКа:

Слушали: об отмене Постановления Петрогубисполкома от 15 сент. 1923 г. об оплате промышленными предприятиями за пользование водоприемными устройствами из рек и каналов; доклад т. Дробинца дело № 431. Докладчики: от ВСНХ — Розенблюм, НКЮ — Котляревский, НКВД — Кокшайский, Ленингр. ГИК — Алексеев и Иванов.

Постановили: принимая во внимание, что в постановлении Петрогубисполкома от 15 сент. 1923 г. об оплате промышленными предприятиями за пользование водоприемными устройствами из рек и каналов — предусматривается взимание аренды за пользование водой из этих рек и каналов, что противоречит законам РСФСР, признать необходимым изменить означенное постановление на следующих основаниях:

1. предоставить Ленингр. ГИК'у право взимания аренды как за прокладку труб по городской земле для водоприемных устройств, так и за площадь, занимаемую необходимыми для них сооружениями у берегов рек и каналов.

2. Разрешить Ленингр. ЦИК установить размер арендной платы за водоприемные установки на основании п. 1 настоящего постановления. Утв. Председ. СНК РСФСР тов. Рыков 14/VI—24 г., прот. МСНК № 1145 п. 716—717.

Из этого постановления видно, что Президиум ЦИК считает необходимым: 1) предоставление права взимания аренды Губоткомхозу как за прокладку труб по городской земле, так и за площадь у берегов, занимаемую водоприемными сооружениями и 2) для осуществления этого права разрешить Губоткомхозу производить взимание арендной платы на основе указанных в п. 1 положений.

Не останавливаясь более на дальнейшем в деле этого частного случая, отмечу лишь, что Управлением Городских Водопроводов был, в соответствии с постановлением Президиума Сов. Нар. Комис., разработан новый проект, которым устанавливалась арендная плата:

1) за площади городской земли, занятые под проложенные предприятием от своей границы до берегов канала трубы, считая ширину = для диаметров до 250 мм = 0,8 м; до 500 мм = 1 м до 750 мм = 1,5 м (по 1 рублю за кв. м);

и 2) за площадь, занятую в береговой стенке водоприемной трубой = ее площади попер. сечения (по 0,05 рубля за кв. см).

Размер обложения, который в этом случае был принят Горводом, обуславливался тем, чтобы количество могущей быть потребленной при помощи наличного диаметра собственной водоприемной трубы, в месте входа ее в стенку водоема, при секундной скорости в 0,5 м и 8 часах работы в течение 25 дней в месяц, обходилось бы промышленному предприятию раза в два дешевле стоимости воды из городского водопровода. При этом, те из предприятий, которые работают с неполной, по сравнению с довоенным временем, загрузкой или у которых водоприемные устройства являются запасными, пользуются соответствующей скидкой, доходщей для непромышленных учреждений до $\frac{1}{4}$ нормы промышленных. Бездействующие предприятия или у которых их собственные водоприемные устройства могут быть неиспользуемы исключительно только для противопожарных целей, совсем освобождаются от арендной платы.

В каждом Откомхозе, в зависимости от наличия своих местных особенностей должен быть устанавливаем свой размер оплаты, но общий принцип арендной оплаты 1) проложенных по городской земле труб частных водоснабжений — по их площади, 2) самих водоприемных устройств — по площади поперечного сечения водоприемного устройства в месте входа его в береговую стенку водоема — я считаю несомненно правильным и подлежащим принятию Съездом, как основы для дальнейшего развития правовых взаимоотношений Откомхозов с частными водопотребителями, пользующимися в своих целях городскими водоемами — вопроса, рассмотрению которого, к сожалению, до сих пор было уделяемо мало внимания.

На основании изложенного предлагаю настоящему Санитарно-Техническому Съезду принять следующий, вытекающий из доклада тезис:

Частные водоснабжения из водонесточников, падающих в черте города, пользуясь от этого выгодами и сами предъявляя требования к городу, должны участвовать в расходах города на содержание водонесточников в виде арендной платы как за площадь, занятую проложенными трубами и устроенными подземными сооружениями на городской территории вдоль улиц и набережных, так и пропорционально площади поперечного сечения водоприемного отверстия в месте входа его в стенку водонесточника.

ПРАКТИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОКЛАДКЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ТРУБ.

Поощрение к употреблению железных труб, начавшееся еще до обстоятельного знакомства со свойствами их и до выработки надлежащих способов их прокладки, так сказать «теза» железных труб, повидимому, кончилось и вопрос о них перешел во вторую стадию развития всякой идеи — в свою антитезу: 12 Всероссийский Водопроводный и Санитарно-Технический Съезд 1922 г. в Москве одобрил правила устройства домашнего водопровода. По § 10 этих правил: в земле могут быть укладываемы лишь чугунные раструбные трубы... Это соответствует положению, высказанному и в докладе инженера Московской сети Ан. Ал. Мамонова предыдущему Съезду о том, что «из Московской практики с железными оцинкованными трубами» вытекает подтверждение заключения, сделанного в 1904 г., а именно, что железные оцинкованные трубы в Москве класть в земле нельзя.

На днях и в журнале «Вопросы Коммунального Хозяйства» должна появиться статья одного Ленинградского инженера, который уже на основании ленинградской практики с прокладкой магистральных железных труб, говорит, приходит к подобному же заключению относительно железных труб большого диаметра. И так как и бы те и бы было железные трубы не должны быть в предельно прокладываемы. Вопрос ясен, кончен и перерешенно не подлежит, после категорического безоговорочно установленного последним Съездом § 10 правил.

В этом случае 12-й Съезд отступил от прежних многолетних съездовских традиций, соответствовавших, казалось, сложности жизненных условий, в которых работает и развивается техника, когда невозможно сегодня делается завтра уже доступным и обязательным. (В Америке уже появились ножи из нержавеющей стали.) До сих пор наши Съезды избегали принятия безоговорочных категорических решений, которыми сжигались бы корабли и центр тяжести вопроса с простого запрещения, бывающего иногда похожим на знаменитое «тащить и не пущать», неизменно, по долголетней Съездовской традиции, переводился на почву возможности дальнейшего усовершенствования техники; вместо запрещения, намекая пути и формы, в которых оно должно себя проявлять, и условия, при наличии которых, оно может быть с пользой для дела осуществляемо. Однако такое простое запрещение, хотя и очень решительно, не есть окончательно исчерпывающее решение вопроса о железных трубах и в ближайшее время подлежит пересмотру, если не полной отмене.

По закону триады — ни в тезе, ни в антитезе — нет полной истины и за этими обеими неустойчивыми формами проявления человеческого творчества неизбежно появление третьей устойчивой — их синтез, т. е. для железных труб возможность их употребления с расширением даже случаев их применения, после того, когда свойства и качества их будут более точно выявлены и на основе этого будут выработаны практические приемы обращения с ними. Дискуссия о железных трубах неизбежна, ею займется если не настоящий, то будущие наши Съезды.

Практика заграничная, опытные исследования и у нас и за границей, все увеличивающаяся литература о железных трубах говорят о возрастающем и абсолютно и относительно потреблении железных труб за границей и не только о допустимости их употребления, но и во многих случаях их преимуществе перед чугунными. Так обширные опыты, произведенные в Германии над ржавлением железных и чугунных труб доктором Кренке; они охарактеризованы профессором Сидоровым, давшим отзыв об этой книге, так: «эти опыты говорят, во всяком случае, скорее в пользу железных труб против чугунных».

Предварительное рассмотрение всех особенностей железных труб сравнительно с чугунными, т. е. в сущности та же дискуссия о железных трубах должна быть открытой и после «сабу» Съезда на жем. трубы, даст необходимые основания для практических указаний при употреблении железных труб. Пока § 10 правил окончательно не войдет в жизнь и в отдельных случаях многообразной русской действительности, когда в вашем районоружении имеются только железные трубы — эти указания сослужат свою службу и потому весь вопрос в целом о железных трубах Съездом заслуживает быть выслушанным.

Практические указания об употреблении железных труб должны были бы охватить весь вопрос о железных трубах — начиная с процесса их производства конструктивных особенностей, транспорта, укладки, ремонта, срока службы, словом, всех обстоятельств, так как от всего этого зависит достижение большей выгоды (дешевизны) в употреблении железных труб и их технической целесообразности.

Вопросы связанные с производством труб, хотя, частично, освещались в специальной печати, но далеко еще не в той мере, чтобы каждый водопроводный инженер мог быть с ними хорошо ознакомлен.

По словам проф. Сидорова массовое изготовление железных труб представляют один из наиболее энергично охраняемых заводских секретов в машиностроении и потому весьма относительно литература об этом отличается крайней бедностью. На наших Съездах эти вопросы почти не освещались. Между тем информирование инженеров практиков водопроводного дела с изготовлением тех труб, которыми они пользуются, какие стадии производства их и в какой мере влияют на требуемые ими водопроводные качества труб и на их большую или меньшую дешевизну, какие конструктивные особенности, ставимые трубами, увеличивают эту стоимость, не только представляют для них несомненный интерес, но смогут помочь — изменением в иных случаях пределов предъявляемых к трубам требований, в других упрощением конструкции, — дальнейшей рационализации производственных процессов, удешевлению и улучшению водопроводных качеств изготавливаемых труб.

Поэтому позвольте высказать пожелание, чтобы на ближайшем же будущем Съезде был дан такой исчерпывающий доклад или ряд докладов о различных способах производства железных труб со всеми выводами из сего, указанными выше.

Вопросы стандартизации и нормализации железных труб, создания для них такого же нормального сортамента как для чугунных труб, с предварительным обсуждением конструктивной стороны — вопросы, которые, не являясь предметом настоящего доклада, тем не менее имеют значение для удешевления и большего соответствия предъявляемым требованиям к железным трубам водопроводными инженерами. — Целью нежелать, чтобы и эта сторона вопроса о железных трубах не была оставлена без освещения и постоянного воздействия со стороны последующих Съездов.

К этой же категории вопросов, подлежащих еще рассмотрению Съездами, является выработка инструкции и правил об испытании железных труб, их приемке и транспортировке.

Многочисленные примеры из американской практики, приводимые проф. Сидоровым в его книге «Трубы» — о разном и тяжелых последствиях от недостаточности существовавших инструкций и по испытанию и приемке, подтверждают необходимость и нашим Съездам заботиться этими вопросами.

Тяжелые последствия от неправильной транспортировки и почти полное отсутствие в наших условиях какой-либо регламентировки транспорта, каждому из нас хорошо известно. Большой накладной процент, которым ныне входит транспорт в расходные статьи каждого предприятия, дает только лишние основания, чтобы предъявлять к нему большие требования, и а чаще инструкции по перевозке и всячески добиваясь снижения ее стоимости.

То, что все эти вопросы до сих пор еще не были достаточно разработаны нашими Съездами, все же не является основанием к полному запрещению употребления железных труб, хотя бы и только для домовых водопроводов.

В настоящем докладе я хотел бы все же несколько коснуться и производственных процессов, хотя бы в части асфальтировки и оцинковки железных труб, с целью обратить на эти стороны внимание приемщиков на заводе, а также в некоторой части и вопроса о транспортировке труб и только после того перейти к рассмотрению работ с железными трубами, домовыми и магистральными, рассмотрев их прокладку, соединения с существующими водопроводными устройствами, отдельные случаи пересечения с канализационными устройствами, переходы через водоемы, а также и ремонт железных труб.

До этого однако надо остановиться на особенностях железных труб сравнительно с чугунными.

Я не собираюсь заниматься полным разбором особенностей железных труб или рассмотрением Московской и Ленинградской практики с этими трубами — разбор доклада Ан. Ал. Мамонова, совместно с подобным же докладом из Ленинградской практики, лучше сделать отдельно на страницах хотя бы журнала «Санитарная Техника». Здесь же я только отмечаю, что и при отрицательном отношении Ан. Ал. Мамонова к прокладке железных труб мал. диаметра — домовых оцинкованных, он не высказывает такового к железным трубам большого диаметра — магистральным. Наоборот он приводит случаи, когда магистральная железная труба была проложена взамен чугунной, в видах ее большей технической целесообразности в данном случае.

Отрицательно относится он к оцинкованным трубам за их быстрое ржавление, выставляя тезис, что оцинкование не может быть признано средством предохраняющим от ржавления трубы прокладываемые в земле, но и не сообщая были ли делались какие-либо попытки к сохранению оцинковки труб и изучались ли условия, наличие которых способствовала этому сохранению, однако, обращая внимание что во многих местах, где железных водопроводов уложено было много, проржавливания до сих пор не обнаружено, хотя трубы уложены были от 8 до 11 лет назад. Возможно, если бы докладчиком были приведены списки числа и длины всех железных водопроводов, с указанием сколько лет они лежат без замены или с заменой только проржавевшего места — таких долголежащих в исправности труб оказалось бы довольно много (одна труба, например, указанная в докладе, первое проржавление дала на 18 году).

С моей точки зрения к выяснению причин длительности сохранения в одних случаях и быстрой порчи их в других и должно было бы быть направлено внимание докладчика, а не на отказ от употребления железных труб. Ведь доклад был уже после опубликования опытов Кренке о сравнительном ржавлении железных и чугунных труб, оказавшихся в пользу железных труб против чугунных. Очень важным для дальнейшего является факт отмечаемой пнж. Мамоновым, что «Проржавление железных труб всегда идет снаружи — от грунта, внутри же трубы в Москве не проржавливают» чугунные же трубы, как всем известно, сильно ржавеют и зарастают изнутри. Итак что же оказывается.

Единственным из-за чего железные оцинкованные трубы не должны быть прокладываемые в земле, это их, в некоторых случаях, быстрое проржавление снаружи. Причины этого. Меры против него. Быть может этих мер нет или они так сложны и дороги, что в обычных условиях не могут быть применяемы? Об этом доклад умалчивает, а в этом корень вопроса. Борьба с наружным проржавлением следовательно должна быть предметом главнейших практических указаний по прокладке железных труб.

В текущем 1927 г. в Ленинграде пришлось наблюдать железную трубу, проложенную еще тридцать лет тому назад присутствующим среди нас Мих. Ив. Алтуховым — это 500 мм переход по дну через Обводный канал из клепанных железных труб. Вода и грунт в Обводном канале зловонные, насыщенные различными минеральными и органическими отбросами и кислотами, спущенными многочисленными фабриками; а вынутый железный переход оказался в таком состоянии, что по видимому мог бы пролежать еще столько же

лет; даже следы окраски суриком снаружи во многих местах оказались сохранившимися. Внутренняя поверхность трубы была в полном порядке. Следовательно, приняв достаточные меры к сохранению внешнего изолирующего слоя, мы можем сохранить такие железные трубы целыми неопределенно долгое время и нет поэтому оснований для оставления в будущем в силе одобренного прошлым Съездом § 10 прав., запрещающего безусловно прокладку железных труб. Указание практических приемов против проржавливания трудно, если неизвестна причина проржавливания и делается ясным, когда объяснение ржавления дано. Это объяснение ржавления имеется. Исследования, сделанные в 1914 г. в Металлографической Лаборатории Путиловского завода проливают свет на это. Работа К. П. Григоровича, производившего опыты, дала ему возможность прийти к интересным — ясным и замечательным выводам, «О ржавлении железа» напечатана в журнале Металлургического Об-ва за 1914 г.

К. П. Григорович установил: 1) что ржавление есть процесс электролитический и чтобы ржавление не могло иметь места железо должно быть поставлено в такие условия, чтобы оно не могло быть анодом.

Этого можно достигнуть:

1) Покрыв железом не электролитом, не проводящим тока и тем изолировать железо от положительных электрических зарядов.

2) Сделать его катодом.

К 1 относятся все красящие вещества, не проводящие тока, и следовательно, не содержащие воды или составных частей, растворимых в воде. Можно сказать, что защитное действие красок определяется не свойствами самих красок, а свойствами среды, в которой краски разведены; поэтому можно покрывать и бетоном, если он сделан водонепроницаемым (плотный содержащий избыток CaO); увеличение щелочности обмазки вообще желательнее.

Другой способ сделать железо катодом может быть достигнут: 1) соединением железа с другим металлом, обладающим большей эл. устойчивостью растворения. К этому типу относятся прежде всего оцинкованное железо и 2) непрямое в обычных условиях водопроводного хозяйства — в непосредственном действии на железо тока внешнего.

Опытами К. П. Григоровича также установлено, что в то время как железо в контакте с цинком не разъедается током и не ржавеет, контакт с медью или никелем и даже присутствие меди или никеля, на некотором расстоянии, усиливает ржавление железа; присутствие свинца и олова также усиливают ржавление железа, но район их действия крайне ограничен.

Отсюда явствует, что и нам в вопросе о железных трубах надо нажимать не на запрещение употреблять железные трубы, а на отыскание тех приемов, которыми можно предупредить ржавление труб, т. е. на их изоляцию — 1) напр. асфальтировку. 2) оцинковку или гальванизирование.

В виду того, что единственным отрицательным качеством железных труб является их проржавливание снаружи, что в настоящее время асфальтировка, как показал опыт и пад трубами из чугуна, есть действительное средство борьбы против ржавления и что оцинкование, вопреки тезису Ан. Ал. Мамонова, должно, на основании работы К. П. Григоровича, при принятии мер к сохранности его явиться таким же действительным, предохраняющим от ржавления средством и во всяком случае значительно задерживающим его — в числе практических указаний о железных трубах следует отметить место в вопросе о производстве асфальтировки и оцинковки железных труб и указать меры, способствующие их сохранению при тран-

спорте, различных слесарных работах с укладываемыми трубами и по укладке труб в грунт.

Конечно выработка полных инструкций по асфальтировке и оцинковке не могут быть предметом настоящего доклада, имеющего определенную цель — указание практических приемов, применявшихся (главн. образом практика Ленинград. Горвода) или могущих быть рекомендованными для применения при укладке железных труб. Но некоторые краткие указания должны быть даны.

Вот эти краткие указания.

По асфальтировке. До приступа к покрытию, трубы должны быть тщательно осмотрены приемщиком, проверены на одинаковость толщины стенок, подвергнуты требуемому условиям приемки гидравлическому давлению и непосредственно перед асфальтировкой тщательно очищены металлическими щетками, без употребления кислот или каких-либо жидкостей, от всякой ржавчины.

Если асфальтировка не может быть произведена немедленно, поверхность труб во избежание ржавления должна быть покрыта каким-либо не растворяемым в воде жирным веществом, напр. льняным маслом.

Асфальт для железных труб должен употребляться очищенный натуральный, в виде смеси в соответствующих количествах твердого и жидкого.

Слой асфальтировки не должен быть менее 0,8 мм и может доходить иногда до 2 мм.

Эта последняя толщина лучше, если будет достигаться после вторичного погружения труб в асфальтовую ванну.

По оцинковке.

Оцинкование производится после проверки на одинаковость стенок трубы по толщине и испытанию труб гидравлическим давлением. По окончании испытания гидравлическим давлением, трубы должны быть немедленно тщательно осушены, чтобы предупредить возникновение ржавчины.

Пред оцинковкой трубы должны иметь совершенно чистую поверхность, свободную от жира и ржавчины. Цинк для оцинковки не должен заключать в себе какой-либо примеси свинца, олова, ни тем более меди и никеля.

Температура цинковой ванны должна быть достаточно высока, но не чрезмерно; последнее особенно важно, если трубы должны или могут подвергаться во время работы изгибу или ударам, так как цинк, чем он горячее, тем глубже проникает в поры железа и делает железо более хрупким. Чем толщина оцинковки больше, тем долговечнее железная труба. По оцинковке должны быть приняты все меры к полной сохранности оцинковки в дальнейшем.

Обертывание труб для охраны изолирующего слоя — обязательно для труб только асфальтированных и желательное, если экономическим приемлемо, для оцинкованных.

Обертывание делается в натуральную мешочную ткань, войлок, рогожку, джут, пеньку, веревку и т. д., в зависимости от местных условий. Оберточные материалы должны быть по окончании обертки промасливаются, просмаливаются или гидрошироваться горячими составами.

О соединениях железных труб между собой.

Существующие конструкции железных труб очень разнообразны, вызываясь иногда специальными заданиями. Описывать и разбирать их достоинства и недостатки в настоящем докладе не приходится, но указать на свойства наиболее распространенных конструкций, которые при прокладке требуют соблюдения некоторых приемов, следует.

1. Трубы малого диаметра, главным образом оцинкованные, обычно соединяются на муфту. Соединение самое слабое место, здесь происходит смятие и забивка резьбы, течи в резьбу, отсюда зачастую начинается ржавление.

Во избежание этого 1) нарезанные концы труб до начала сборки должны быть предохраняемы от смятия, иречи резьбы и ржавления.

На одном из концов трубы всегда должна быть надета муфта. Собранные части нарезки должны быть промаслены и чем нибудь обернуты. Следует в оба конца трубы

вставить деревянные пробки — от загрязнения внутри. В месте соединений должна быть достигнута полная герметичность.

Для этого.

По очистке резьбы и пригонке муфты раз или два по промазанной резьбе, резьба обматывается тонкой нитью сальной пряжи, после чего производится свертывание на муфту.

Следует предпочитать, обыкновенному соединению с одной муфтой, соединению на муфту с контргайкой, как лучшее обеспечивающее герметичность соединения. Свободные части резьбы непокрытые оцинковкой, должны быть обмазаны суриком, просмолены, обернуты просмоленной наклей или парусиной.

Также следует поступать и с теми частями прокладываемой трубы, у которых оцинковка, по окончании слесарных работ или неосторожной транспортировки, оказалась испорченной.

Особое внимание должно быть обращено на снабжение слесарей надлежащего качества и в надлежащем количестве инструментами: для железной трубы инструменты должны быть иные, чем для стальной, напр. Экономия на инструментах недопустима; несоответствие или дурное качество инструментов тотчас же отражается — возрастание числа поврежденных во время работы мест на трубах.

Из вышесказанного о причинах ржавления и о влиянии на его увеличение присутствия свинца надлежит избегать употребления такового, заменяя, где возможно, соединения со свинцом соединениями на фланцах. При неизбежности свинцовых спаев, вред их может быть уменьшен обмазкой концов труб, соприкасающихся со свинцом, суриком.

Сгибание железных труб должно производиться по возможности в горячем состоянии. Ни в каком случае не сгибать трубы пустыми.

При горячем сгибании труба должна быть набита мельчайшим чистым и сухим песком, а при холодном глиною, смолою или кашифолью.

Холодному сгибанию должен непременно предшествовать предварительный отжиг.

2. Трубы магистральные, не оцинкованные, имеют часто очень различные формы концов.

Раструбные соединения их вообще могут быть сделаны более герметичными, чем у чугунных труб:

а) потому что допускают более сильную чеканку и ее можно производить сильнее, чем в чугунных, где всегда существует опасность разрыва раструба.

б) Здесь нет буртика, который иногда является причиною расстройств спая.

в) Трубу легче поставить дома и манипулируя с другим концом трубы, получить по всей окружности одинаковую толщину спая.

д) Раструб у железной трубы часто длиннее, чем у чугунной и ему сравнительно легко может быть придаваема форма, задерживающая выпирание свинца.

и е) вследствие малости затора между телом трубы и раструбом, спай выходит тонким, легко расчеканываемым и осаживаемым и потому более крепким.

Но спай на железных трубах легко получить плохим, если не принять во внимание особенностей, свойственных раструбным соединениям этих труб.

А) Железные трубы этого типа, обычно, имеют значительные диаметры и узкий. Как уже указывалось, зазор в раструбе, т. е. тонкий слой свинца должен при заливке (г) в зазор усесть до начала остывания распределиться тонким слоем по большой окружности и при значительно большей теплопроводности стенок железной трубы, чем у чугунной (коэф. теплопроводности железа 50—60, чугуна — 40).

Чтобы спай вышел хорошим необходимо:

а) Чистота свинца и его горячесть. Он должен заливаться из больших чумичек и котелков. С этою целью раструбы иногда обмазываются глиною и даже производят предварительный нагрев раструба.

б) Труба по диаметру и с дома, тогда за отсутствием буртика часть нижней набивки проваливается внутрь трубы, туда же может уйти и часть заливаемого свинца.

на; снай получится с неравномерной толщиной стенок и впоследствии будет легче растрескаться.

Б) Снай залит хорошо и труба дома, но при чеканке не принято во внимание, часто имеющее место, и ружийные раструба, выражающиеся в умирении зазора в том месте, где чеканит за счет мест, где чеканка уже закончилась; в этих местах происходит такое временное сдавливание, что свинец сплющивается, а затем, когда круговое очертание раструба после чеканки примет иной вид, не будет уже иметь кривости и даст течь при первом гидравлическом ударе.

Во избежание последствий от такого суживания раструбов, заводы усиливают раструбы нагонкою на них в горячем состоянии колец из квадратного или прямоугольного железа. Можно иметь разъемное кольцо, плотно обжимающее раструб во время чеканки.

Надо иметь в виду, что иногда при чеканке наблюдается, кроме раздутия раструба также и сплющивание задниковой части трубы. Предупреждающим средством против этого служит вставное внутрь трубы кольцо, могущее быть накатаным изнутри на стенки трубы.

При отсутствии по тем или другим причинам вышеуказанных приспособлений, заливку и чеканку снаев на железных трубах должны производить лучшие по опыту и навыкам слесаря, чеканка всех мест сная должна быть вполне одинаковой силы и производится, по возможности, каждый снай двумя слесарями, чеканящими одновременно, в унисон и с равной силой оба конца одного и того же диаметра.

Иногда для лучшего держания свинца в снае, кроме указанных способов употребляются еще дополнительные средства.

Так была делалась снаеспером Горези В. И. Наивысшим вырубка зубилом внутри раструба кольцевого желобка, подобного углублению в раструбе нормального сортамента чугуновых труб и служащего для той же цели. В Москве снай зажимают между двумя кольцами надетыми одно на задний конец одной трубы, а второе на раструбный конец другой за раструбом, стянутые между собою болтами.

В) Во время, когда на чугуновых раструбных трубах большого диаметра работа по заделке сная на раструбных частях трубы почти не влияет на уже заделанный и прочеканенный снай на хвостовом конце трубы, в железных трубах заделка второго сная, при неосторожном обращении с этим концом трубы, может иногда повлиять на крепость 1-го заделанного сная. Рабочие, вознившиеся у раструба железной трубы со 2-м снаем, часто в своем старании вогнать в раструб до дома хвост новой трубы, то влезают на раструбный конец, то упираются в него локтями.

С чугуновой трубою это совсем или почти не оказывает влияния на заделанный конец, вследствие большего веса самой трубы и ее короткости.

Железная труба представляет из себя маловесный и, следовательно, легко подвижной стержень-рычаг, у которого большим плечом служит вся труба и малым глубина сная, если труба не достаточно прочно подвешена, расперта с боков и под концами имеет только временные, иногда с недостаточно широкой площадью подкладки, при еще слабом грунте, то она, от этих манипуляций иногда изменяет, хотя бы временно, свое прежнее положение и тем легко сплющит один из боков, только что зачеканенного сная. Получается слабое место, которое вскоре же даст течь.

Под концы железных труб должны укладываться с лидные подкладки и приниматься меры, чтобы данное положение труб при всяких дальнейших манипуляциях по заделке второго сная на другом конце ее и при засыпке землей, ни в каком случае, хотя бы временно, не изменилось.

Концы железных труб, также как и чугуновых, при их укладке закрываются от попадания грязи и земли внутрь трубы, деревянными крышками или пробками.

До развозки железных труб на места работ следует измерить наружные диаметры задников и внутренние раструбов и подобрать попарно такие трубы, снап которых будут достаточной толщины. Это необходимо ввиду того, что диаметры раструбов и задников часто неодинаковы у различных труб одного и того же диаметра.

При прокладке, независимо от конструкции должны доставляться на место работ трубы с неизвреденной предохранительной покрывкой, асфальтировкой и оцинковкой.

Привезенные трубы следует не прямо сбрасывать на землю, а снимать или скатывать, принимая меры от случайного повреждения их наружной поверхности.

Привезенные трубы должны оставаться под непрерывным надзором во избежание порчи наружной поверхности их проезжающими и проходящими, особенно озабоченной молодежью.

В некоторых случаях приходится принимать меры к охране асфальтировки и оемлки труб от прямых лучей солнца.

Рекомендуется перед укладкой труб повторять еще раз асфальтировку или оемлку их.

Во все время работ с трубами в траншеях до засыпки трубы с изляционным наружным слоем, во избежание повреждения этого слоя от ходьбы, цепей, укладки на трубы инструментов и пр., трубы укрываются достаточной ширины и длины пелюской брезента или парусины.

Если грунт, в котором должна будет лежать труба, имеет кислотный характер, он если возможно, вынимается и заменяется другим; в противном случае ему придется щелочность прибавкой к нему извести и т. п.

При прохождении железных труб через канализационные устройства, как показал опыт в Ленинграде, полезно в целях парализования вредного влияния сточных вод на наружные стенки водопроводных труб, пропускать их через канализацию в цилиндрических футлярах кровельного, котельного или фасонного железа или в чугунных трубах. Эти футляры, имеющие внутренний диаметр несколько больший, чем внешний диаметр раструбоводной трубы и открытые концы, выходящие из-за стенок канализации, герметически (цементом) соединяются со стенками канализационных устройств в местах перехода через эти стенки.

Железные трубы, прокладываемые по дну водоемов, каких-либо общих указаний не требуют. Долголетняя Ленинградская практика показала, что они стоят без дырки очень долгое время. В Ленинграде их делают или на фланцах — жесткое соединение, или при сложном профиле дна, большой глубине — подвижными, при помощи шаровых шарниров. Употребляемые шарниры одной из 2 систем: покойного инженера Эд. Ант. Гансена, бывшего управляющего Петградскими гор. водопроводами и ныне здравствующего Вас. Ив. Панина, районного инженера Сети Ленинградского Горвода. Сборка производится наверху. Опускание жестко собранных — по подвеске их на ряд талей, сразу всей подводной части; шарнирных же по частям. Практические указания по этим работам, как посвященным специальному характеру, не включаются в настоящий доклад.

Настоящие практические указания по железным трубам я решаюсь представить Съезду несмотря на их краткость, неполноту, условность и даже возможную ошибочность некоторых из них, не потому что в них включен тот высоко ценный лично мною опыт технического коллектива Ленинградского Сети, от рабочего до районного инженера, совместно с которыми прошла и моя 25-летняя работа на этой сети, как первую попытку, которую должна вызвать другие, более сильные и полные и тем облегчить нашим товарищам в дальнейшем работу с железными трубами.

Полагаю, однако, что при соблюдении даже части этих указаний, когда мы, благодаря работам Григоровича и других, знаем отчего происходит ржавление железных труб и как следует с ним бороться, мы сумеем в будущем, не только предупреждать, но даже совершенно предохранять укладываемые нами железные трубы от ржавления снаружи.

А раз единственное отрицательное качество, имеемое в настоящее еще время железными трубами, — их проржавливание снаружи нами будет презрительно и уничтожено, железные трубы конечно получат самое широкое распространение, так как они:

1) легче, 2) длиннее, 3) в них меньше соединений, 4) не ломаются, 5) сборка быстрее и дешевле, 6) разборка тоже, 7) изгибаются на месте, 8) их перевозка безопаснее и дешевле, 9) по опытам Крешке должны ржаветь слабее чугунных, 10) по утверждению и А. А. Мамонова изнутри не ржавеют, а после работ К. Григоровича в будущем смогут быть предохраняемы от проржавления снаружи.

В виду всего изложенного предлагаю настоящему Съезду.

1) поручить Постоянному Бюро Водопроводных Съездов образовать Комиссию для дальнейшей разработки практических указаний обращения с железными трубами;

2) принять высказанные пожелания о постановке на будущих Съездах докладов о существующих способах производства железных труб и возможности дальнейшей рационализации и стандартизации, в целях удешевления и качественного улучшения изготавливаемых железных труб;

3) принять такое пожелание о выработке инструкции и правил испытания и приемки железных труб, поручив выполнение этих пожеланий Постоянному Бюро Водопроводных съездов;

4) доклад принять к сведению, а § 10 правил устройства домовых водопроводов отменить, разрешив прокладку в земле наравне с чугунными и железных труб.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Стр.

I. ДОКЛАДЫ ПО ВОПРОСАМ ОБЩИМ ДЛЯ ВОДОПРОВОДА И САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

П. С. Белов, проф. — Успехи развития водопроводов и канализации в городах СССР за время между I и II Всесоюзным съездами	3
М. М. Порфирьев, инж. — О порядке прохождения проектов водопроводов и канализаций	3
В. Н. Закатов и А. С. Вайцвайг, инж.-ры — О формах отчетности по водопроводам и канализации	4
С. А. Гуревич, д-р — Санитарные задачи и роль санитарных органов при проектировании сан.-технических работ	5
В. М. Привалов, д-р — Общая программа обследования городов в целях санитарно-технического благоустройства	10
А. П. Марзеев, д-р — Санитарное состояние Украины	16
В. П. Демьяненко, д-р. — Организация исследования загрязнения и самоочищения рек Украины	22
Н. П. Фальковский, инж. — О нормах оплаты труда по проектированию сан.-технических сооружений	22
П. А. Велихов, проф. — Желательные изменения в нормах железобетонных сооружений	23
Г. К. Деметьев, проф. — Условия устойчивости цементно-бетонных водопроводов в грунтовых и минерализованных водах	23
Е. Г. Же — Исследование грунтовых сточных и канализационных вод в гор. Баку с точки зрения влияния их на портланд-цемент	33
В. А. Поводворский, инж. — Защита подземных бетонных сооружений от разрушения грунтовыми водами	40

II. ДОКЛАДЫ, КАСАЮЩИЕСЯ ОБЩИХ ДАННЫХ ПО УСТРОЙСТВУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОПРОВОДОВ

Д. Д. Тиц, инж. — История развития, современное состояние и перспективы на будущее водоснабжения гор. Харькова	52
П. М. Ушаков, проф. — Войсковое водоснабжение	70
А. П. Мямлин, инж. — Три периода строительства Баку-Шолларского водопровода	74

III. ДОКЛАДЫ ПО ИСТОЧНИКАМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

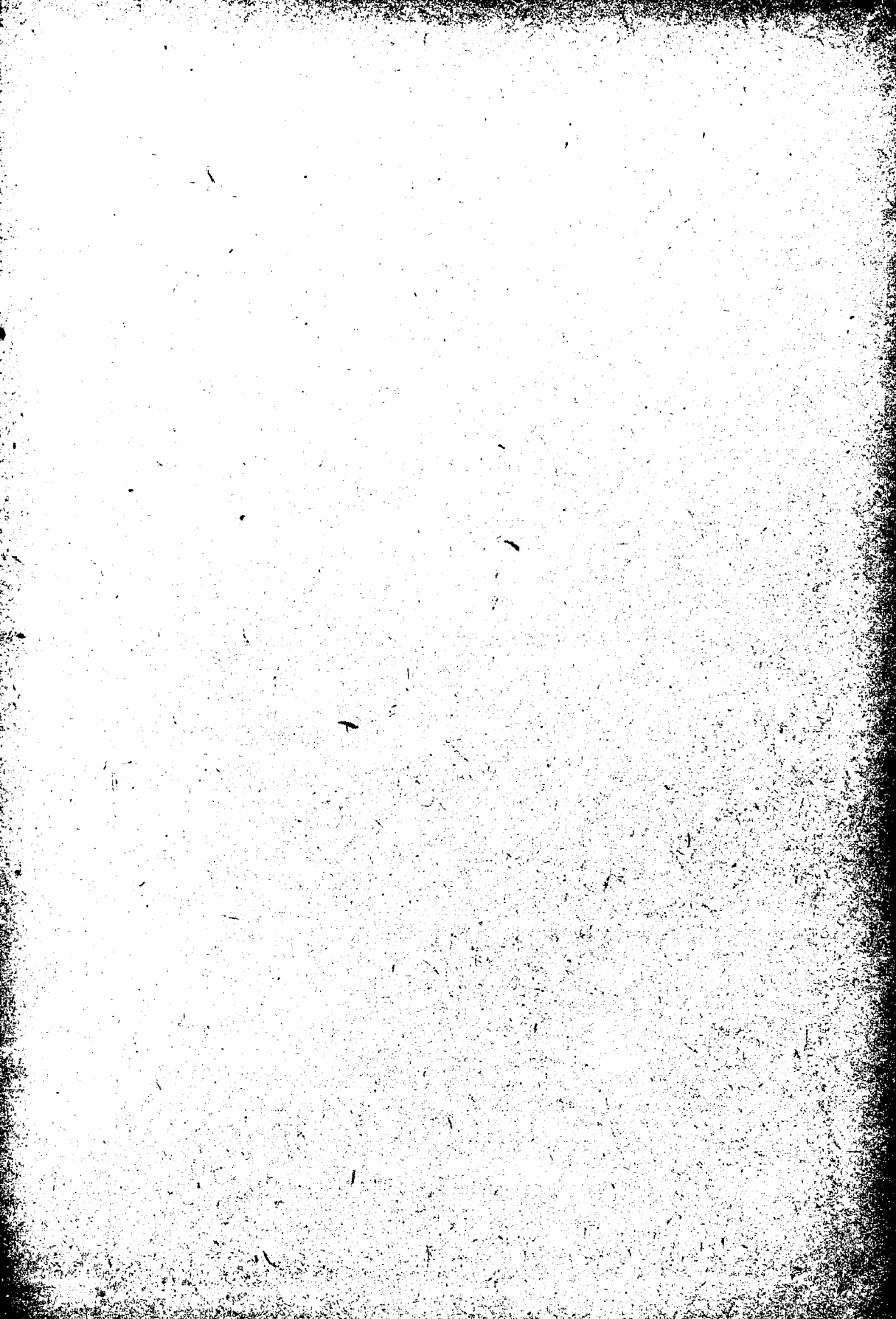
В. Е. Тимонов, проф. — О планировании водного хозяйства, в связи с задачами водоснабжения	93
В. П. Мускат, д-р — Санитарный надзор за водопроводными сооружениями	94

IV. ДОКЛАДЫ ПО ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

А. В. Кондрашов, инж. — Правила устройства, проверки и клеймения водометров	95
А. М. Виленчик, инж. — Укладка водопроводов на бетонных сваях	99
П. Ф. Горбачев, проф. — О правильной структуре формулы скорости течения	104
П. В. Михеев, инж. — Анализ и систематизация расчетных формул равномерного движения жидкости при параллельном анализе опытных данных	140
А. В. Теплов, инж. — Новая формула для определения скорости движения воды в трубах и каналах	170

V. ДОБЛАДЫ, НЕ ЗАСЛУШАННЫЕ НА СЪЕЗДЕ

	<i>Стр.</i>
В. Г. Лобачев, инж. — Упрощенный метод расчета водопроводных сетей . . .	171
Его же — К вопросу о выборе формулы для определения сопротивления движению воды по трубам	188
Е. С. Тамм, инж. — Пути снижения утечки воды в Киевском водопроводе	209
А. Пашков, инж. — Описание Казанского городского водопровода	213
М. В. Сергеев, проф. — Данные о материалах для труб, проводящих минеральные воды, и для бассейнов для тех же вод.	217
В. Милютин, инж. — Обложение городами частных водоснабжений, пользующихся водой из городских водоприемников, находящихся в черте города, и его формы	222
Его же — Практические указания по прокладке железных труб	226



4-15

H

3950

1/2/2

1931