

Высший Совет Народного Хозяйства.
Отдел Редакционно-Издательский.

Труды Управления
Ирригационных Работ
в Туркестане.

626.8

р-49

Проф. Г. К. РИЗЕНКАМПФ.

ОПЫТ СОЗДАНИЯ

РЕЗЕРВИ ВОДООБОРОТА

В ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ.



Склад издания—Кузнецкий пер., 3.
МО. ХВА.—1921.

VK

ПРОБ. 1873

Высший Совет Народного Хозяйства,
Отдел Редакционно-Издательский.

Труды Управления
Ирригационных Работ
в Туркестане.

626.8

р-49

Проф. Г. К. РИЗЕНКАМПФ.

ОПЫТ СОЗДАНИЯ
ТЕОРИИ ВОДООБОРОТА
В ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ.

БИБЛИОТЕКА
Средне-Азиатск. Оп.-Исслед.
Института Водн. Хозяйства.
№ 4230
г. Ташкент.

Склад издания — Кузнецкий пер., 3.
МОСКВА.—1921.

ВВЕДЕНИЕ.



Под водооборотом надо понимать разверстку воды, взятой из источника орошения, по всей оросительной системе. Ирригационная система включает в себе: сооружения, забирающие воду из источников орошения, главные каналы, проводящие воду от источников орошения в глубь орошаемого района, распределители, принимающие воду из главного канала и подающие ее в глубь отдельных участков, общественные оросители, являющиеся последними звеньями в водном передаточном механизме — они принимают воду от распределителей и подводят ее непосредственно к каждому земледельцу, и, наконец, хозяйственную оросительную сеть, разносящую воду непосредственно уже по орошаемой земле в пределах владения каждого земледельца. Весь этот механизм, снабженный кранами (шлюзами), клапанами (сбросами), регулирующими приспособлениями (поперечными заграждениями), счетчиками (водомерами), и представляет из себя ирригационную систему.

Следовательно, ирригационная система есть не что иное, как громадная машина, передающая воду из одного пункта на сотни верст и распределяющая ее в среднем равномерно по площади.

В общем случае, источники орошения имеют свою непосредственную, непрерывно изменяющуюся, жизнь. Главные сооружения ирригационной машины забирают воду из источника орошения непрерывно, но в разное время в разных количествах; между тем на полях орошения, т.-е. в тех местах, куда вода должна доставляться, потребность в воде не бывает непрерывной; каждый участок поля засажен определенной культурой и требует полива определенным количеством и в определенное время. Таким образом, непрерывно поступающая вода в главные каналы должна в каких-нибудь инстанциях ирригационной системы быть разделена на отдельные периодически действующие струи. Кроме того, весьма часто общая потребность в воде полей орошения бывает больше того количества, которое дается источником орошения; следовательно, приходится устанавливать для водопользователей отдельные очереди пользования водой, имеющейся в наличии в главном канале.

Разделение непрерывного потока на периодически действующие поливные струи, т.-е. разверстка воды, имеющейся в главном канале, между потребителями носит общее название водооборота. Установление его является самой трудной задачей в ирригационной технике. Среди обширной ирригационной литературы, которая имела в нашем распоряжении, нам не при-

ходилось встречать не только разработанной методологии, но даже косвенных указаний на то, как надо приступать к установлению плана водооборота.

В жизни могут встретиться две задачи. Одна — с таким заданием: „Имеется готовая ирригационная система с известными пропускными способностями всех каналов, распределителей, оросителей и с определенным режимом источника орошения. Необходимо составить наилучший возможный план водооборота в этой системе с таким условием, чтобы по возможности больше удовлетворять требованиям водопользователей, по возможности меньше взять воды из источника орошения, довести эксплуатационные расходы по содержанию системы до минимальных размеров“. И другая — с заданием следующим: „Требуется разработать водооборот для вновь проектируемой системы. Известен режим источника питания. Задача должна быть решена так, чтобы все могущие в будущем встретиться потребности в воде у отдельных водопользователей могли быть удовлетворены без переустройства системы и по возможности полностью, чтобы можно было ограничиться наименьшим количеством воды в те периоды, когда в источниках орошения ее мало, чтобы стоимость всех первоначальных работ по сооружению системы была минимальная, чтобы эксплуатационные расходы по поддержанию системы были тоже доведены до возможного минимума“.

Нечего и говорить, что последняя задача является гораздо сложнее первой, ибо необходимо ее решать совместно с разработкой общих планов ирригационной и колонизационной сетей, а также в связи с планом хозяйственного использования данного района. Установление водооборота является органической частью плана создания жизни в будущем орошенном районе. Мы здесь не будем касаться этой обширной темы. Нашей задачей является установить возможные виды водооборота, дать схематическую оценку каждого вида и наметить методы проектирования ирригационных систем в связи с принятым видом. Попробуем прежде всего установить виды водооборота.

Виды водооборота.

Отдельные виды или схемы водооборота могут быть следующие:

1. Разверстка на главном канале.
2. Разверстка на распределителях.
3. Разверстка на оросителях.
4. Сложная или комбинированная разверстка.
5. Частичная разверстка.



Сущность первой схемы водооборота заключается в том, что главный канал непрерывно забирает воду из источника орошения в соответствии с общей потребностью системы в воде, но в тех пределах, в каких источник орошения позволяет, и всю эту воду раздает по определенным очередям всем тем распределителям, которые берут начало из него. Каждый распределитель получает воду из главного канала полностью и разносит ее дальше по оросителям, с таким условием, что каждый хозяин, живущий в районе распределителя, получает воду одновременно со всеми другими. Следовательно, данный способ водооборота предвидит распределение очередей между отдельными распределителями, и раз распределители работают, то все водопользователи, живущие в данном районе, получают воду в полном количестве, между ними уже очереди не устанавливаются. Водопользователи получают воду во все то время, пока работает распределитель, в районе которого они находятся.

Разверстка
на главном
канале.

Вторая схема водооборота предусматривает постоянную работу главного канала и распределителей без всяких очередей. В зависимости от колебания расходов воды в главном канале соответственно колеблются и расходы воды в распределителях. Установление очередей происходит между отдельными оросителями, берущими воду из распределителей; другими словами, не все оросители по каждому распределителю получают воду сразу, но все водопользователи в районе работающего оросителя получают ее сразу и в полном количестве. В зависимости от наличия воды в распределителе, оросители получают воду из распределителя по отдельным группам, по очереди.

Разверстка
на распреде-
лителях.

Третья схема водооборота предусматривает постоянную работу не только главного канала и распределителей, но и оросителей, однако, при этом оросители получают такое количество воды, которое недостаточно для одновременного снабжения потребной водой всех водопользователей, получающих воду из них. Только часть водопользователей может одновременно получать воду из данного оросителя, и чтобы все водопользователи, беру-

Разверстка
на оросителях.

щие воду из данного оросителя, получили необходимую для них воду, устанавливается между ними очередь.

Сложная или
комбиниро-
ванная раз-
верстка.

Комбинированным водооборотом мы называем такой случай, когда в системе происходит разверстка воды одновременно по двум или нескольким элементам системы, например, по главному каналу и распределителю, или по главному каналу и оросителю, или по распределителям и оросителям, или, наконец, по главному каналу, распределителям и оросителям одновременно.

Частичная
разверстка.

Частичной разверсткой мы называем такой вид водооборота, когда, например, между некоторыми распределителями, берущими воду из главного канала, устанавливается очередь, а остальная часть распределителей постоянно получает воду или полным расходом или пропорционально тем колебаниям, которые происходят в главном канале, т. е., другими словами, когда водооборот применяется не на всем районе, обслуживаемом данной ирригационной системой, а только на определенной части района.

Оценка отдельных видов водооборота.

Остановимся на характерных чертах каждого вида водооборота.

Отличительные черты первого вида водооборота — **разверстки на главном канале** — следующие:

1. Одновременное доставление всем водопользователям, находящимся на данном распределителе, потребного для них количества воды. Поэтому расход каждого распределителя должен предусматривать одновременный пропуск поливной воды для всех водопользователей, находящихся в пределах его командования.
2. Каждый общественный ороситель также должен иметь пропускную способность, которая могла бы удовлетворять поливной водой каждого из водопользователей, находящихся в пределах командования этого оросителя. Этот случай водооборота предусматривает устройство распределителей и оросителей с максимальной мыслимой пропускной способностью.
3. Так как все водопользователи, находящиеся в пределах данного распределителя, получают воду одновременно, то продолжительность работы распределителя, а следовательно, и оросителя при данном виде водооборота наименьшая мыслимая.
4. Пропускная способность главного канала в средней и концевой рабочей своей части должна быть увеличена, так как она должна предусматривать пропуск по всем распределителям максимального мыслимого расхода.
5. Все сбросы и водосборные каналы должны иметь наибольшую мыслимую пропускную способность.
6. Все шлюзы-распределители, шлюзы-оросители, шлюзы-сбросы должны быть рассчитаны на наибольшую мыслимую пропускную способность.
7. Все оросители должны быть снабжены соответствующими вододелятелями и водомерами, для того, чтобы из общего расхода,

проносимого по оросителю, каждый водопользователь получал бы только то количество, на которое он имеет право.

8. В виду того, что все распределители, оросители, сбросы, водосборные каналы должны иметь максимальную пропускную способность, очевидно, площадь отчуждения под ними должна быть в данном случае наибольшей.
9. В виду того, что при данном виде водооборота приходится воду выделять для каждого отдельного водопользователя, административный штат должен быть большой.
10. Горизонты воды в распределителе и в оросителях в случае их работы всегда постоянны, а потому превышение их над поверхностью командования может быть минимальным.

(Графическое изображение разверстки на главном канале см. стр. 8.)

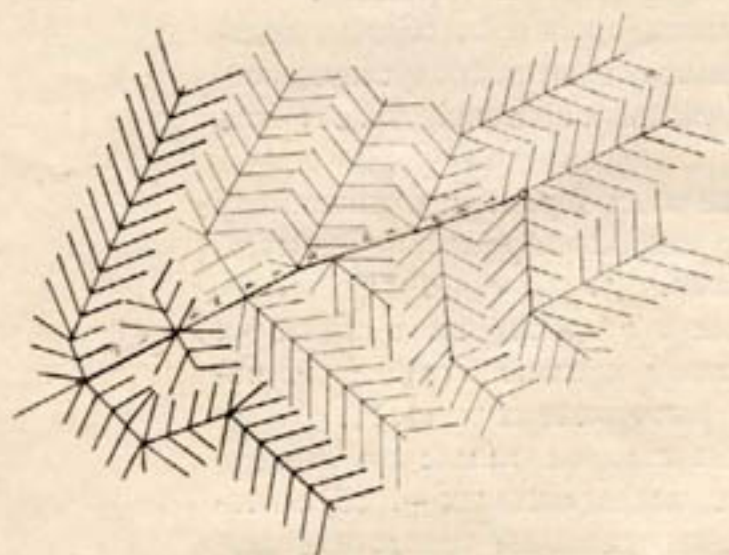
Второй вид водооборота—разверстка на распределителях—требует, во-первых, также, как и в предыдущем случае, максимальной пропускной способности всех оросителей, ибо, как и в первом случае, оросители должны будут снабжать поливной водой одновременно всех водопользователей, находящихся на них; во-вторых, как и в предыдущем случае, устройства вододелителей и водомеров для каждого водопользователя; в-третьих, как и в предыдущем случае, большого эксплуатационного штата. Распределители могут быть рассчитаны на пропускную способность меньшую, чем в первом случае, в зависимости от того, какой процент всех оросителей будет одновременно максимально участвовать в работе, но зато горизонт воды в распределителе должен при самых минимальных расходах, проходящих по нем, быть достаточен для того, чтобы иметь возможность снабжать водой всех оросителей. Следовательно, при данном способе водооборота распределитель приходится вести в более высоких дамбах, чем в первом случае. (Графическое изображение этого вида водооборота см. стр. 9.)

Третий вид водооборота, предусматривающий разверстку по оросителям, в своем предельном случае позволяет рассчитывать оросители исключительно на хозяйственный ток, т.-е. на тот ток воды, который удобен хозяину для полива и который каждым водопользователем может забираться целиком из оросителя. Следовательно, этот случай водооборота предусматривает устройство оросителя на пропускную способность, во столько раз меньшую, чем в предыдущих видах, сколько по данному оросителю находится водопользователей. Вместе с тем можно не устраивать вододелителей для каждого водопользователя, потому что вода целиком поступает каждому хозяину, и деление воды происходит не по количеству, а по времени пользования. Шлюзы-оросители могут быть наименьшей пропускной способности. Водомеры могут быть устраиваемы только у шлюза-оросителя для всей той группы водопользователей, которые получают воду из данного оросителя. Эксплуатационный штат может быть небольшой, так как в его задачу не входит распределение воды между отдельными водопользователями по данному оросителю, ибо деление воды по времени является простейшим, не требующим никаких сооружений и измерителей. Площадь отвода под оросители, пропускная способность водосборных каналов могут быть тоже наименьшими. Что же касается распределителя, то он должен иметь достаточный горизонт воды, чтобы и при малых расходах, проходящих по

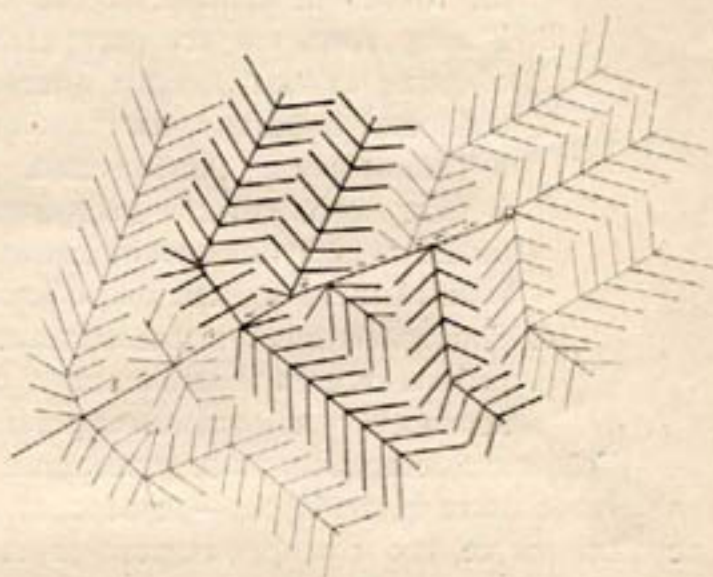
Водооборот по главному каналу.

Первый цикл.

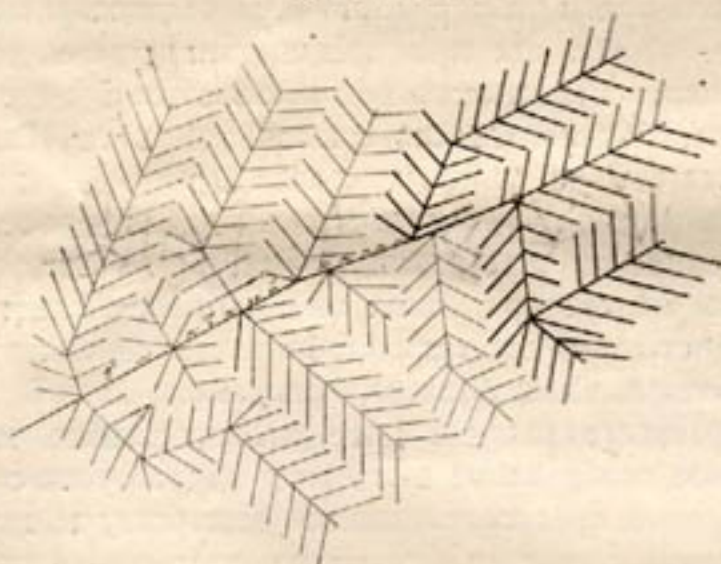
Действие I.



Действие II.

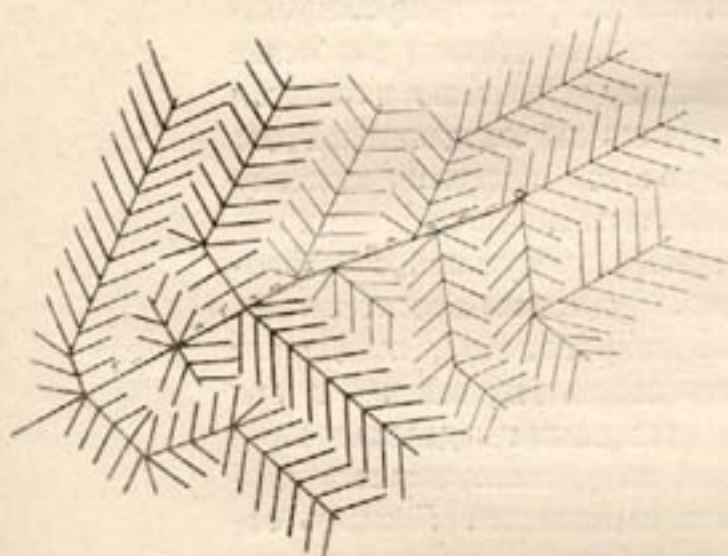


Действие III.

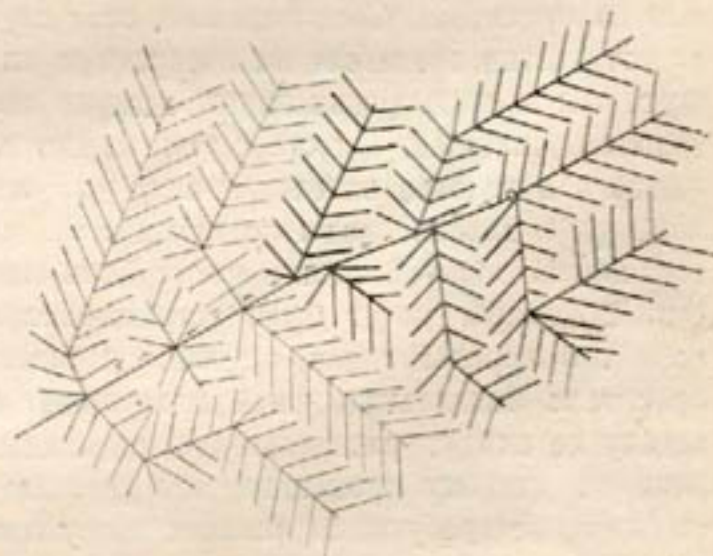


Второй цикл.

Действие I.



Действие II.



Объяснение знаков.

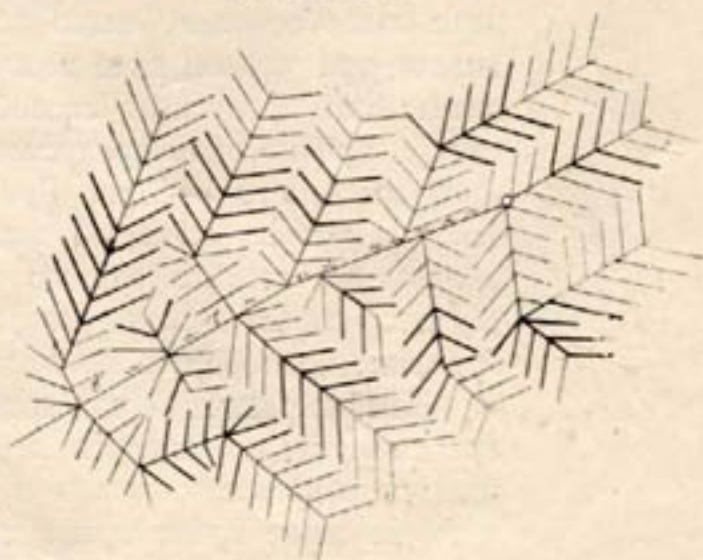
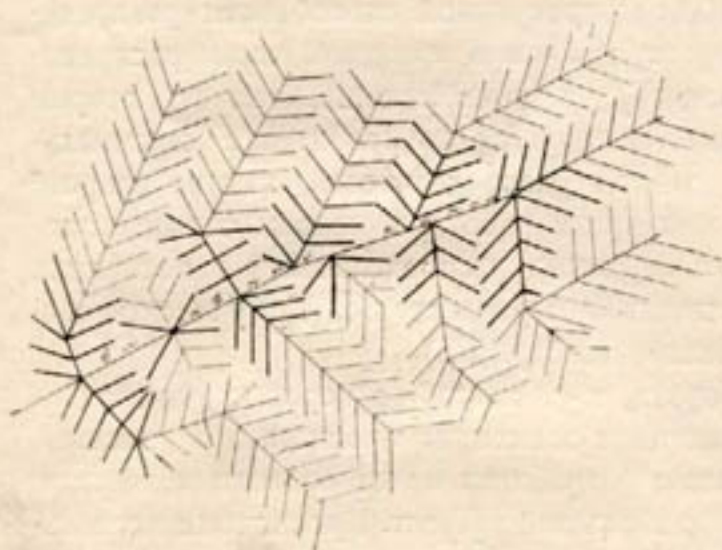
- Ориентировка каналов в работе водооборота.
- Ориентировка каналов в работе водооборота по течению.
- Ориентировка каналов в работе водооборота по течению.
- Ориентировка каналов в работе водооборота.

Водооборот по распределителям.

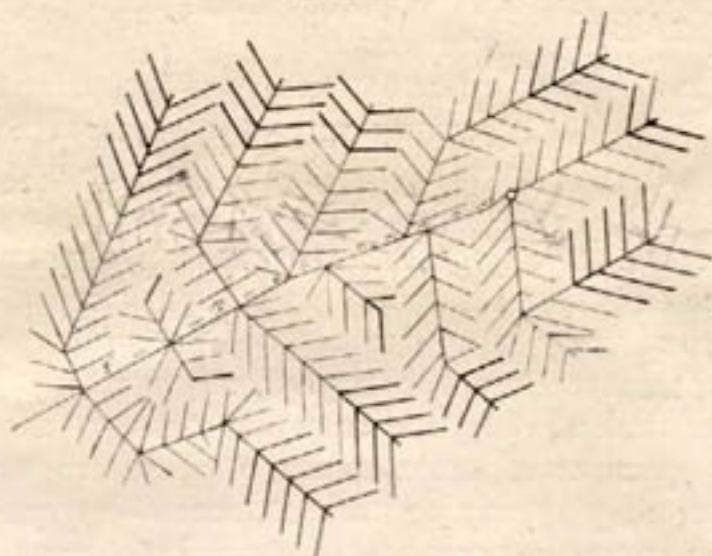
Первый цикл.

Действие I.

Действие II.



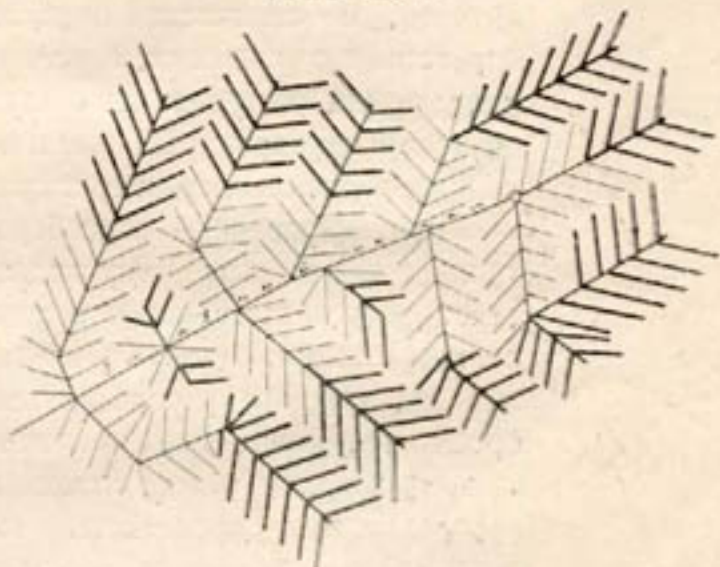
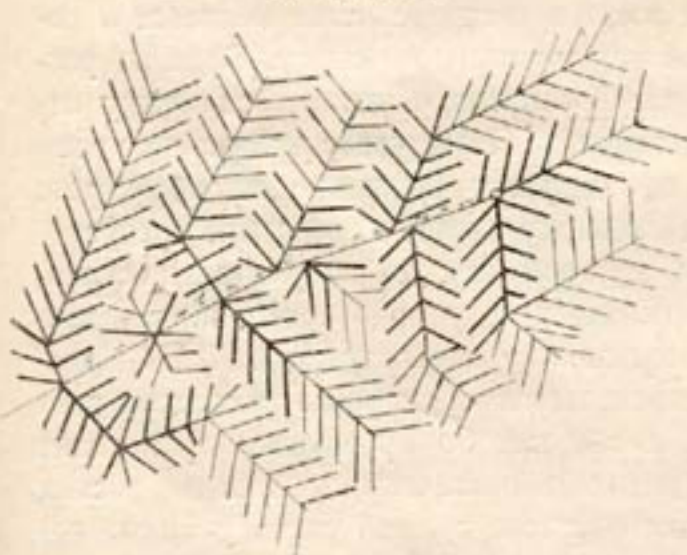
Действие III.



Второй цикл.

Действие I.

Действие II.



Основные знаки

- распределительные каналы, работающие бездействующими
- распределительные каналы, действующие, неперекрывающиеся
- распределительные каналы, работающие в одну или другую сторону
- распределительные каналы, действующие

нему, обеспечивать поступление воды в потребном количестве во все оросители. Пропускная способность его может быть меньше, чем в первом виде водооборота, и близко подходит к пропускной способности распределителя при втором виде водооборота, при чем в концевой части распределителя его пропускная способность будет даже меньше, чем во втором случае, при котором предусматривается пропуск по оросителям максимального мыслимого расхода. Время работы распределителей, как во втором, так и в третьем случае, больше, чем время работы в первом случае водооборота во столько раз, во сколько расход распределителей в последних случаях меньше расхода распределителя в первом случае. (Графическое изображение водооборота по оросителям см. стр. 11.)

Комбинированный вид водооборота, т.-е. способ разверстки воды одновременно по двум или трем передаточным элементам оросительной системы, являясь наиболее сложным в смысле разработки плана водного хозяйства, в то же самое время может дать наибольший эффект. Просмотрим несколько случаев комбинированного водооборота.

Комбинированных водооборотов может быть много, но все они могут быть охвачены следующими видами:

Водооборот по главному каналу и распределителю.

распределителю и оросителю,

главному каналу и оросителю.

главному каналу, распределителю и оросителю.

Комбинированный водооборот по главному каналу и распределителю предусматривает такую разверстку воды, при которой вода дается не всем распределителям сразу, а по очереди, по отдельным группам,—сперва одной группе распределителей, потом другой, затем третьей и т. д. В свою очередь, распределитель, получив воду из главного канала, не передает ее сразу всем оросителям, находящимся в сфере его командования, а также сперва питает одну группу оросителей, потом—другую и т. д. Что касается оросителя, он подает воду сразу всем водным абонентам, находящимся на нем.

Комбинированный водооборот по распределителю и оросителю предусматривает непрерывную подачу воды из главного канала всем распределителям, но количество подаваемой воды в распределителе меняется в соответствии с изменением количества воды в главном канале. Вода из распределителя поступает не сразу во все оросители, а ротируется между отдельными группами их. Также и вода из оросителя поступает не сразу ко всем водным абонентам, а разверстывается по отдельным группам водных абонентов.

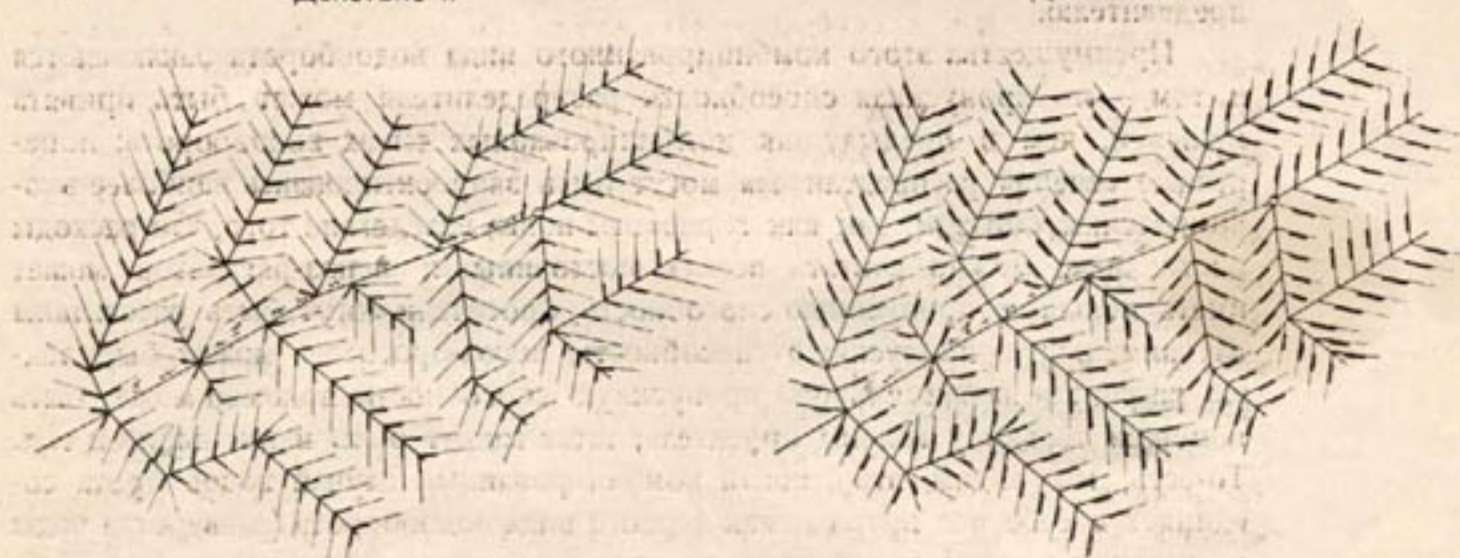
Комбинированный водооборот по главному каналу и оросителю предусматривает такую разверстку воды, при которой каждый из распределителей, ответвляющийся от главного канала, получает воду по очереди, но всегда в полном размере, какой бы ни шел по главному каналу расход. Полный расход для каждого распределителя определяется суммарным расходом всех оросителей плюс, конечно, потери, а так как по оросителям происходит также разверстка между отдельными водопользователями, то, значит, расход распределителя определяется, главным образом, суммой расхода воды, получаемой одновременно орошающим водопользователями по данному распределителю; в предельном случае по каждому оросителю может орошать только один водопользователь, и, следовательно, потребный расход рас-

Водооборот по оросителям.

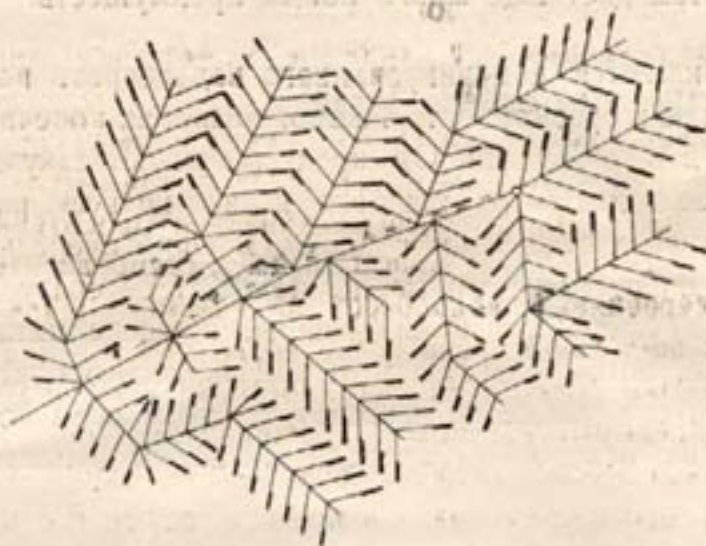
Первый цикл.

Действие I.

Действие II.



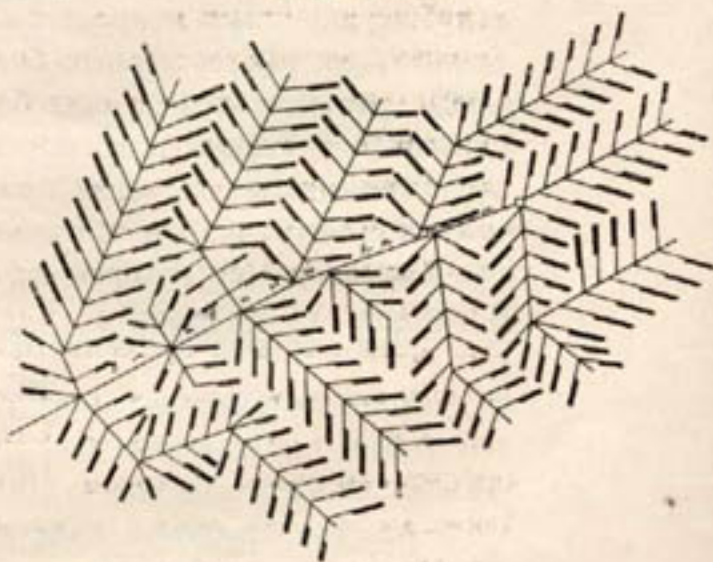
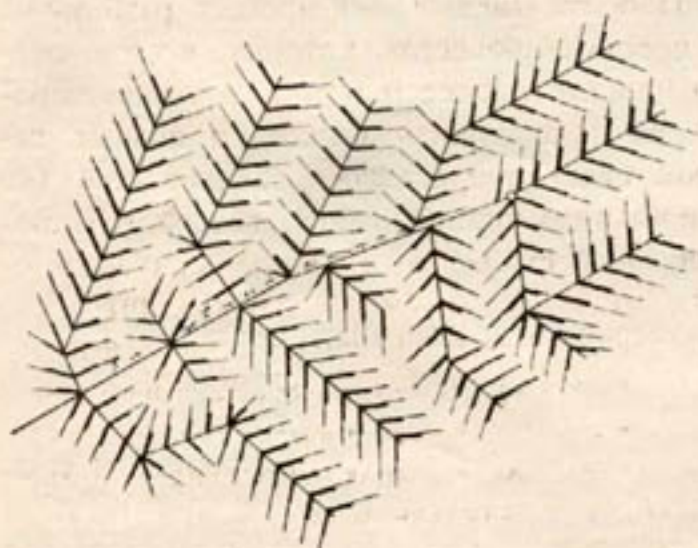
Действие III.



Второй цикл.

Действие I.

Действие II.



Условные знаки

- Оросительные каналы, работающие водособером
- Оросительные каналы, действующие непрерывно
- Оросительные каналы, работающие в одну сторону
- Оросительные каналы, действующие

пределителя будет равен числу оросителей, умноженных на величину хозяйственного тока, плюс, конечно, потери как по оросителю, так и по распределителю.

Преимущества этого комбинированного вида водооборота заключаются в том, — что пропускная способность распределителя может быть принята меньшей, чем в предыдущих комбинированных типах водооборота; поперечные сечения распределителя могут быть запроектированы наиболее экономическим образом, так как горизонты воды, вследствие того, что расходы постоянные, можно считать всегда постоянными; шлюз-регулятор может иметь меньшую пропускную способность; оросители могут быть рассчитаны на наименьшую пропускную способность; шлюз-ороситель может быть также рассчитан на наименьшую пропускную способность; водомер может быть помещен только у головы оросителя; штат может быть наименьший и т. д. То-есть, мы видим, что данный комбинированный случай водооборота соединяет в себе все выгоды, как первого вида водооборота (разверстка воды на главном канале), так и третьего вида (разверстка воды на оросителе), и вместе с тем дает еще много новых преимуществ.

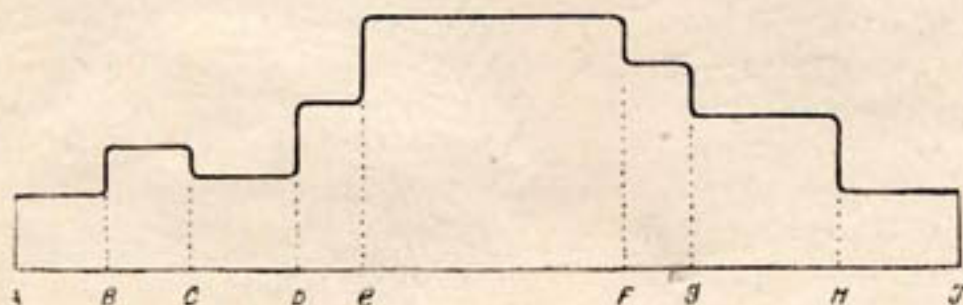
Что касается комбинированного водооборота по главному каналу, распределителю и оросителю, то таковой является, конечно, наиболее сложным из всех видов водооборота. Он предусматривает такую разверстку воды, при которой вода дается из главного канала не всем распределителям сразу, а по очереди, по отдельным группам. В свою очередь, распределитель, получив воду из главного канала, не передает ее сразу всем оросителям, находящимся в сфере его командования, а также питает сперва одну группу оросителей, потом — другую и т. д. Наконец, ороситель, получив воду из распределителя, также не передает ее сразу всем водным абонентам, находящимся на нем, а по очереди питает отдельные группы водопользователей.

Для большей ясности желательно было бы изобразить весь ход водооборота разных видов графически. Кажется, что это трудно сделать в виду того, что картина работающих каналов все время меняется. Однако, если глубже вдуматься в процесс водооборота, можно весь процесс разбить на ряд отдельных составных более простых процессов, которые, в свою очередь, расчлениются на еще более простые процессы и т. д. В течение оросительного сезона водооборот должен совершить несколько полных замкнутых циклов, изменяя при этом свою, так сказать, „размерность“ (не меняя своего типа), в зависимости от вида кривой работы головного шлюз-регулятора (см. график на следующей стр.).

Для периода времени АВ,	размерность должна быть одна,
" " " ВС,	" " " другая,
" " " CD,	" " " третья,
" " " DE,	" " " четвертая и т. д.

Возьмем, например, один из простейших видов водооборота, а именно, водооборот по главному каналу. В течение периода АВ мы, очевидно, должны успеть разверстать воду между всеми распределителями, в течение

периода ВС — тоже и т. д. Но для периода АВ мы имеем в главном канале меньший секундный расход для разверстки и больший промежуток времени для этой операции; для периода ВС, наоборот, — больший расход и меньший промежуток времени. Следовательно, в течение периода АВ одновременно получать воду будет меньшее количество распределителей, водооборот будет идти **более медленным темпом**, чем в течение периода ВС и т. д. Другими словами, под „размерностью водооборота“ дан-



ного типа мы подразумеваем темп, ход водооборота и степень интенсивности, характеризующиеся числом водных абонентов, одновременно получающих воду.

В течение периода водооборота, данной размерности будет работать сперва одна группа распределителей (другая же будет бездействовать), потом она перестает работать, а начинает работать вторая группа распределителей и т. д. Мы будем иметь как бы несколько отдельных действий.

Если водооборот сложного вида, то в течение каждого действия будут происходить как бы несколько картин. Так, напр., при водообороте по главному каналу и по распределителю каждый распределитель, получив воду из главного канала, передает ее сперва одной группе оросителей (одна картина), потом — другой группе (другая картина) и т. д.

Следовательно, вся полная операция по разверстке воды по всей системе в течение всего оросительного сезона состоит из нескольких циклов водооборота, при чем каждый цикл включает в себе несколько различных действий, и каждое действие — несколько различных сцен или картин. Таким образом, для того, чтобы графически представить себе данный вид водооборота, необходимо было бы начертить столько отдельных плановых графиков работы системы, сколько имеется отдельных картин разверстки воды, что и сделано нами выше на стр. 8, 9 и 11 для всех основных и ниже на стр. 14—19 для комбинированных видов водооборота.

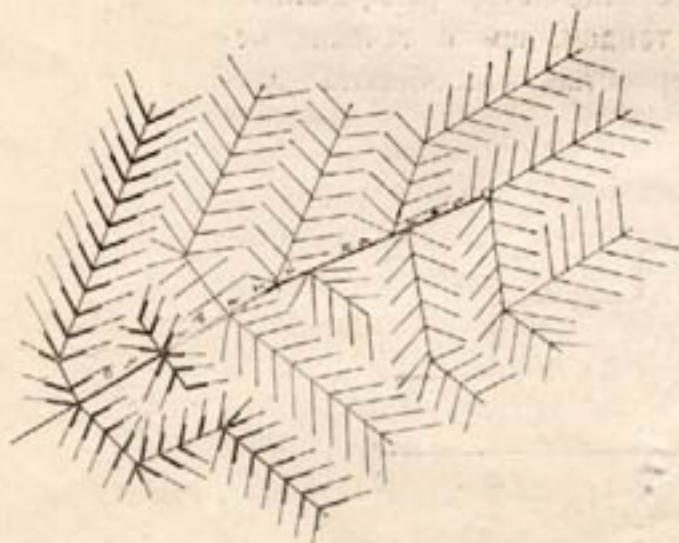
Здесь следует отметить, что начало и конец „цикла“ водооборота могут и не совпадать с началом и концом размерности. „Цикл“ может кончаться раньше или позже того момента, когда водооборот меняет свою „размерность“.

Водооборот по главному каналу и по оросителям.

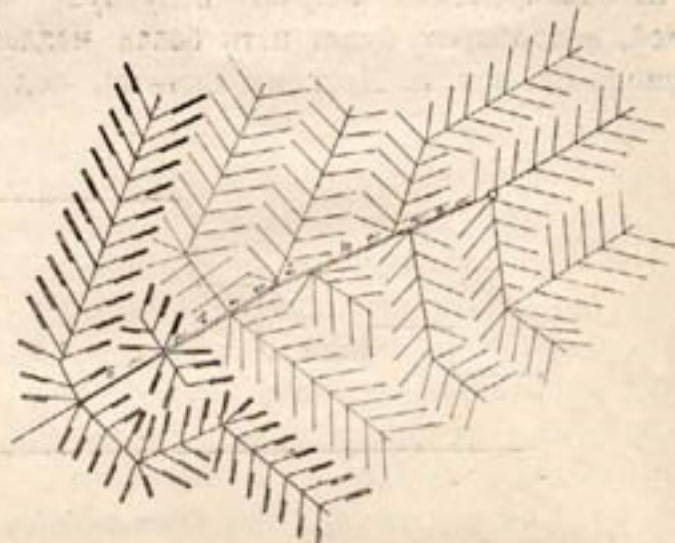
Первый цикл.

Действие I.

Сцена 1.



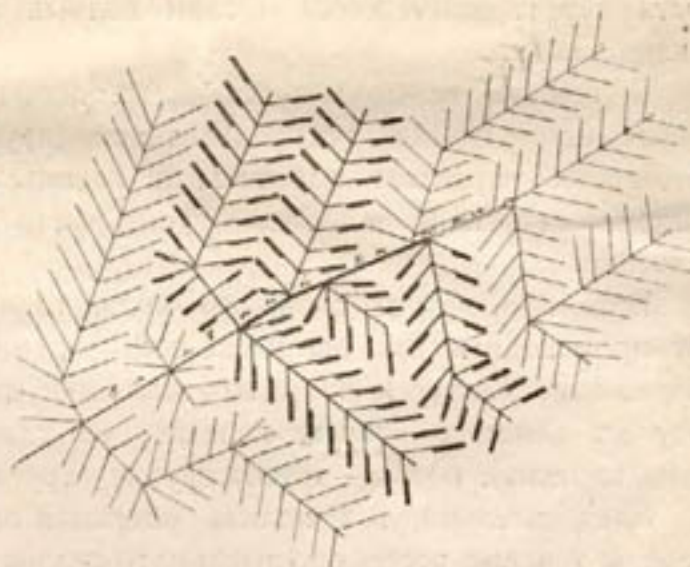
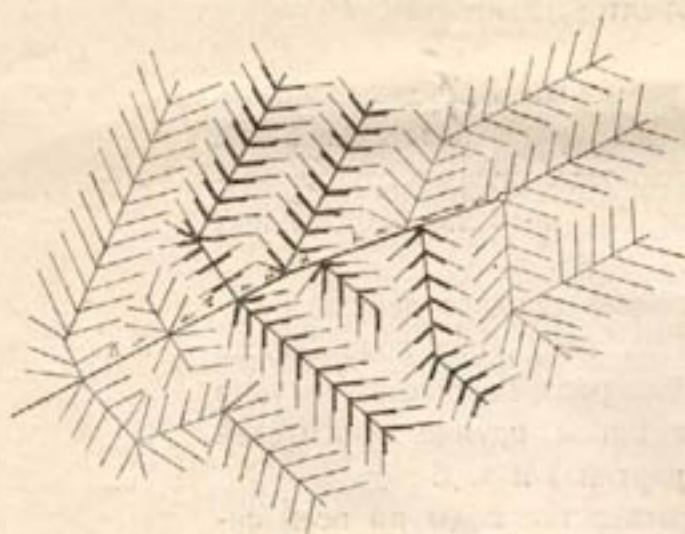
Сцена 2.



Сцена 1.

Действие II.

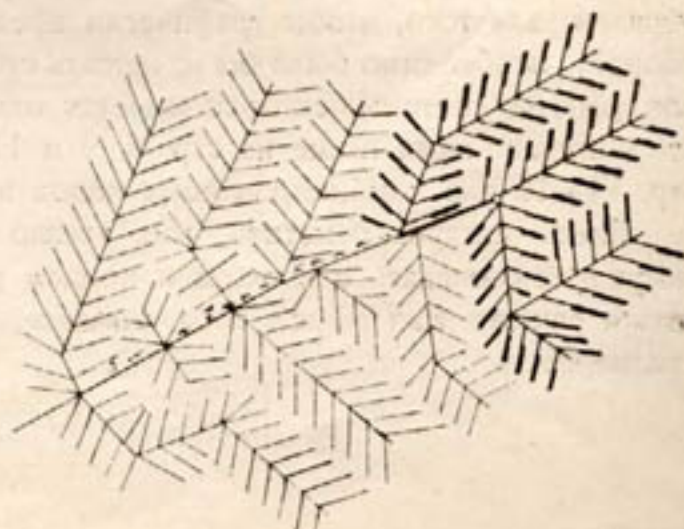
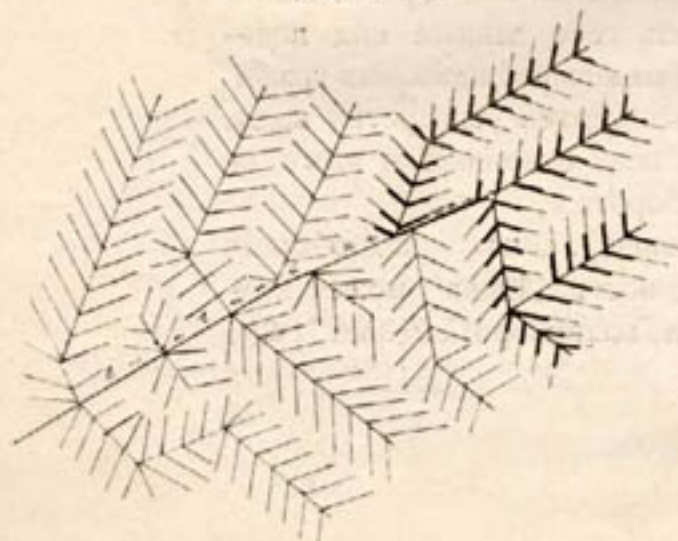
Сцена 2.



Сцена 1.

Действие III.

Сцена 2.

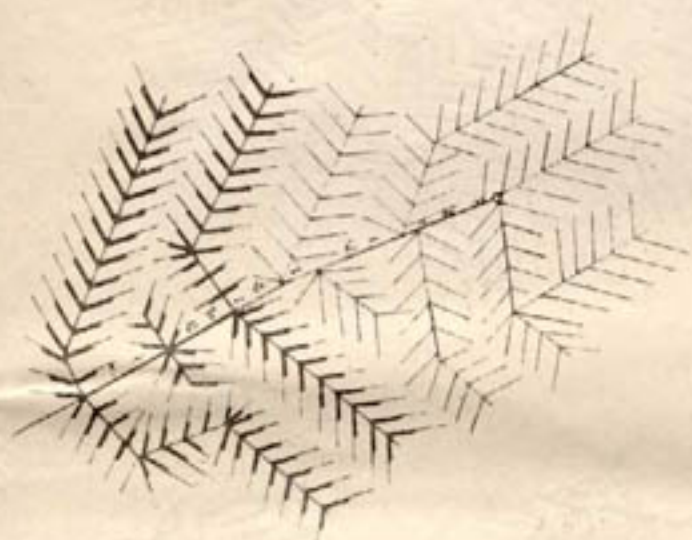


Водооборот по главному каналу и по оросителям. (Продолжение).

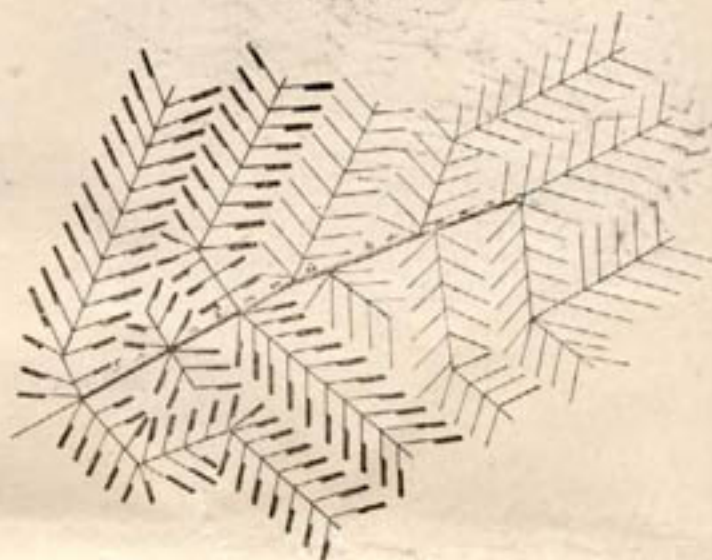
Второй цикл.

Действие I.

Сцена 1.

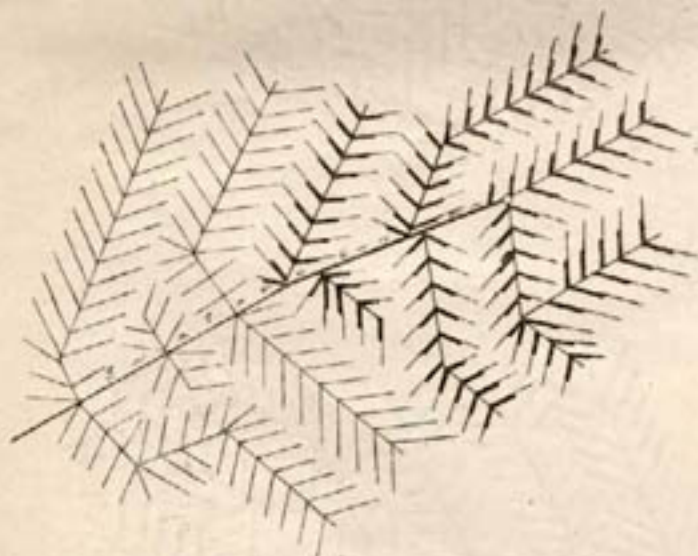


Сцена 2.

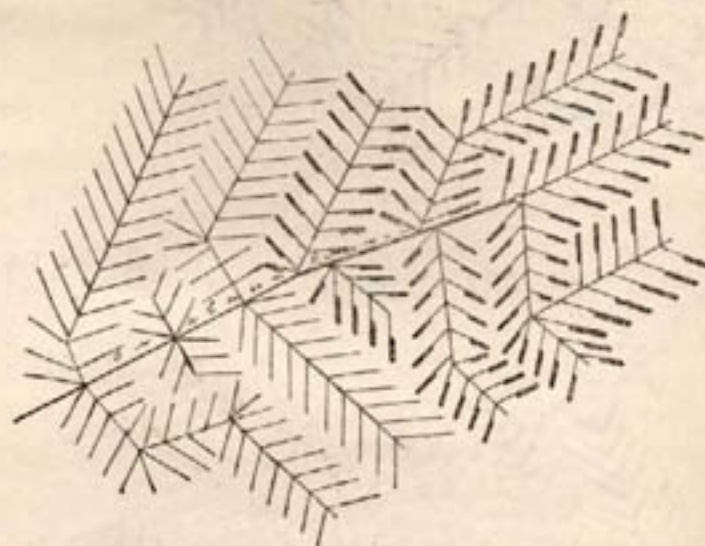


Действие II.

Сцена 1.



Сцена 2.



Условные знаки

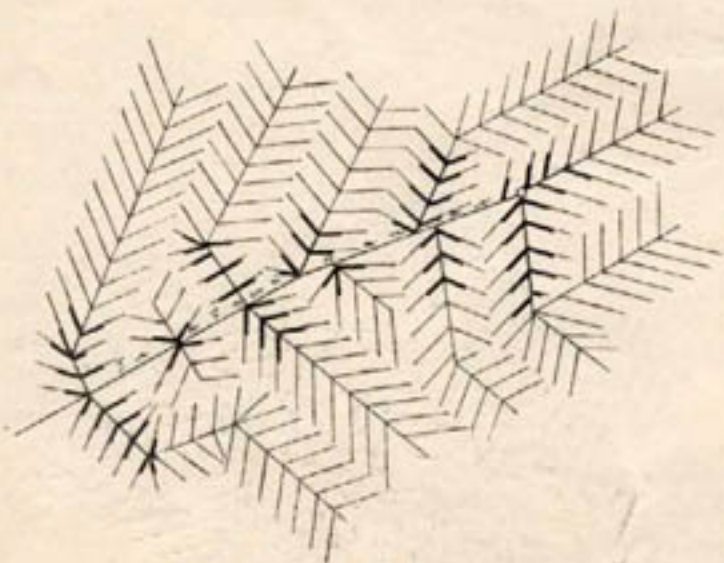
- Оросительные каналы, работающие в нормальном режиме
- Оросительные каналы, работающие с перебоями
- Оросительные каналы, работающие в режиме "сухого" хода
- Оросительные каналы, работающие в режиме "пересыхания"

Водооборот по распределителям и оросителям.

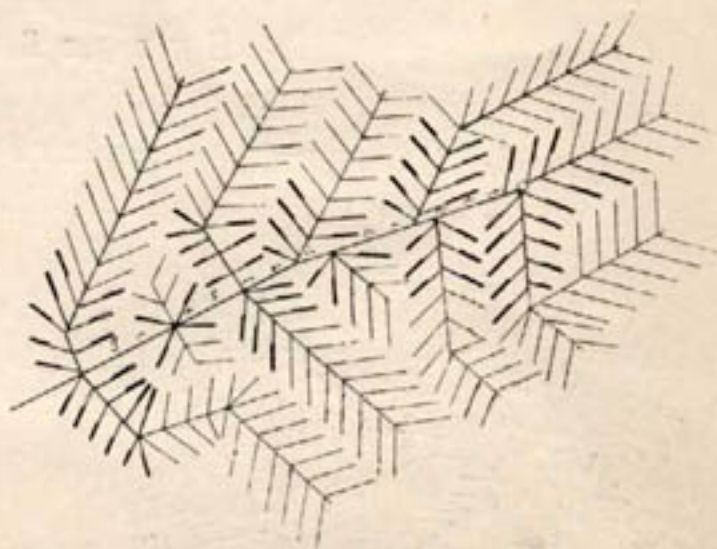
Первый цикл.

Действие I.

Сцена 1.

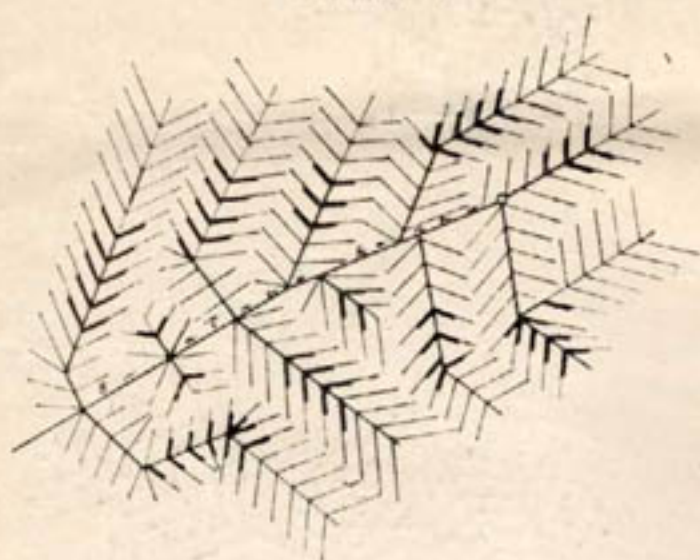


Сцена 2.

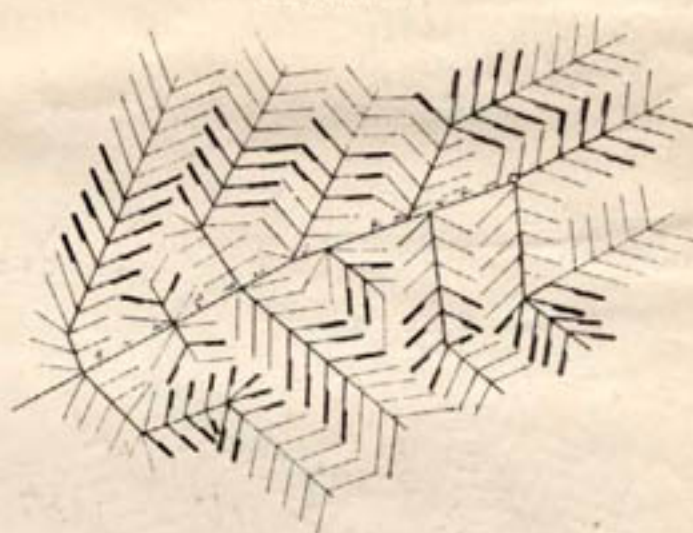


Действие II.

Сцена 1.

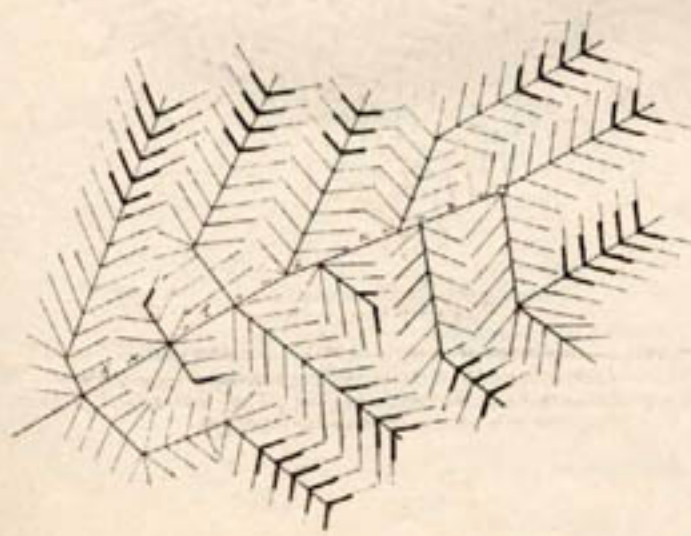


Сцена 2.

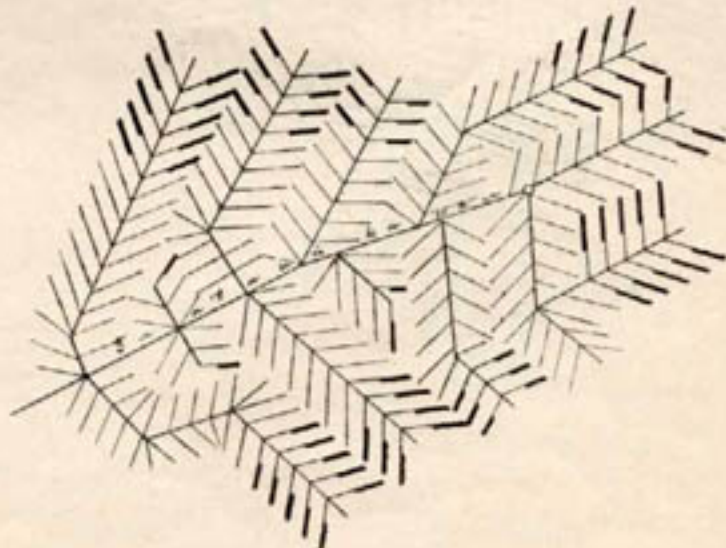


Действие III.

Сцена 1.



Сцена 2.



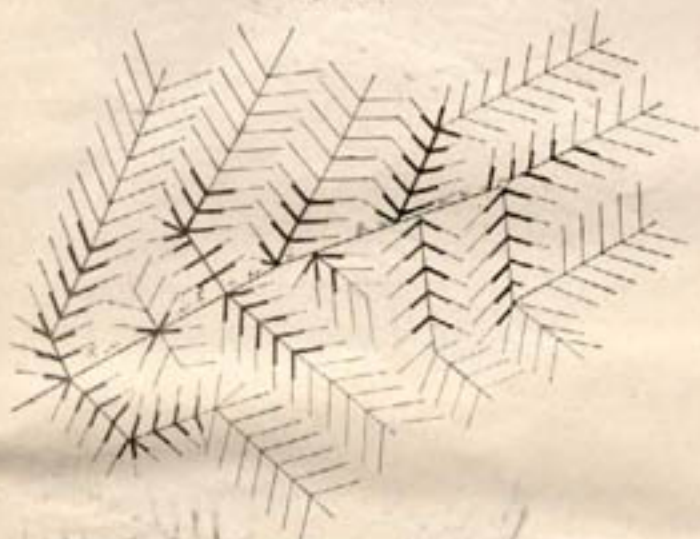
Водооборот по распределителям и оросителям. (Продолжение).



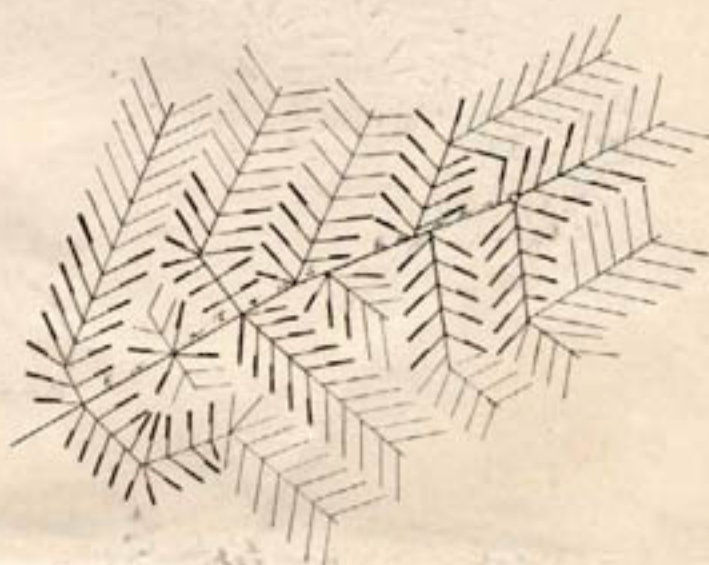
Второй цикл.

Действие I.

Сцена 1.

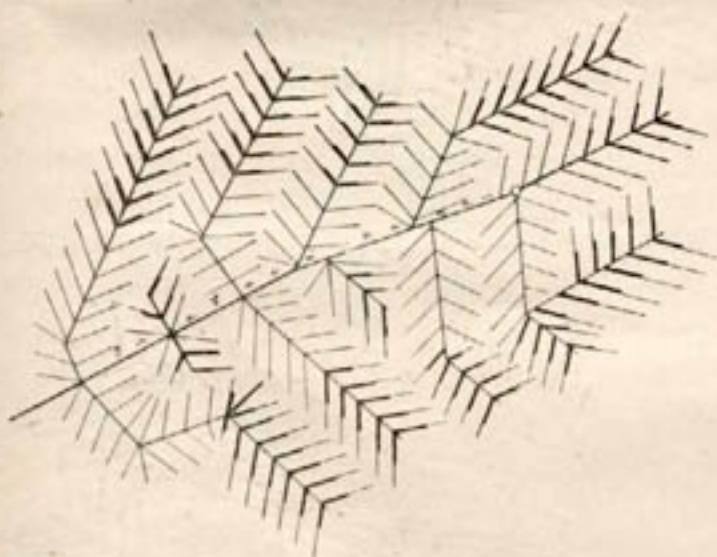


Сцена 2.

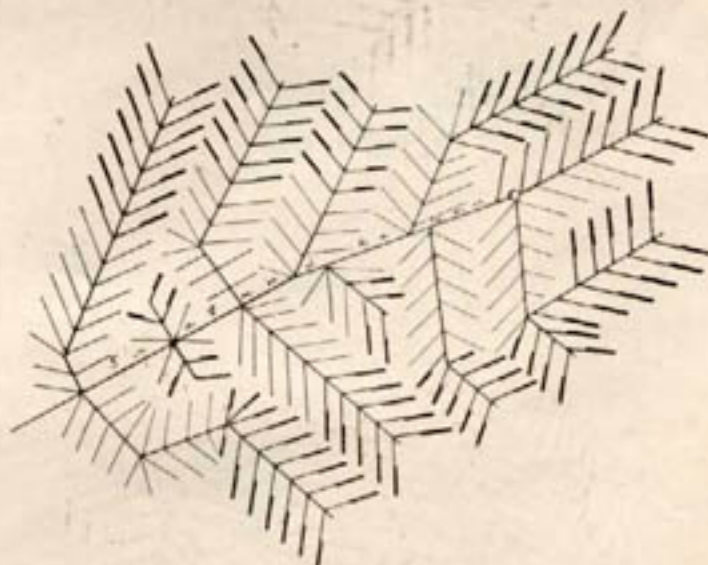


Действие II.

Сцена 1.



Сцена 2.



Условные знаки.

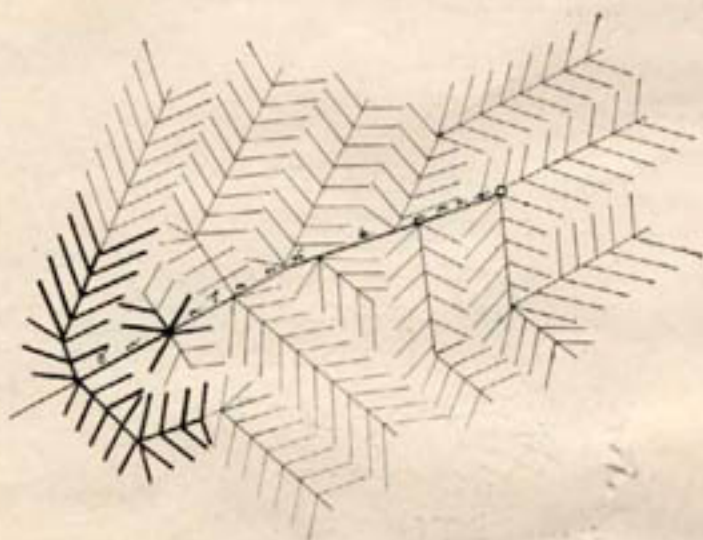
- Оросительные каналы работающих водоебов.
- - - Оросительные каналы действующих, недействующих водоебов.
- ... Оросительные каналы подготавливаемые для групп водоебов.
- ... Оросительные каналы бездействующие.

Водооборот по главному каналу и по распределителям.

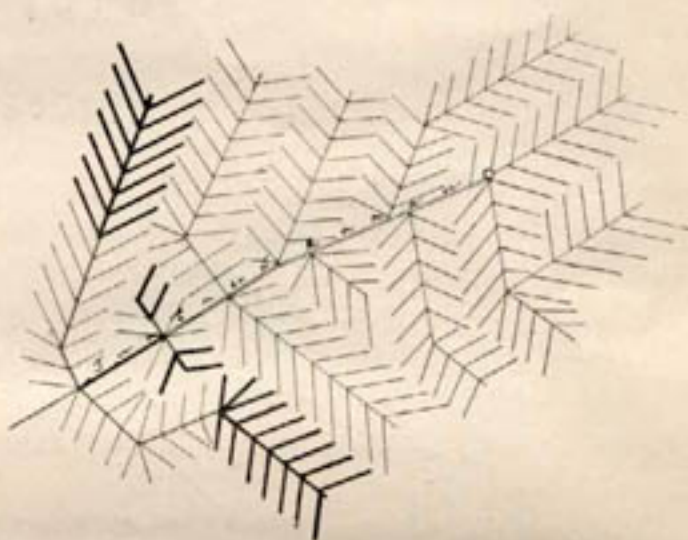
Первый цикл.

Действие I.

Сцена 1.

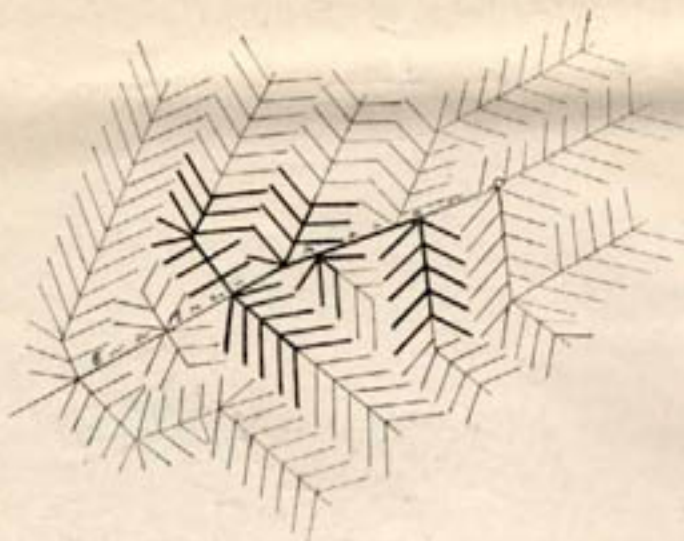


Сцена 2.

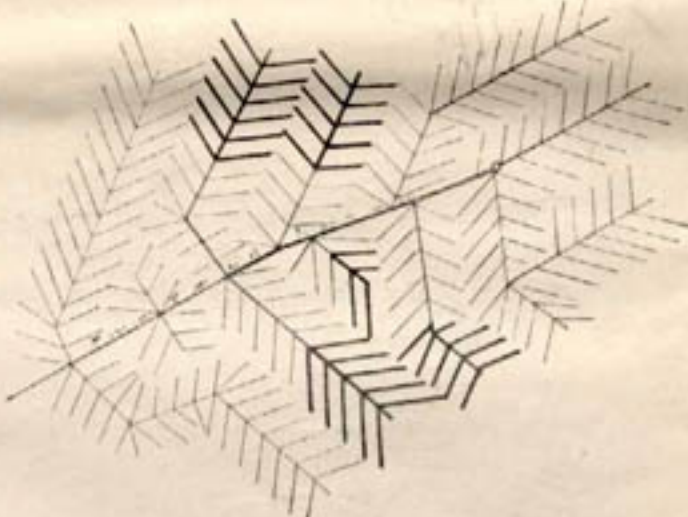


Действие II.

Сцена 1.

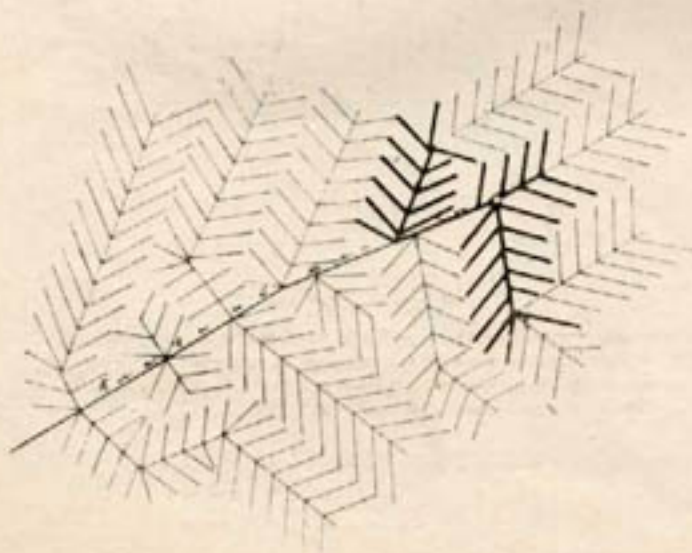


Сцена 2.

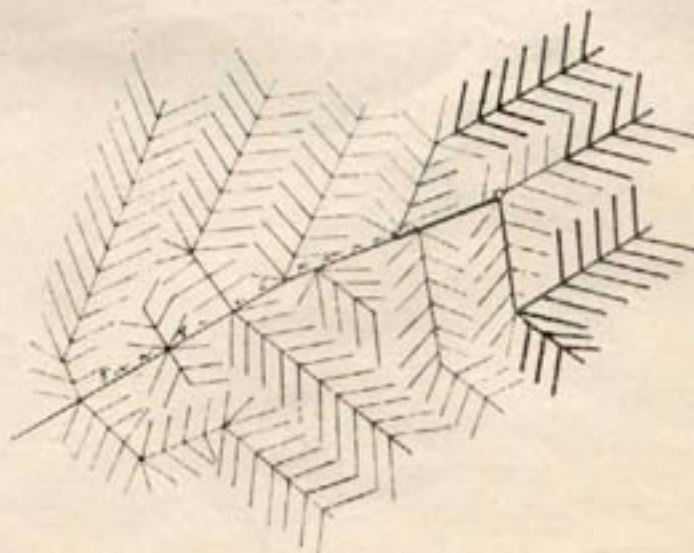


Действие III.

Сцена 1.



Сцена 2.



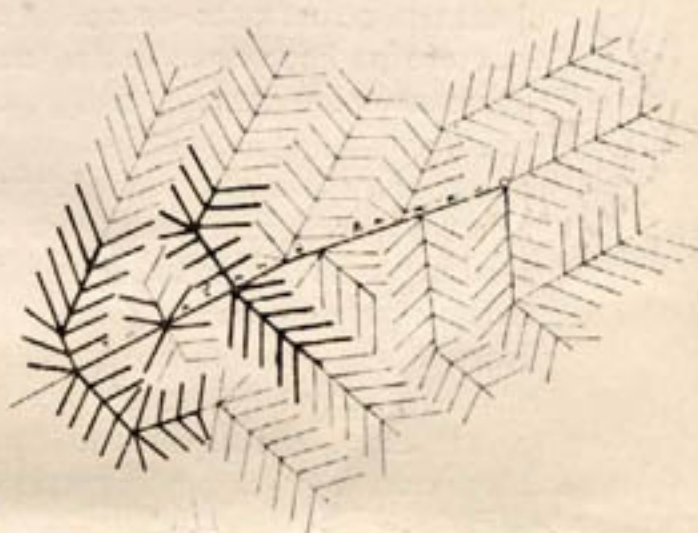
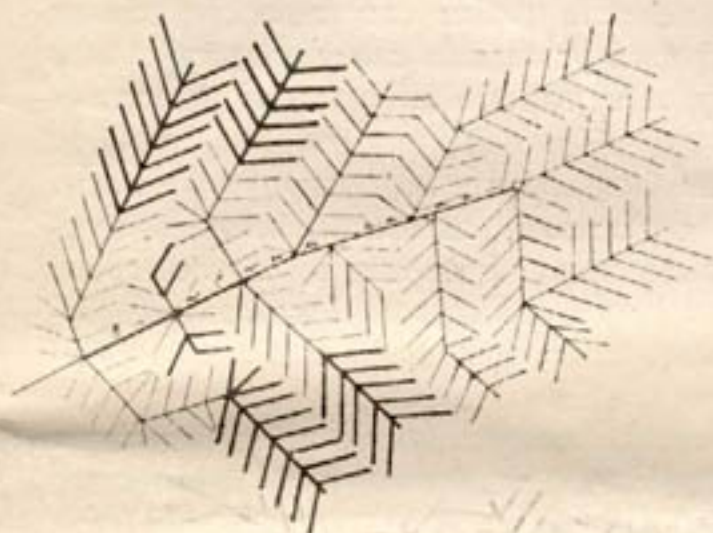
Водооборот по главному каналу и по распределителям. (Продолжение).

Второй цикл.

Действие I.

Сцена 1.

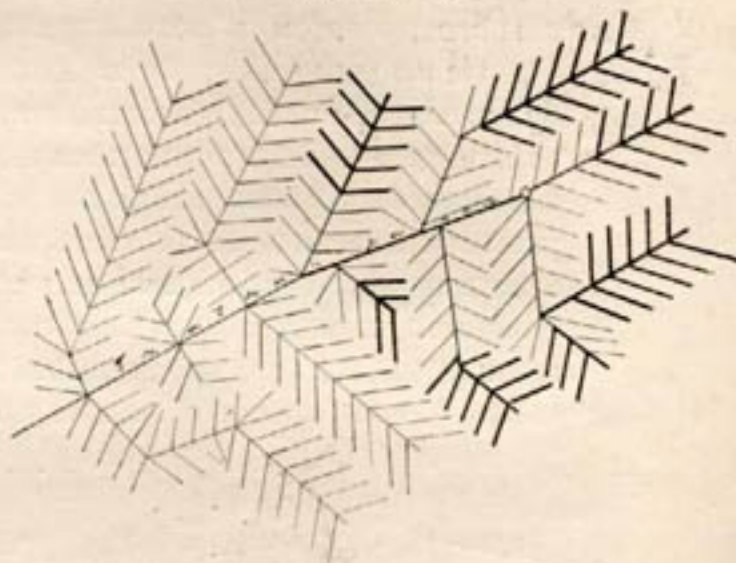
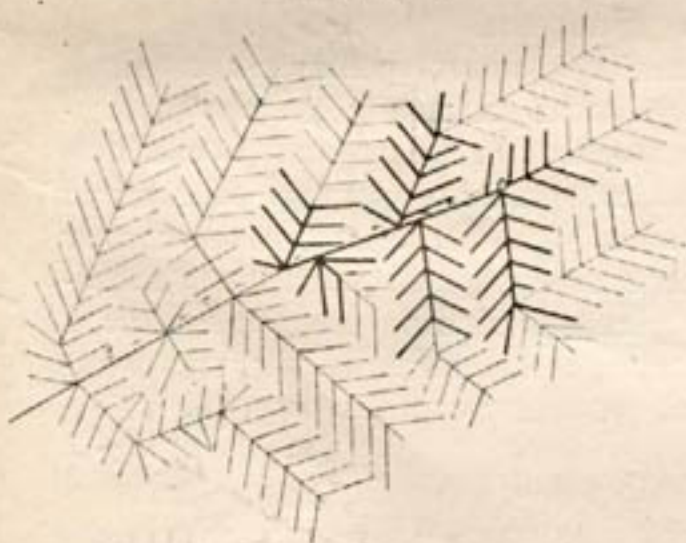
Сцена 2.



Действие II.

Сцена 1.

Сцена 2.



Условные знаки

- распределительный канал, работающий в обратном направлении
- распределительный канал, работающий в направлении потока
- распределительный канал, работающий в обе стороны
- распределительный канал, бездействующий

Схема проектирования.

Выше мы дали определение понятию водооборота, — установили классификацию возможных способов водооборота и дали схематическую оценку каждого из способов. Теперь постараемся установить схему проектирования ирригационной системы в случае принятия одного из способов разверстки воды.

Какой бы метод водооборота ни был принят: по главному ли каналу, или по распределителям, или по оросителям, сперва необходимо определить **число отдельных водопользователей**, которые в разное время года могут одновременно получать воду для орошения. Под водопользователем будем условно подразумевать абонента ирригационной системы, получающего воду в размере одного хозяйственного тока.

Прежде, чем перейти к определению вышеуказанного числа отдельных абонентов, следует остановиться более подробно на **величине хозяйственного тока**, т.-е. того тока воды, которым хозяину удобно будет получать воду из оросителя для полива полей.

Величина хозяйственного тока зависит от рельефа местности, порозности грунта, способа полива, степени культурности земледельцев-водопользователей, — одним словом, от целого ряда факторов.

Эта величина может быть для разных участков всего района, захватываемого проектом, в общем случае не одинакова.

Необходимо поэтому в дальнейшем при проектировании весь район будущего орошения (площадью Ω) разбить на отдельные участки (площадями $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_n$) с идентичными условиями по отношению к величине хозяйственного тока, затем для названных отдельных участков необходимо установить величины хозяйственных токов ($q_1, q_2, \dots, q_n$) и, наконец, зная величину площади отдельных участков с единообразной величиной хозяйственного тока, а также зная общий расход в каждый данный момент в главном канале (Q), предназначенный на поля орошения (без потерь в системе)¹⁾, — мы можем составить нижеследующие уравнения:

$$\Omega = \Omega_1 + \Omega_2 + \dots + \Omega_n;$$

$$\frac{Q}{\Omega} \cdot \frac{\Omega_1}{q_1} = N_1^{(i)};$$

$$\frac{Q}{\Omega} \cdot \frac{\Omega_2}{q_2} = N_2^{(i)};$$

$$\frac{Q}{\Omega} \cdot \frac{\Omega_n}{q_n} = N_n^{(i)}; \quad N_i = N_1^{(i)} + N_2^{(i)} + \dots + N_n^{(i)};$$

¹⁾ На основании специально построенной кривой работы головного шлюза-регулятора. О способе построения см. Журн. Технич. Конит. Отдела Земельн. Улучш. № 1377. „Водн. запасы источника орошения — реки Сыр-Дарья и проектный гидромуль, в связи с планом водного хозяйства в проектируемой системе орошения“.

Когда Q_i принимает максимальное значение Q_{max} , то-есть, когда в главный канал поступает максимальное, согласно кривой работы головного канала, количество воды, тогда, очевидно, максимальное количество водных абонентов может получать одновременно воду, и вышеприведенные уравнения примут следующий вид:

$$\begin{aligned}\frac{Q_{max}}{\Omega} \cdot \frac{\Omega}{q_1} &= N_1^{max} \\ \frac{Q_{max}}{\Omega} \cdot \frac{\Omega}{q_2} &= N_2^{max} \\ \frac{Q_{max}}{\Omega} \cdot \frac{\Omega}{q_k} &= N_k^{max} \\ N^{max} &= N_1^{max} + N_2^{max} + \dots + N_k^{max}\end{aligned}$$

Из приведенных уравнений легко определить для периода наиболее интенсивной работы системы число водопользователей, одновременно получающих воду в каждом отдельном участке и во всем районе ирригационной системы.

Если величина хозяйственного тока для всего района может быть принята одинаковой, тогда числа водопользователей, получающих одновременно воду, определяются из формул:

$$\begin{aligned}\frac{Q_i}{q} &= N_i \\ \frac{Q_{max}}{q} &= N_{max}\end{aligned}$$

Введем два новых понятия, имеющих в дальнейшем облегчить проектирование, а именно, понятия:

- 1) характеристики водооборота (γ)
- 2) единицы водопользования (ω).

Характеристикой водооборота данного момента мы называем отношение числа водопользователей (N), одновременно получающих воду в данный момент времени (t), к общему числу водопользователей, имеющемуся в системе (M), т.-е. $\gamma = \frac{N}{M}$. Характеристика водооборота всегда будет показывать, на какое число не получающих воду водопользователей приходится один получающий.

Единицей водопользования мы называем площадь, которая может быть орошена единым хозяйственным током в период самой острой потребности сельского хозяйства в воде. Если, напр., предположить, что в этот период времени все оросители данной системы получают воду в размере хозяйственного тока, то единица водопользования $\omega = \frac{\Omega}{N_{max}}$, где Ω есть площадь всей системы, а N_{max} есть общее число всех оросителей в данной системе.

После определения характеристики водооборота для каждого момента следует построить кривую характеристики водооборота для всего оросительного периода и только после этого приступить к решению задачи по установлению разверстки воды в системе и проектированию распределительной сети. В дальнейшем перейдем к разрешению поставленных задач.

Основной
случай раз-
верстки воды
по главному
каналу.

Рассмотрим прежде всего первый из приведенных нами выше способов водооборота, а именно, разверстку воды по главному каналу между распределителями. По данному способу водооборота вода должна даваться одновременно всем водопользователям, находящимся в районе командования данного распределителя. Поэтому, при определении расхода воды, на который надо рассчитывать каждый распределитель, следует исходить из общей потребности всех водопользователей. Сущность задачи, очевидно, должна сводиться к тому, чтобы для каждого цикла водооборота соединить распределители в такие отдельные группы, чтобы их суммарные расходы были бы близки между собой и чтобы главный канал мог удовлетворять потребности этих групп в воде по очереди. Но, конечно, нельзя ожидать, чтобы можно было разгруппировать все распределители по отдельным группам так, чтобы их суммарные расходы были бы одинаковы и удобны для разверстки воды из главного канала. Обычно при разверстке воды из главного канала по различным группам распределителей будут получаться в главном канале те или иные остатки или нехватки воды. Для того, чтобы эти остатки или нехватки не получались, необходимо будет пускать воду по некоторым распределителям или с **перегрузкой против нормального расхода** или с **недогрузкой**. В случае, если вода по распределителю пускается с недогрузкой (т.-е. с меньшим расходом), то, очевидно, что на начальных участках горизонты воды будут ниже проектных и только в тех участках распределителя, для которых пущенный расход является нормальным, обеспечена будет подача воды всем оросителям. Следовательно, в таком случае, в распределитель придется дополнительно пускать воду для удовлетворения тех „верховых“ водопользователей, которые не получили ее. Как же подать эту дополнительную воду? Чтобы получить требуемый горизонт в распределителе, воду нужно пускать в распределитель полным расходом, но тогда многие из водопользователей, которые уже раньше получили полагающуюся им воду, будут снова забирать ее — вода будет расходоваться бесполезно; если же дополнительно пустить по распределителю воду только в том количестве, которое нужно для питания не получивших абонентов, то придется устраивать на распределителе специальные подпирющие сооружения для поднятия горизонта до требуемых отметок. Следовательно, для удовлетворения водою верховых водопользователей или придется устраивать в соответствующих местах распределителя подпорные сооружения для искусственного подъема горизонта воды, или при самом проектировании необходимо учесть весь план водооборота принятого типа и гарантировать и при уменьшенных расходах возможность снабжения верховых водопользователей водою. Очень важно, чтобы при проектировании (при разбивке) распределительной сети принималась бы во внимание эта необходимость, чтобы сумма расходов отдельных распределителей давала бы при разных комбинациях расход магистрального канала, и чтобы, таким образом, магистральный канал, разверстывая воду между распределителями, всегда мог бы это сделать без всяких остатков и в то же самое время, удовлетворял бы потребность в воде каждого распределителя.

Определить проектный расход, на который следует рассчитывать отдельный распределитель, легко; если мы обозначим площадь командования данного распределителя через Δ , среднюю нормальную площадь водного аба-

нента¹⁾ через Δ , то расход распределителя C будет равен $\frac{\Delta}{\Delta} q$ (q — величина хозяйственного тока) плюс потери в самом распределителе и в оросительной сети, берущей из него воду. Число оросителей и пропускная способность их определяется также легко. Число оросителей m очевидно, зависит от числа водопользователей n , которое примем на одном оросителе, при чем

$$n \times m = \frac{\Delta}{\Delta}.$$

Определяя на основании особых экономических исследований величину отдельного хозяйственного участка, общее число хозяйств в районе данного распределителя, а следовательно, и общее число водопользователей, мы можем определить путем деления площади командования распределителя на принятую площадь хозяйства. Если, таким образом, будет известно общее количество предполагаемых водопользователей по данному распределителю, то легко будет, согласно предыдущему, определить задание для расчета распределителя и оросителя.

Проделав такую работу для всех распределителей и вместе с этим группируя отдельные распределители так, чтобы можно было удовлетворять их при разных циклах водооборота в главном канале имеющимся в нем расходом, — мы тем самым попутно определяем, какие расходы должен нести главный канал в разных своих частях в различные периоды оросительного сезона, и, следовательно, устанавливаем предварительное задание и для расчета главного канала.

Перейдем теперь к рассмотрению разверстки воды по распределителю. Так же, как и в первом разобранным нами случае, прежде всего, необходимо определить величину хозяйственного тока для отдельных типовых участков района орошения, затем число водопользователей, одновременно могущих в каждом из вышеназванных районов получать воду для орошения. Определив, таким образом, характеристику водооборота для всех моментов работы системы, т.е., значит, зная, какому количеству водопользователей из общего числа их требуется подавать воду в каждый данный момент, легко будет определить то количество водопользователей, которые одновременно должны будут получать воду в различные моменты оросительного сезона из интересующего нас распределителя. Как мы уже указывали, общее число водопользователей равняется общему числу средних единичных хозяйств, а общее число единичных хозяйств определяется путем деления полезной площади командования распределителя (Δ) на величину площади и нормального хозяйства (Δ).

Основной
случай раз-
верстки воды
по распреде-
лителю.

Установив общее количество водопользователей и умножив их на характеристику водооборота (q), можно определить то количество водопользователей, которые одновременно должны получать воду в интересующий нас

¹⁾ Под средней нормальной площадью водного абонента мы подразумеваем единичную хозяйственную площадь, которая может быть рационально орошена *единичным* хозяйственным током. Очевидно, величина этой площади находится в зависимости от очень большого количества факторов экономического и социального характера.

момент (i) из распределителя, $\frac{\Delta}{\Delta} \times \gamma_i$. Расчетные (максимальный и минимальный) расходы распределителя получатся из нижеследующих выражений:

$$Q_{min} = \frac{\Delta}{\Delta} \gamma_{min} \times q + \text{потери в оросительной сети}$$

и в самом распределителе

$$Q_{max} = \frac{\Delta}{\Delta} \gamma_{max} \times q + \text{потери в оросительной сети}$$

и в самом распределителе.

При этом расход Q_{min} необходимо знать для определения сечения и профиля распределителя в целях установления горизонта командования оросителями.

Что касается оросителей, то к ним надо отнести все то, что мы говорили о них при рассмотрении вопроса о разверстке воды по главному каналу. Они должны рассчитываться на суммарный расход, получаемый из умножения хозяйственного тока на число водопользователей, находящихся на одном оросителе плюс потери в оросителе. Установление числа водопользователей— n , пользующихся водою из одного и того же оросителя, зависит от многих причин (так же как и в случае разверстки воды по главному каналу); но раз это число установлено, то легко уже определить число отдельных оросителей— m , получающих воду из данного распределителя. Так как величина характеристики водопользования изменяется в течение поливного сезона, то, очевидно, должно изменяться и число оросителей, которые могут одновременно получать воду из распределителя в разные моменты этого периода. Конечно, расход распределителя, изменяющийся конформно кривой расхода главного канала, не всегда будет кратен расходам оросителя; поэтому, если система запроектирована так, что разверстка воды производится только по распределителям, то необходимо или предвидеть в системе каждого распределителя какие-то особые оросители с несколько уменьшенным или увеличенным расходом против нормального, или же необходимо считаться с тем обстоятельством, что часть воды будет бесполезно сбрасываться в сбросную сеть и оросители не смогут ее забирать. Так как распределитель должен снабжать водой каждый из оросителей при всех тех горизонтах, которые в нем будут иметь место в связи с изменением поступающего в него расхода, то, очевидно, что при проектировании продольного профиля и сечения надо иметь в виду, чтобы при самых низких горизонтах (то-есть при Q_{min}) вода могла поступать в ороситель в требуемом количестве.

Группируя при разбивке сети отдельные оросители так, чтобы можно было бы удовлетворить их, при водообороте по распределителю, имеющимся в последнем расходом, мы тем самым попутно устанавливаем, какие расходы должен нести распределитель в разных своих частях по длине в различные периоды оросительного сезона. Этим самым мы устанавливаем предварительное задание для расчета распределителя по всей его длине.

Основной
случай раз-
верстки воды
по оросителю.

Переходим теперь к последнему из приведенных нами выше основных способов водооборота, а именно: разверстки воды по оросителям между отдельными водными абонентами. Читатель должен помнить, что в этом случае главный канал и распределители работают непрерывным током, при

чем расходы в этих каналах изменяются конформно изменению кривой расхода главного канала, и что водооборот, следовательно, происходит только по оросителям. Сущность задачи, очевидно, должна сводиться к тому, чтобы подобрать водопользователей по группам так, чтобы их можно было бы удовлетворять по очереди водою из оросителя в различные периоды поливного сезона. Начальный путь расчета должен быть такой же, как и для двух рассмотренных уже случаев. Прежде всего необходимо определить величины хозяйственных токов для различных участков района, захватываемого проектом, затем необходимо определить число отдельных водопользователей и, наконец, следует установить характеристики водооборота для различных моментов оросительного сезона.

Зная общее количество водопользователей, обслуживаемых одним оросителем, а также зная характеристики водооборота, легко определить путем умножения числа водопользователей на характеристики, количество водопользователей, которые одновременно должны получать воду из оросителя в различные периоды оросительного сезона. Умножая полученные числа абонентов, одновременно пользующихся водой, на хозяйственный ток, мы легко можем определить минимальные и максимальные расходы оросителя в течение поливного сезона, то-есть получим задание для проектирования оросителя.

Группируя отдельных водопользователей так, чтобы можно было удовлетворить их при каждом цикле водооборота по оросителю имеющимся в нем расходом, мы тем самым попутно устанавливаем, какие расходы должен нести ороситель в разных своих частях по длине в различные периоды оросительного сезона. Этим самым мы устанавливаем предварительные задания для расчета оросителей.

Следует отметить, что в течение летнего времени, во время периода наиболее интенсивного орошения, когда главный канал несет расход полным сечением, коэффициент водооборота, конечно, является наибольшим, т.-е., другими словами, в это время одновременно получает воду наибольшее количество водопользователей. Очевидно, что этот коэффициент водооборота (для периода наибольшей потребности системы в воде) должен быть исходным при расчете пропускной способности как оросителя, так и распределителя. В самом деле, пропускная способность оросителя должна быть достаточной для снабжения водою, в период наибольшей потребности, всего количества водопользователей, находящихся на нем. Наоборот, когда потребность в воде уменьшается и число водопользователей, одновременно орошающих, делается минимальным, т.-е. в осенние и весенние сезоны, оросители будут нести воду в наименьшем количестве, и одновременно пользоваться ею будет значительно меньшее число водопользователей.

Главная характеристика водооборота.

Характеристика водооборота, определяющая отношение числа водопользователей, одновременно получающих воду в периоды наибольшей воды в главном канале, к числу всех водопользователей в системе, дает сразу общее представление о задачах по разверстке воды в системе, поэтому мы считаем полезным дать ей особое название, а именно, главной характеристики водооборота.

Оценка различных способов развертки воды по отдельным элементам системы при различных типах водооборота.

Обратимся теперь к наиболее интересной задаче — к выбору и установлению типа водооборота для проектируемой системы. Для этого нам придется произвести анализ отрицательных и положительных сторон всех способов развертки воды в основных типах водооборота.

Водооборот
по оросителю.

Начнем с водооборота по оросителю. Если бы заранее не ограничивать то количество воды, которым ороситель может пользоваться, то, очевидно, что предельным случаем водооборота по оросителю, с одной стороны, будет тот, когда все водопользователи, сидящие на данном оросителе, одновременно получают воду, а с другой стороны, случай совершенно противоположный, когда в каждый данный момент только один водопользователь получает ее; промежуточными случаями водооборота по оросителю являются такие, когда несколько водопользователей одновременно будут получать воду; в таком случае ороситель работает как бы **перегонами**. Сперва работает одна часть оросителя по длине, потом другая, третья и т. д., пока не будут удовлетворены все водопользователи. Например, в случае, если на оросителе находятся 12 водопользователей, и одновременно могут получать воду четыре из них, т.-е. одна треть общего числа, то можно сказать, что ороситель должен работать тремя перегонами; сперва будет работать верховая часть оросителя и давать воду четверем водопользователям, потом будет работать средняя часть оросителя по длине и будет давать воду средним водопользователям, и, наконец, низовая часть оросителя.

Очевидно, что чем большее количество водопользователей одновременно будет получать воду, тем меньше потребуется времени на работу оросителя для того, чтобы всех можно было удовлетворить потребным количеством воды в течение данного поливного такта, но, вместе с тем, тем большая должна быть предвидена пропускная способность оросительного канала — и наоборот. Для предельного случая, когда только один водопользователь пользуется водой из оросителя, т.-е., другими словами, вся вода из оросителя поступает то к одному водопользователю, то к другому и, следовательно, не делится по количеству, а только по времени пользования, — пропускная способность оросителя будет наименьшая, равная хозяйственному току плюс те потери, которые встретятся в оросителе; но за то время работы оросителя будет в n раз больше времени, которое потребовалось

бы для оросителя, если бы все и водопользователи, находящиеся на данном оросителе, могли бы получить воду сразу. Очевидно, число водопользователей, одновременно получающих воду из оросителя в каждый данный момент, определяется величиной характеристики водооборота для данного момента. Для того, чтобы установить, какой же из способов разверстки воды по оросителю наиболее выгоден: разверстка ли по одному абоненту, или разверстка по перегонам, или одновременное снабжение всех абонентов водою,—установим прежде всего критерии для оценки. Рассматривать можно с трех точек зрения:

- 1) с точки зрения расходов по сооружению ирригационной системы,
- 2) с точки зрения эксплуатации ее и
- 3) с точки зрения потерь воды или коэффициента полезного действия ирригационной системы, рассматриваемой, как водопередаточное сооружение.

С точки зрения расходов по сооружению системы, очевидно, наиболее выгодно устраивать оросители при одновременной работе наименьшего количества абонентов и в пределе при пропускной способности оросителя, равной единичному хозяйственному току. В этом случае не только уменьшается количество земляных работ по устройству самого оросителя, но также и по устройству водосборной сети; водосборные канавы, обслуживающие каждую единицу водопользования, в этом случае могут быть наименьшего сечения. Между тем, стоимость устройства водосборной сети значительно дороже оросительной и всякое уменьшение стоимости водосборной сети весьма существенно отражается на удешевлении стоимости всего проекта.

Одновременно с этим все искусственные сооружения на мелкой водосборной и оросительной сети принимают минимальные размеры, начиная с головного шлюза-оросителя и кончая мостиками через оросительные и водосборные канавы.

Также и площадь отчуждения под каналы и под сооружения будет для данного случая наименьшая.

Итак, с точки зрения стоимости основного устройства мелкой сети, наиболее выгодным является тот случай разверстки воды по оросителю, когда в каждый данный момент только один водный абонент пользуется водой, т.-е. когда расход оросителя равен хозяйственному току плюс потери.

С точки зрения эксплуатации системы также более выгодно, когда большее число абонентов одновременно получает воду из оросителя, и наиболее выгоден случай, когда одновременно получает воду только один абонент. Если получают воду одновременно несколько абонентов, тогда расход оросителя необходимо делить по количеству, и чем большее количество абонентов будет получать воду, тем больше, следовательно, должно быть произведено делений расхода оросителя. Каждое деление по количеству связано с большими хлопотами и требует особых вододелительных или водомерных устройств, которые должны, конечно, обслуживаться персоналом, при чем число недоразумений, которые возникают между водопользователями и администрацией каналов тем больше, чем большее число

выделов воды. Поэтому штат водной администрации весьма существенно должен усиливаться по мере увеличения числа водопользователей, одновременно получающих воду из оросителя. В случае, когда только один абонент пользуется водой из оросителя, вся вода из оросителя, как мы уже указывали, поступает то к одному, то к другому водопользователю, а следовательно, не делится по количеству, а только по времени пользования, поэтому исчезает надобность в какой-либо администрации, обслуживающей оросителя, ибо раз установлена очередь в днях и часах, в течение которых каждый из водопользователей, живущий в районе данного оросителя, получает всю воду оросителя, то сам водопользователь, конечно, уже не пропустит своего срока и будет следить за тем, чтобы другие водопользователи не брали воду в то время, когда эта вода принадлежит ему. Следовательно, в этом случае разверстки воды по оросителю **исчезает необходимость в устройстве каких-нибудь водомерных и вододелительных приспособлений на оросителе**, что, помимо уменьшения эксплуатационных расходов, даст значительное сокращение расходов и по основным сооружениям системы.

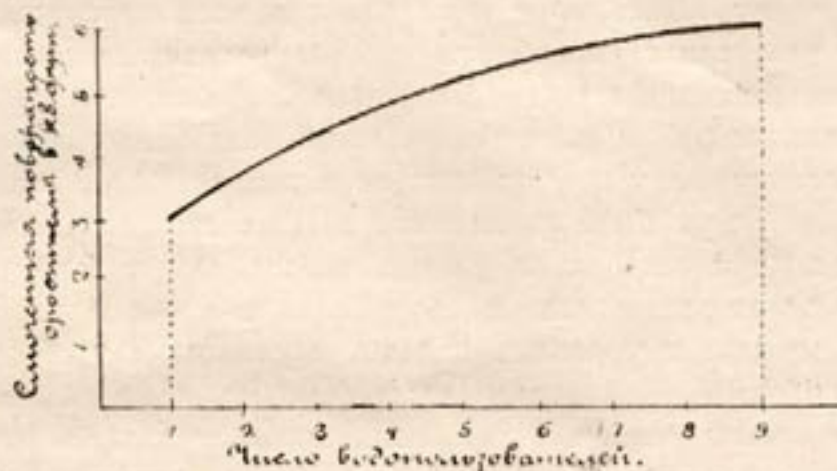
Вместе с этим уменьшается число тяжб между водной администрацией и водопользователями, и таким образом облегчится работа центральных водных управлений, рассматривающих эти тяжбы.

Итак, с точки зрения **эксплоатации системы наиболее выгоден тот случай разверстки воды по оросителю**, когда в каждый данный момент только один водный абонент пользуется водой, т.-е. когда расход оросителя равен хозяйственному току плюс потери.

Если рассматривать указанные выше способы разверстки воды по оросителю с точки зрения величины **коэффициента полезного действия системы**, то мы придем к противоположному выводу. Чем большее количество абонентов будет получать одновременно воду из системы, тем меньшее количество времени нужно оросителю для удовлетворения потребности всех водопользователей. Потери воды будут, очевидно, пропорциональны смоченной поверхности и времени работы оросителя. Если мы возьмем предельный случай, когда все водопользователи одновременно получают воду, и обозначим время, необходимое для удовлетворения водопользователей водою через t , а смоченную поверхность при этом через μ^{max} , то в этом предельном случае смоченная поверхность оросителя будет наибольшая, так как расход, который пропускается по оросителю будет равен числу всех водопользователей n , умноженных на хозяйственный ток плюс потери; для другого же предельного случая разверстки воды в оросителе, когда в данный момент только один абонент получает воду, время работы всего оросителя будет в n раз больше, т.-е. равняться nt , а смоченная поверхность оросителя будет равняться μ^{max} . Промежуточные случаи разверстки воды дадут промежуточные величины для элементов времени и смоченной поверхности. Но время обратно пропорционально числу водопользователей, а смоченная поверхность оросителя, хотя и уменьшается с уменьшением числа водопользователей, но это уменьшение идет очень медленно. Для иллюстрации нашей мысли мы приводим (см. следующую стр.) примерную кривую зависимости между потерями в оросителе и числом водопользователей, одновременно получающих воду из оросителя.

Следовательно, $n \times l \times p^{m \times n}$ будет значительно больше $l \times p^{m \times n}$ и чем больше n , тем больше будет и разница.

Таким образом, с точки зрения величины потерь воды наиболее выгоден тот случай разверстки воды, при котором ороситель дает воду всем водопользователям одновременно.



Дав вышеприведенную оценку различных случаев водооборота по оросителю, обратимся к оценке отдельных случаев водооборота по распределителю.

Водооборот по распределителю.

Так же, как и при разверстке воды по оросителю здесь возможны три случая:

- 1) Когда распределитель одновременно дает воду всем оросителям, берущим начало из него. Это, очевидно, будет высшим пределом работы распределителя.
- 2) Когда разверстка воды по распределителю происходит только по „одному“ оросителю, т.-е. когда только один ороситель получает одновременно воду из распределителя. Это, очевидно, низший предел мыслимой работы распределителя.
- 3) Когда одновременно получают воду не все оросители, а только несколько из них, при чем эти несколько оросителей сосредоточены на какой-то части распределителя. В таком случае распределитель работает, как бы перегонами; когда работает один какой-нибудь перегон (часть по длине) распределителя, то получают одновременно воду все оросители, головы которых расположены на этой части перегона; оросители же на других перегонах воду не получают; затем закрываются шлюзы-оросители только что указанного перегона, вода пропускается на другой перегон распределителя, который начинает работать, а все остальные перегоны бездействуют.

Очевидно, число перегонов, которым будет работать распределитель в данный период, зависит от отношения числа оросителей, которые должны одновременно работать, к числу всех оросителей, находящихся в районе данного распределителя, то-есть от величины характеристики водооборота для данного момента V . Рассмотрим преимущества и недостатки каждого из указанных случаев, исходя из тех же трех точек зрения:

- 1) с точки зрения основных строительных расходов,
- 2) с точки зрения эксплуатации системы,
- 3) с точки зрения коэффициента полезного действия ирригационной системы, как водного передаточного сооружения.

С точки зрения **основных строительных расходов** очевидно, если распределитель будет давать воду одновременно всем оросителям, требуется наибольшая пропускная способность для распределителя, а следовательно, и наибольший размер для распределительного канала, т.-е. наибольшее количество земляных работ; и, наоборот, когда вода одновременно будет даваться небольшому количеству оросителей и в пределе одному, поперечные сечения канала могут быть уменьшены и доведены до минимума; кроме того, при меньших расходах в распределителе, могут быть **уменьшены и перекинутые через распределитель сооружения**, т.-е. мосты и проезды; кроме того, будут **меньше и сбросные каналы**, служащие для сброса излишних вод. Таким образом, при первом взгляде может показаться несомненным, что с точки зрения основных строительных работ должно быть дано преимущество тому случаю водооборота, когда вода дается одновременно как можно меньшему количеству оросителей. Однако, при ближайшем рассмотрении картина несколько изменяется. Дело заключается в том, что горизонт воды в распределителе, какие бы расходы он ни нес, не должен опускаться ниже определенных отметок в различных пунктах по своей длине для того, чтобы иметь возможность командовать оросителями и снабжать их водою. Поэтому **высота дамб распределителя должна оставаться при разных случаях разверстки воды по распределителю одной и той же**, будет изменяться только ширина по дну канала. Если принять во внимание, что вообще распределительный канал является наиболее дешевой частью ирригационной системы, и что расширение канала по дну без увеличения высоты дамб вызывает ничтожные дополнительные расходы, то, конечно, значение этого удорожания, при сравнении рациональности разных способов водооборота по распределителю, значительно умалается. Кроме указанного, должны быть приняты во внимание следующие соображения: если распределитель ротирует воду по небольшому количеству оросителей, то для того, чтобы такая ротация была возможна, необходимо устройство на распределителе большого количества поперечных преграждений; число этих поперечных преграждений должно быть тем больше, чем меньшее число оросителей одновременно берут воду из распределителя. Если сравнивать стоимость устройства дополнительных поперечных преграждений, которые приходится создавать при разверстках воды по небольшому количеству оросителей, с тем удешевлением стоимости распределителей, которое при этом получается, то придется констатировать факт, что серьезно выставлять положение о выгоде, с точки зрения строительных расходов, устройства водооборота „малыми перегонами“ будет нельзя, что, наоборот, наиболее выгодно было бы, если распределитель работал бы постоянным током, давая воду сразу всем оросителям.

С точки зрения эксплуатации системы получается картина обратная той, которую мы имели для оросителя. Насколько в оросителе выгодно в эксплуатационном отношении разверстывать воду по одному абоненту, настолько в распределителе это было бы нецелесообразно и невыгодно.

Когда распределитель работает полным расходом, т.-е. расходом, обеспечивающим одновременную подачу всем оросителям, тогда водная администрация имеет наименьшее количество забот, потому что в этом случае оросительные шлюзы могут всегда оставаться открытыми, так как **когда работают распределители, работать должны и оросители**, и если водопропускные сооружения, находящиеся в голозе оросителей, имеют автоматическую регулировку, то количество возможных недоразумений уменьшится до минимума.

При работе же распределителя отдельными „перегонами“ водной администрации необходимо **следить**, во-первых, за **своевременным закрытием и открытием поперечных преграждений** на распределителе, создающих необходимый подпор для обеспечения горизонта питания, во-вторых, за тем, чтобы во время работы одного какого-либо перегона распределителя не брали бы воду оросители по другим перегонам, т.-е. за тем, чтобы все оросительные шлюзы на холостых перегонах были бы **плотно закрыты**, а на рабочем, наоборот, **во-время открыты**.

Само собой разумеется, в случае работы распределителя перегонами будет значительно больше количество возможных злоупотреблений, недоразумений и произвола со стороны администрации. Штат, требующийся для обслуживания, следовательно, должен быть предусмотрен большим.

Кроме того, разверстка воды по распределителю „перегонами“ с эксплуатационной точки зрения не выгодна еще и потому, что **создаются благоприятные условия для заиления распределителя**: работая все время при помощи поперечных преграждений, создавая подпоры, мы тем самым уменьшаем скорости и позволяем оседать наносам на дно каналов. Таким образом, потребуются дополнительные расходы по чистке распределителя, а, вместе с тем, поля орошения будут лишены части оплодотворяющего ила.

С точки зрения **коэффициента полезного действия и потерь** в системе наиболее выгодным случаем, конечно, будет когда распределитель работает полным расходом, т.-е. одновременно дает воду всем оросителям, ибо в этом случае время работы распределителя будет в несколько крат более коротким, а смоченная поверхность хотя и увеличится, но далеко не прямо пропорционально увеличению расхода.

Итак, как будто бы не подлежит сомнению, что со всех точек зрения наиболее выгодным является тот случай водооборота, когда распределитель работает полным своим расходом и одновременно дает воду всем своим оросителям.

Так как потребность в поливной воде в разные периоды оросительного сезона бывает разная, то, очевидно, и распределитель должен пропускать через себя на поля орошения в разные периоды разные количества воды. Если принять, что распределители всегда должны работать одним и тем же рабочим полным расходом, то тем самым очевидно, что **должна будет изменяться продолжительность его работы в различные периоды**, или, как мы будем в дальнейшем называть, продолжительность отдельных „тактов“ распределителя.

Наконец, мы можем перейти к оценке различных способов водооборота по главному каналу. Главный канал в общей структуре ирригационной

Водооборот
по главному
каналу.

системы является тем элементом ее, который получает воду из источника орошения в виде постоянного потока с изменяющимся расходом в зависимости от кривой потребления. (См. кривую работы головного шлюза регулятора. Журн. Тех. Ком. Огд. Зем. Улучш. № 1377. „Проект орошения 500.000 дес. Голодной Степи“).

Очевидно, в своей холостой части главный канал должен иметь режим, установленный кривой потребления.

Что же касается рабочей части главного канала, то здесь мыслимы два случая разверстки воды.

1) Когда канал работает непрерывным потоком на всем своем протяжении, питая постоянно водою все распределители, берущие из него начало, при чем при малых расходах в главном канале соответственно поступают малые расходы и в распределители; с увеличением расхода по главному каналу увеличиваются расходы и по распределителям.

2) Когда разверстка по главному каналу происходит „перегонами“, т.-е. когда одновременно получают воду не все распределители, а только некоторые из них, сосредоточенные на какой-то части (перегоне) главного канала. Когда работает один какой-нибудь „перегон“ (часть по длине) канала, то тогда получают одновременно воду полным потребным расходом все те распределители, головы которых расположены на этом „перегоне“, распределители же на других „перегонах“ воду не получают; затем закрываются шлюзы-регуляторы распределителей только что указанного „перегона“, вода пропускается на другой перегон главного канала, который начинает работать, а все остальные „перегоны“ бездействуют, т.-е. не питают водою находящихся на них распределителей. Мы не вольны менять общий расход главного канала. Как мы уже указывали, питание главного канала из источника орошения вполне определяется кривой потребления и когда говорится о разверстке воды из главного канала, необходимо помнить, что идет речь о разверстке вполне определенного количества воды для каждого данного момента. Тот предельный случай разверстки воды из главного канала, когда вода одновременно подается по всем распределителям, берущим из него воду в требуемом для них количестве, может иметь место только в том случае, когда рабочие расходы распределителей установлены так, что общая сумма их равняется расходу главного канала. Но так как расход главного канала меняется, то очевидно, что такое равенство можно установить только для одного какого-нибудь определенного периода времени, для всех остальных периодов такое равенство, очевидно, уже соблюсти будет невозможно, и на сцену должны будут выступить те два случая разверстки воды по главному каналу, которые мы указывали вначале, т.-е. или можно будет давать воду непрерывным током, когда с уменьшением расхода в главном канале уменьшаются соответственно расходы распределителей, или же, если рабочие расходы распределителей уменьшать нежелательно, придется ввести несколько циклов водооборота.

Рассмотрим преимущества и недостатки каждого из случаев, исходя из тех же трех точек зрения:

- 1) с точки зрения основных строительных работ,
- 2) с точки зрения эксплуатации системы,



3) с точки зрения коэффициента полезного действия системы, как водного передаточного сооружения.

С точки зрения основных строительных работ очевидно, что если устраивать разверстку „перегонами“ в течение периода наибольшего расхода в главном канале, то концевые части (по длине) главного канала придется рассчитывать на большую пропускную способность, чем в том случае, если бы главный канал мог питать все распределители непрерывным током. При непрерывном токе в среднюю часть и конец канала поступают расходы, пропорциональные площадям командования распределителей, берущих начало из главного канала на этом протяжении. При работе же „перегонами“ в эти части главного канала должен поступать расход, необходимый для питания распределителей полным потребным расходом. Чем большее количество „перегонов“ работы мы допустим в период наибольшего расхода воды в главном канале, тем большую пропускную способность надо придать концевой части канала. Увеличение пропускной способности главного канала в средней и концевой его частях должно вызвать вообще увеличение земляных работ и увеличение пролетов располагаемых на нем искусственных сооружений, т.-е. поперечных преграждений, мостов и т. д.

С точки зрения основных строительных расходов наиболее выгодна была бы такая система разверстки воды по главному каналу, которая совершенно не вызывала бы увеличения пропускной способности канала ни в одной из его частей, против пропускной способности, предусматриваемой при системе непрерывной подачи воды всем распределителям. Другими словами необходимо так запроектировать ирригационную систему, чтобы в течение периода наибольших расходов канала сумма потребных расходов всех распределителей была бы равна расходу главного канала.

В период же малых и средних расходов в главном канале очередная разверстка воды не потребовала бы увеличения пропускной способности канала в какой-либо из его частей, так как в эти периоды число одновременно работающих распределителей будет значительно меньше, а потому и суммарный расход, который будет требоваться подавать в концевой части главного канала, может не превышать пропускной способности канала в этом месте.

С точки зрения эксплуатации система ротации потребует значительно больше забот и работы, чем система непрерывного тока. Система ротации требует сугубого внимания за своевременным закрытием и открытием шлюзов - распределителей и регулированием горизонтов воды в канале поперечными преграждениями. Кроме того, впуск воды с рабочего „перегона“ на соседний, который стоял в бездействии (т.-е. теоретически сухим), должен производиться в больших каналах с большими предосторожностями и очень медленно для того, чтобы не были размывы дамбы и дно канала. Вообще же говоря, во избежание аварии следовало бы не допускать частого опоражнивания тех или иных „перегонов“ главного канала. Главный канал должен нести всегда некоторое количество воды на всем своем протяжении, потому что он является единственным источником жизни не только для растений, но и для людей и животных. В случае принятия системы ротации все-таки в главном канале должен оставаться ток воды для

водоснабжения расположенных по каналу городов и других населенных пунктов, для обеспечения минимальным потребным расходом установленных на системе гидроэлектрических станций, а в некоторых случаях и для возможности поддержания судоходства.

Кроме того, при работе главного канала „перегонами“ мы принуждены будем считаться с большим заилением отдельных участков, так как, создавая на одних участках, при помощи поперечных преграждений, большие глубины с малыми скоростями, а на других участках оставляя чрезвычайно незначительный ток воды, мы тем самым нарушаем необходимую зависимость между глубинами и скоростями и создаем все необходимые условия для заиления канала. С этим вопросом особенно нужно считаться в те периоды поливного сезона, когда источник орошения несет большое количество наносов, что, очевидно, совпадает с периодами наибольших расходов в канале. Поэтому и с точки зрения заиления канала и с точки зрения уменьшения сечения каналов желательно, чтобы и в периоды наибольшего расхода главный канал не работал бы „перегонами“, а, наоборот, подавал бы воду всем распределителям и работал бы всей своей длиной без ротации.

Теперь подойдем к рассмотрению вопроса о потерях воды в главном канале. Прежде всего, необходимо вспомнить нами выше установленное положение, что ни один из „перегонов“ главного канала не должен оставаться совершенно без воды (за исключением, конечно, случаев ремонта); кроме того, надо иметь в виду, что значительнейшую часть смоченной поверхности в главных каналах составляет дно каналов (ибо отношение ширины к глубине в главных каналах обыкновенно бывает довольно большим), что уменьшение смоченной поверхности в главном канале при уменьшении расходов в нем происходит чрезвычайно медленно.

Если принять во внимание высказанное выше положение, то должно показаться странным наше утверждение, что при непрерывной подаче воды потери будут меньше, чем при работе каналов „перегонами“. Как мы уже указывали, в случае водооборота в главном канале в период наибольшего расхода воды в нем, сечения канала (главным образом, ширина по дну) в среднем и низовом течении его должны быть значительно больше, чем при непрерывном токе, поэтому постоянно действующая смоченная поверхность должна быть больше, а следовательно, и потери при системе водооборота в канале в лучшем случае не будут меньше, чем при системе непрерывного тока.

Таким образом, со всех точек зрения установление ротации в главном канале в период наибольшего расхода невыгодно, и всячески надо стремиться к тому, чтобы можно было избежать необходимости в этот период устраивать работу главного канала „перегонами“ и чтобы он мог в течение этого периода времени питать все распределители. Водооборот по главному каналу можно допустить в периоды поступления в главный канал уменьшенных расходов, ибо в этом случае многие неблагоприятные условия исчезают (можно обойтись без дополнительных расходов по устройству концевой части главного канала и сооружений на нем, не увеличивается смоченная поверхность, можно не опасаться заиления канала, ибо в эти периоды поливного сезона источник орошения бывает менее загрязнен и т. п.).

Анализ различных способов водооборота по оросителям, распределителям и главному каналу, очевидно, приводит нас к нижеследующему:

1) с точки зрения основных затрат на сооружение системы и с точки зрения эксплуатации системы наиболее выгодным является комбинированный тип водооборота в системе, при котором:

- а) все оросители работают неделимым хозяйственным током;
- б) распределители или работают полным расходом, давая одновременно воду всем оросителям, расположенным в зоне их командования или совсем не работают;
- в) главный канал в период наибольшего расхода в нем (в период наибольшей потребности в воде ирригационной системы) питает одновременно все распределители, расположенные на нем, полным потребным для них расходом.

В остальные же периоды поливного сезона главный канал должен работать „перегонами“, обеспечивая возможность одновременного питания отдельных групп распределителей полным расходом, требующимся для одновременного снабжения водою всех оросителей, расположенных в зоне командования работающих распределителей.

Все вышеизложенное показывает, что в период наибольшей потребности в воде ирригационной системы выгодно предусматривать разверстку воды только по оросителям, вся же остальная часть системы, т.-е. распределители и главный канал, должны работать непрерывным током и, следовательно, в данном случае главная характеристика водооборота определяет, какая часть из общего числа водопользователей, находящихся на оросителе, может получать одновременно воду. В периоды поступления из источника орошения в главный канал уменьшенных расходов к вышеуказанной разверстке по оросителям надо присоединить разверстку и по главному каналу, т.-е. распределители, получающие воду из главного канала, в эти периоды будут работать непостоянно, а тактами, то совсем не работая, то работая полным рабочим расходом ¹⁾.

Характеристики водооборотов для разных периодов поливного сезона (для разных циклов водооборота) дают возможность сразу определить, какое число отдельных водопользователей или оросителей могут одновременно работать. Зная это, а также зная, какое количество оросителей находится на каждом распределителе, легко, очевидно, подойти к требуемому комбинированию одновременной работы распределителей.

Итак, анализ нас приводит к убеждению, что наилучшим типом водооборота является такой, который в период наибольшего расхода воды в системе предусматривает разверстку ее только по оросителю с тем, чтобы одновременно мог пользоваться водою только один водопользователь, а в периоды уменьшенных расходов переходит в комбинированный вид разверстки по главному каналу и по оросителю, при чем по оросителю разверстка сохраняется прежней—по одному водопользователю.

2) С точки зрения коэффициента полезного действия ирригационной системы, как водопередаточного механизма, более выгодным явился бы

¹⁾ То-есть таким расходом, который мог бы одновременно удовлетворить все оросители.

способ разверстки воды, предусматривающий водооборот только по главному каналу, т.-е., следовательно, когда работает какой-либо распределитель, должны были бы работать все оросители, находящиеся на данном распределителе, снабжая одновременно водою всех своих водопользователей. В этом случае большие массы воды из главного канала должны были бы направляться то в одну часть ирригационной системы, быстро, в течение короткого промежутка времени, раздавая потребную воду всем водопользователям в этой части системы, то в другую. Другими словами, по этому способу вода должна концентрироваться в течение каждого данного промежутка времени на наименьшей площади ирригационной системы. При этом мы будем иметь наименьшую „действующую“ смоченную поверхность в распределительной и мелкой сети, но, правда, в главном канале будут иметь место несколько большие потери воды. Однако, в общем итоге, потери в системе все-таки будут наименьшими по сравнению с другими способами водооборота.

Но, конечно, класть в основание проектирования ирригационной системы подобный тип водооборота было бы нерационально, потому что он вызвал бы большие излишние расходы при сооружении системы, а также при эксплуатации ее. Если по каким-либо обстоятельствам требовалось бы достигнуть высокого коэффициента полезного действия системы, то все-таки было бы рационально идти другим путем,—путем защиты непроницаемой одеждой тех частей водопередаточного сооружения (ирригационной системы), в которых теряется значительное количество воды.

И с этой точки зрения, конечно, тот комбинированный водооборот, который указан был выше, в первом пункте, предусматривающий минимальную смоченную поверхность в оросителях, в распределителях и в главном канале, имеет большие преимущества, так как он дает возможность, при покрытии дна и откосов канала непроницаемой одеждой, ограничиться наименьшими площадями покрытия.

Вышеизложенные теоретические исследования в дальнейшем были проверены нами при составлении проектов орошения Голодной, Дальверзинской, Уч-Курганской степей. Проверка подтвердила указанные выводы и дало нам основание базировать на них расчеты оросительных систем.

