С.Р. ОФФЕНГЕНДЕН
А.Д. ПАНАДИАДИ
М.И. ЯРУШИН

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

СЕЛЬХОЗИЗДАТ · 1962

УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕХНИКУМОВ

С. Р. ОФФЕНГЕНДЕН, А. Д. ПАНАДИАДИ,
М. И. ЯРУШИН

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Второе издание

Допущено Управлением высшего и среднего сельскохозяйственного образования Министерства сельского хозяйства СССР в качестве учебного пособия для гидромелиоративных техникумов и сельскохозяйственных техникумов по специальности «гидромелиорация»

ИЗДАТЕЛЬСТВО
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ,
ЖУРНАЛОВ И ПЛАКАТОВ
Москва—1962

631.6
091

От издательства

Книга предназначена в качестве учебного пособия для гидромелиоративных техникумов. Она может быть полезна и для гидротехников, связанных с эксплуатацией гидромелиоративных систем.

В книге даны основные сведения по эксплуатации оросительных, обводнительных и осушительных систем. В соответствующих главах учебного пособия освещены вопросы планового водопользования, содержания и ремонта гидромелиоративных систем.

Введение, кроме § 8 и главы 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 17 и 19 написаны С. Р. Оффенгенденом; главы 11, 12, 13, 14 и 15 — А. Д. Панадиади; § 8 введения и главы 8, 9 и 16 — М. И. Ярушиным; глава 18 — М. З. Ганкиным.

Отзывы о книге просьба присылать по адресу: Москва, К-31, ул. Дзержинского, 1/19, Сельхозиздат.

ВВЕДЕНИЕ

§ 1. ПРЕДМЕТ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ»

Гидромелиоративные мероприятия, будь то орошение, осушение земель или обводнение пастбищ, всегда сопряжены с вложением значительных государственных или колхозных средств в строительство каналов, водохранилищ, насосных станций, различных крупных и мелких гидротехнических сооружений, зданий производственного и коммунального назначения и многих вспомогательных устройств.

Высокая эффективность капиталовложений, высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур на орошаемых и осушаемых землях, продуктивное использование обводненных пастбищ могут быть достигнуты только при правильной эксплуатации гидромелиоративных систем.

История человеческого общества знает много примеров, когда в результате неправильной эксплуатации оросительных и осушительных систем и хищнического использования мелиорированных земель большие площади плодородных земель превращались в бесплодные пустыни и болота.

В условиях социалистического государства, где нет частной собственности на землю и воду, где сельское хозяйство колхозов и совхозов базируется на высокопроизводительной машинной технике, созданы все условия для правильной эксплуатации гидромелиоративных систем. Четкая эксплуатация оросительных, осушительных и обводнительных систем, осуществляемая по заранее разработанному плану и тесно увязанная с мероприятиями по освоению орошаемых и осушаемых земель и высокой агротехникой является непременным

условием ведения планового социалистического сельского хозяйства на мелиорированных землях.

Только при правильной эксплуатации гидромелиоративных систем можно обеспечить нормальную их работу и тем самым способствовать созданию условий для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур и выполнения планов производства продукции на мелиорированных землях.

В курсе «Эксплуатация гидромелиоративных систем» излагаются методы и способы оперативного управления, поддержания в рабочем состоянии и повседневного совершенствования всех технических устройств системы, а также вопросы, связанные с регулированием водного режима мелиорированных земель, их сохранностью и постоянным улучшением.

В задачу эксплуатации оросительных систем входят планирование водораспределения и водопользования, предупреждение засоления и заболачивания орошаемых земель и борьба с этими явлениями, а в задачу эксплуатации осушительных систем — составление и проведение планов регулирования водно-воздушного режима корнеобитаемого слоя путем своевременного сброса излишних вод с осушаемой территории и регулирования стока на осушенных землях.

Курс «Эксплуатация гидромелиоративных систем» состоит из четырех разделов: эксплуатация оросительных и обводнительных систем, эксплуатация осушительных систем, ремонтные работы и организация службы эксплуатации гидромелиоративных систем.

В первом разделе, помимо вопросов планового водораспределения и водопользования, борьбы с засолением и заболачиванием орошаемых земель, рассматриваются вопросы борьбы с потерями воды из каналов и повышения коэффициента полезного действия оросительных систем, содержания каналов и сооружений оросительной и обводнительной сети, производства регулировочных и защитных противопаводковых работ, переустройства оросительных систем и их улучшения.

Во втором разделе рассматриваются: водный режим корнеобитаемого слоя и его регулирование, содержание водоприемников, каналов и сооружений осушительных каналов, улучшение, развитие и переустройство осушительных систем.

В третьем разделе освещаются вопросы организации и ремонта каналов и гидротехнических сооружений.

Четвертый раздел посвящен организации эксплуатационной службы, планированию и учету, внедрению автоматики и телемеханики. Полнота изучения тех или иных разделов курса определяется преподавателем в зависимости от специализации экономического района, в котором находится техникум.

§. 2. ВОДОЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ СССР И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

В соответствии со статьей 6 Конституции СССР все наземные и подземные воды, т. е. реки, ручьи, родники, озера, грунтовые и артезианские воды, а также воды, находящиеся в каналах, водохранилищах, прудах и других устройствах, являются государственной собственностью, т. е. всенародным достоянием.

Воды, предназначенные для сельскохозяйственного использования, находятся в ведении органов водного хозяйства союзных республик.

Общая площадь орошения в России составляла в 1913 г. 3962 тыс. *га*.

С первых дней Октября по инициативе В. И. Ленина были начаты крупные работы по орошению земель в хлопководческих районах Средней Азии и Закавказья.

До Великой Отечественной войны в 1940 г. в СССР фактически орошалось 6229 тыс. *га*, в том числе лиманов — 142 тыс. *га*. Из этой площади было полито в Среднеазиатских республиках 3438 тыс. *га* и в Закавказских — 1063 тыс. *га*.

На основе решений партии и правительства в послевоенный период была развернута широкая программа водохозяйственного строительства. В результате выполненных водохозяйственных работ площадь орошаемых земель увеличилась в СССР по сравнению с довоенным периодом более чем на 2 млн. *га* (в том числе около 860 тыс. *га* лиманов).

В 1957 г. в СССР было фактически полито 8,2 млн. *га* посевов, насаждений и других угодий, в том числе 7,2 млн. *га* регулярным орошением и 1 млн. *га* лиманным способом.

Кроме указанной площади орошаемых земель, имеется около 4 млн. *га* земель с оросительной сетью, которые ежегодно неполностью используются в сельском хозяйстве и не поливаются. Около 2,7 млн. *га* не поливаются вследствие недостаточной обеспеченности их водой. Наличие этих земель является результатом существовавшей в прошлом переложной системы земледелия и замены ранее возделывавшихся на них сельскохозяйственных культур с коротким вегетационным периодом посевами хлопчатника и других влаголюбивых культур. Однако около 1,3 млн. *га* водообеспеченных земель не поливаются исключительно по организационно-хозяйственным причинам и из-за неисправности оросительной сети и сооружений. Полное освоение этих земель под поливные культуры и насаждения является первоочередным, первостепенным делом органов сельского и водного хозяйства, колхозов и совхозов.

На орошаемых землях размещены все посевы хлопчатника и риса, треть всех посевов люцерны, четверть площади, занятой овощными культурами, пятая часть всех садов и виноградников. Хотя площадь орошаемых земель составляет только 3,4% общей площади посевов, стоимость продукции орошаемых земель исчисляется в размере около 15% от стоимости всей продукции растениеводства.

Всего в 1958 г. в Советском Союзе имелось земель с осушительной сетью 8,7 млн. *га,* в то время как до Октябрьской революции их было всего 2,8 млн. *га.* Из 8,7 млн. *га,* на которых проведено осушение, используется в сельском хозяйстве только около 70%. Причинами неполного использования осушенных земель являются недоделки при строительстве осушительных систем, неудовлетворительная эксплуатация их, организационно-хозяйственные неполадки и в особенности неудовлетворительное проведение работ по сельскохозяйственному освоению осушенных земель.

Интенсивное орошаемое земледелие в районах Средней Азии, Южного Казахстана, в значительной части Закавказья и в южных районах РСФСР, находящихся в зоне пустынь и полупустынь, сочетается с пастбищным животноводством на базе имеющихся здесь больших площадей естественных пастбищ, требующих для повышения продуктивности обязательного обводнения.

Всего в СССР по состоянию на 1 января 1959 г. насчитывалось около 150 млн. *га* обводненных пастбищ. На этих пастбищах в настоящее время содержится более половины всего поголовья овец и около четверти поголовья крупного рогатого скота и лошадей.

С 1918 по 1960 г. Советским государством вложено в капитальное мелиоративное строительство около 3 млрд. руб. Кроме того, затраты населения за этот период составили около 1,5 млрд. руб. Таким образом, общие затраты на мелиоративное строительство составили за указанный период примерно 4,5 млрд. руб. Общую стоимость всех мелиоративных систем и сооружений с учетом амортизации можно оценить в 8,0 млрд. руб. Затраты на эксплуатацию мелиоративных систем составили с 1918 по 1960 г. более 1,3 млрд. руб.

Общий годовой сток рек Союза, вода которых может быть использована для орошения, составляет свыше 750 млрд. $м^3$. В настоящее время в оросительные системы СССР поступает около 70 млрд. $м^3$ воды. Даже при удвоении орошаемой ныне площади потребность в воде не достигнет 20% имеющихся водных ресурсов. Совершенствование оросительных систем, борьба с фильтрацией из каналов, улучшение поливной техники позволяют значительно повысить производительность оросительных систем. Если в перспективе площадь орошения в СССР будет доведена до 50—60 млн. *га,* то и в этом случае нужно будет изъять лишь около половины имеющихся водных запасов.

§ 3. КЛАССИФИКАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ И ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Оросительные системы по способу забора воды из источника орошения разделяются на системы: 1) с плотинным водозабором, 2) с бесплотинным водозабором, 3) машинного орошения с помощью насосных станций и 4) питающиеся грунтовыми или артезианскими водами.

В СССР насчитывается свыше 27 тыс. оросительных систем, из них 2100 межхозяйственных, орошающих около 85% всей поливной площади, и около 25 тыс. небольших внутрихозяйственных, орошающих только 15% поливных земель. Больше всего внутрихозяйственных оро-

сительных систем имеется в РСФСР, Украинской ССР, Молдавской ССР, Казахской ССР и Азербайджанской ССР. В этих республиках находится 90% всех мелких внутрихозяйственных оросительных систем Советского Союза.

Оросительные системы на 94% площади питаются из рек, озер и прудов, а 6% площадей орошается водой родников, ключей, кяризов и артезианских колодцев. Плотинным водозабором обеспечено около 10% орошаемых площадей. Насосные станции подают воду в системы, орошающие около 8% всех поливных земель.

Наиболее совершенный режим работы оросительных систем обеспечивается там, где водные ресурсы источников орошения зарегулированы в водохранилищах. В 96 водохранилищах и прудах зарегулировано свыше 3 млрд. $м^3$ воды. Этой водой орошается до 20% поливных земель. За последние годы строительство водохранилищ в СССР получило большое развитие. В ближайшие годы работы по регулированию стока рек развернутся с еще большим размахом.

Протяженность постоянных каналов оросительных систем составляет около 320 тыс. *км*, из них межхозяйственных — более 85 тыс. *км*. На оросительных системах построено около 500 государственных насосных станций общей мощностью около 130 тыс. *л. с.*, 130 тыс. гидротехнических сооружений, около 50 тыс. гидрометрических постов, около 10 тыс. *км* телефонных линий. Большинство каналов межхозяйственного значения (63%) пропускает 2 $м^3/сек$, 20% каналов — от 2 до 5 $м^3/сек$ и 17% — свыше 5 $м^3/сек$. На оросительных системах построено свыше 9000 служебных и жилых зданий с общей полезной площадью 670 тыс. $м^2$.

Протяженность осушительных каналов составляет около 1100 тыс. *км*, из них более 600 тыс. *км* — открытые каналы. На осушительной сети построено свыше 100 тыс. различных гидротехнических сооружений, мостов и труб. Перекачечных насосных станций насчитывается более 100 штук, их суммарная мощность равна 7500 *л. с.* Жилых и служебных зданий на осушительных системах имеется около 900 с общей полезной площадью до 80 000 $м^2$.

Осушительные системы можно классифицировать по степени канализации осушенных земель, по типам осу-

шительных каналов и по способу отвода воды с осушенных земель. Сеть осушительных каналов бывает развитой и разреженной, открытой и закрытой. По способу отвода воды осушительные системы могут быть самотечные и оборудованные перекачечными насосными станциями. В СССР около 100 тыс. *га* осушенных земель обслуживаются осушительными системами с механической перекачкой воды.

§ 4. СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ И ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В оросительную систему входят:

1) участок головного питания (головной участок), включающий отрезок русла реки в пределах, устанавливаемых проектом или республиканскими (краевыми, областными) органами водного хозяйства, регулирующие сооружения в русле реки, головное сооружение, отстойник, защитные дамбы, головной участок магистрального канала и вспомогательные устройства (здания, мастерские, телефонные линии и пр.) в зоне головного участка; если оросительная система питается из водохранилища, то в головной участок входит и водохранилище с плотиной и всеми другими сооружениями:

2) магистральный канал с ветвями, распределительные каналы межхозяйственного и внутрихозяйственного значения с расположенными на них гидротехническими сооружениями, гидрометрическими постами и учетно-измерительными приспособлениями, реперами, знаками и т. п., временная оросительная сеть;

3) сбросы, коллекторы, водосбросная и дренажная сеть каналов с сооружениями;

4) сеть смотровых колодцев для наблюдений за грунтовыми водами;

5) средства связи (телефонные линии, радиоприемные и радиопередаточные станции);

6) служебные, производственные, жилые и подсобные помещения для эксплуатационного штата, мастерские, электростанции;

7) дороги служебного (эксплуатационного) назначения с сооружениями на них;

8) насосные станции и другие водоподъемные установки;

9) земли, предоставленные органам водного хозяйства для специальных нужд (полосы отчуждения);

10) древесные насаждения в полосах отчуждения и вдоль межхозяйственных каналов.

Границей межхозяйственной и внутрихозяйственной сети каналов является пункт выдела воды в хозяйство.

Осушительная система состоит из следующих основных элементов:

1) регулирующих устройств (закрытые и открытые осушители-дрены, открытые постоянные или временные и закрытые собиратели, тальвеговые каналы);

2) оградительных устройств (нагорные и ловчие каналы, защитные валы);

3) проводящих каналов (магистральные каналы различных порядков, коллекторы открытые или закрытые);

4) сооружений (мосты, трубы-переезды, шлюзы-регуляторы и др.);

5) водоприемника (река, балка, озеро);

6) дорожной сети;

7) эксплуатационных устройств (береговая обстановка, гидрометрические посты, метеорологические станции, створы колодцев для наблюдений за грунтовыми водами, здания и постройки для службы эксплуатации);

8) средств связи;

9) земель, предоставленных органам водного хозяйства для специальных нужд (полосы отчуждения).

На оросительных и осушительных системах имеются необходимые механизмы, транспортные средства и инструменты.

§ 5. КРАТКИЙ ОБЗОР РАЗВИТИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НА ТЕРРИТОРИИ СССР

Советское государство получило в наследие от царской России большей частью крайне неблагоустроенные гидромелиоративные системы.

За много тысячелетий до нашей эры на территории Среднеазиатских социалистических республик стало практиковаться искусственное орошение полей путем их залива паводковыми водами. Оросительные системы были, естественно, примитивны, и земледельцы должны

были только следить за валами, ограждающими орошаемые участки. По мере перехода к регулярному орошению появилась необходимость в периодической очистке каналов от заиления и в работах по захвату воды из рек и из каналов в периоды маловодья. Простейшие запруды и «нова» — корыта, поднимавшие воду из канала на поле и приводимые в движение ногами человека, были единственными гидротехническими сооружениями на оросительных системах. С течением времени оросительные системы развивались, появились крупные магистральные каналы с их разветвлениями. Это потребовало организации массовых работ по эксплуатации оросительных систем, что, в свою очередь, потребовало централизации работ. — «Отсюда, — пишет К. Маркс, — та экономическая функция, которую вынуждены были выполнять все азиатские правительства, а именно функция организации публичных работ» *.

В задачу эксплуатации оросительных систем, помимо очистки каналов и забора воды, стало входить и вододеление. Появились более или менее крупные для того времени гидротехнические сооружения, которые также требовали ремонта.

Характерные особенности оросительных систем, построенных в дореволюционный период: параллелизм магистральных и распределительных каналов, особенно в холостой их части; излишняя протяженность каналов; извилистость мелкой оросительной сети; маленькие поливные участки, препятствовавшие развитию механизации сельскохозяйственных работ; отсутствие головных и распределительных сооружений инженерного типа; излишняя пропускная способность; низкие коэффициенты полезного действия; большие отвалы ила в долинах и дельтах рек, вынутого за многие годы эксплуатации систем, отмершие головные участки каналов.

Царское правительство по существу не вмешивалось в вопросы эксплуатации оросительных систем, за очень небольшими исключениями (Мургабский оазис, Голодная степь и др.). Во всех орошаемых районах существовала местная водная администрация, деятельность которой ограничивалась вопросами вододеления, орга-

---

* К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. IX, стр. 348.

низации очистки крупных каналов и регулировочных работ в головах систем.

В период разрухи, вызванной мировой войной 1914—1918 гг. и гражданской войной, гидромелиоративные системы в стране пришли в упадок. К 1923 г. площадь орошаемых земель сократилась до 2,2 млн. *га*, а площадь осушенных земель — до 671 тыс. *га*.

Осушительные работы в царской России проводились исключительно на казенных и помещичьих землях. На долю крестьянских хозяйств приходилось менее одного процента всей площади, осушенной Западной экспедицией отдела земельных улучшений министерства земледелия Российской империи с 1873 по 1901 г. Правильной эксплуатации осушительных систем не было; лишь отдельные землевладельцы поддерживали на своих землях в рабочем состоянии осушительные каналы и ремонтировали мосты на этих каналах. Централизованной службы эксплуатации осушительных систем не существовало.

Первым мероприятием по налаживанию эксплуатации оросительных и осушительных систем была организация эксплуатационной службы. Организованная Советским государством на местах служба эксплуатации гидромелиоративных систем (уездные, а затем районные гидротехники, мелиораторы, губернские, окружные, областные отделы водного хозяйства) занялась с первых дней своего существования изучением гидромелиоративных систем, выявлением их недостатков и восстановительными работами. Особенно большое развитие получила организация эксплуатационной службы на оросительных системах. Одновременно с организацией эксплуатационной службы были начаты работы по изучению фактического водопользования, что позволило упорядочить вододеление по оросительным системам и перейти в дальнейшем к планированию водопользования.

Наряду с восстановительными работами было развернуто переустройство и улучшение оросительных систем, объединение каналов, их спрямление, профилирование и ошлюзование. В 1924—1927 гг. были построены Первомайская плотина на р. Зеравшане (Узбекская ССР), значительно облегчившая условия водозабора из этой реки, и новые оборудованные сооружениями оросительные системы — Янги-Даргомская, канал Джун и другие, на которых уже стало возможным организовать

правильное вододеление и упорядочить проведение эксплуатационных мероприятий.

После проведения земельно-водной реформы (1926 г.) и особенно с начала первой пятилетки работы по реконструкции оросительных систем начали осуществляться в широких масштабах.

В годы первой пятилетки были построены и реконструированы Савайская, Нарпайская, Шахрудская, Дальверзинская, Вахшская, Боссага-Керкинская и многие другие оросительные системы, оборудованные головными и линейными сооружениями, ликвидированы излишние каналы. Значительно возросли коэффициенты полезного действия оросительных систем, в результате упорядочения водозабора и профилирования каналов уменьшились объемы ежегодной очистки каналов от ила.

Переустройство небольших и даже средних по размерам оросительных систем органы эксплуатации проводили своими силами. Большую помощь в этом деле на первом этапе, до коллективизации сельского хозяйства, оказывала мелиоративная кооперация.

После коллективизации работы по строительству и реконструкции оросительных систем и гидротехнических сооружений приобрели особенно большой размах. Этот период характеризуется внедрением планового распределения воды по оросительным системам, началом переустройства внутрихозяйственной оросительной сети, приспособлением ее к требованиям крупных механизированных хозяйств, строительством новых и расчисткой старых коллекторов, ликвидацией чигирей.

В 1933—1937 гг. приступили к строительству Сары-Суйских коллекторов, Кампыр-Раватской плотины, расширению Северного Голодностепского канала и многих других систем. В третью пятилетку по инициативе колхозов были построены Большой Ферганский, Самур-Дивичинский, Таш-Сакинский и другие крупнейшие каналы, которые значительно содействовали улучшению эксплуатации оросительных систем.

Еще до Великой Отечественной войны получили большое развитие работы по аккумулированию стока рек. В 1939 г. вступило в эксплуатацию Ташкепринское водохранилище на р. Мургабе. В годы Отечественной войны было построено Катта-Курганское водохранилище (Узбекская ССР). В послевоенный период была за-

вершена постройка Тедженского водохранилища (Туркменская ССР), сооружено Урта-Такойское водохранилище (Узбекская ССР), второе Тедженское и Сары-Язинское водохранилища (Туркменская ССР), Ортотокойское водохранилище (Киргизская ССР), Уч-Кизылское водохранилище. Завершается строительство Чим-Курганского и Южно-Сурханского водохранилищ (Узбекская ССР). Строительство Мингечаурского (Азербайджанская ССР), Кайрак-Кумского (Таджикская ССР), Цимлянского (РСФСР) и Каховского (УССР) водохранилищ наряду с решением гидроэнергетических и транспортных проблем позволило развить орошение и улучшить условия эксплуатации оросительных систем в бассейнах рек Куры, Сыр-Дарьи, Дона и Днепра. Большие работы, проведенные в Кура-Араксинской низменности, дали возможность значительно улучшить мелиоративное состояние орошаемых земель в Муганской, Сальянской и Ширванской степях (Азербайджанская ССР) и полностью ликвидировать огромные ежегодные затраты на борьбу с наводнениями в этих районах.

На существующих оросительных системах за годы Советской власти построены десятки тысяч головных и линейных сооружений. По мере оснащения водохозяйственных организаций мощной передовой техникой большое развитие получила механизация очистки оросительных систем. По сравнению с довоенным периодом объем механизированных работ по очистке оросительных систем в СССР возрос более чем в 7 раз. В послевоенные годы уровень механизации очистки осушительных систем увеличился почти в 35 раз. Механизация очистки оросительных и осушительных систем позволила облегчить труд колхозников и дала возможность содержать в исправности такие каналы, которые вручную вообще было невозможно очищать.

В 1926 г. Ф. П. Моргуненков разработал тип малого плавучего землесоса, который успешно начали применять для очистки каналов; тем самым было положено начало широкому применению гидромеханизации в водном хозяйстве.

В 1949—1950 гг. Советом Министров СССР были приняты важные решения по вопросам эксплуатации оросительных систем, в которых были даны указания по планированию водопользования, контролю за использо-

ванием воды в хозяйст
нием орошаемых земель; водились поливы, сельскохо-
нию коэффициентов полезно но на 0,7—0,8 млрд. руб.
систем; определены задачи дых водообеспеченных
технического состояния оросительн 700 тыс. *га)* и в
тия механизации очистки каналов и бе
нием. Оросительная система с 1949 г. статочно обору-
ной производственной эксплуатационной насосные
В этом же году были организованы также уп ех ма-
осушительных систем. оро-

17 августа 1950 г. Советом Министров СССР бы. издано постановление о переходе на новую систему орошения и о замене постоянных оросительных каналов временными. К 1955 г. переход на новую систему орошения в колхозах и совхозах был осуществлен на площади 3042 тыс. *га*. Число поливных участков на этой площади сократилось с 280 тыс. до 58 тыс., а средний размер поливного участка увеличился с 5,7 до 27,9 *га*. Ликвидация постоянной оросительной сети, излишних полевых дорог, межников дала прирост около 2% от переустроенной площади.

Большой вклад в дело улучшения эксплуатации оросительных и осушительных систем внесли советские инженеры и ученые. Проф. А. Н. Костяков впервые разработал основы определения поливных режимов сельскохозяйственных культур и водного баланса орошаемой территории. Ему же принадлежит заслуга в деле разработки вопросов проектирования оросительной сети в увязке с требованиями социалистического крупного механизированного хозяйства. Ценные работы в этой области принадлежат проф. Н. Д. Кременецкому, А. Н. Ляпину, С. М. Кривовязу и др. В области мелиорации засоленных земель широко известны работы Л. П. Розова, Н. А. Макридина, В. А. Ковда, В. Р. Волобуева, А. А. Шошина, разработавших вопросы дренирования орошаемых земель. В. М. Легостаев и Г. С. Коньков (СоюзНИХИ) разработали гидромодульное районирование орошаемых районов Средней Азии.

Проф. М. В. Потапов во Всесоюзном научно-исследовательском институте гидротехники и мелиорации (ВНИИГиМ) разработал в 1932 г. метод искусственной поперечной циркуляции потока, применение которого позволяет регулировать режим донных наносов. Этот ме-

тод борьбы с заилением успешно применяется на Таш-Сакинской, Клычбайской и Кипчак-Бозсуйской оросительных системах южного Хорезма.

Проф. Е. А. Замарин, проф. Д. Я. Соколов, проф. А. Н. Гостунский, А. Г. Хачатрян разработали теоретические вопросы проектирования отстойников на оросительных системах. Проф. Н. А. Янишевский является зачинателем дела планирования водопользования на оросительных системах.

Разработкой вопросов эксплуатации осушительных систем успешно занимается Северный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации.

Проф. И. А. Шаров впервые систематизировал все многообразие вопросов эксплуатации оросительных и осушительных систем, предложил систему организации водопользования на основе диспетчеризации, разработал в 1938 г. первые правила технической эксплуатации оросительных систем; ему также принадлежит заслуга создания первого учебника по эксплуатации гидромелиоративных систем.

§ 6. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

В результате осуществления директив партии и правительства по техническому улучшению гидромелиоративных систем оросительные и осушительные системы СССР превращены в крупные производственные организации, способные выполнить основное свое назначение,— создать условия для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур и выполнять планы производства продуктов растениеводства и животноводства.

Однако в техническом состоянии и в эксплуатации оросительных и осушительных систем имеются еще серьезные недостатки и неиспользованные резервы. В § 2 уже указывалось, что из 8,5 млн. *га* полностью водообеспеченных орошаемых земель ежегодно поливается 7,2 млн. *га*. Остальные земли не поливаются из-за различных организационно-хозяйственных и технических неполадок. Из 8,7 млн. *га* осушенных земель интенсивно используется только около одной трети. В результате колхозы и совхозы ежегодно недополучают с орошаемых

земель, на которых не проводились поливы, сельскохозяйственной продукции примерно на 0,7—0,8 млрд. руб.

Больше всего неиспользуемых водообеспеченных орошаемых земель в РСФСР (около 700 тыс. *га)* и в Казахской ССР (около 300 тыс. *га)*.

Оросительные системы все еще недостаточно оборудованы. Головными сооружениями (включая насосные станции) оборудовано только около половины всех магистральных (крупных и малых) каналов, причем оросительные системы с самотечным забором воды оборудованы головными сооружениями инженерного типа только на 23%. Хозяйственные водовыделы оборудованы сооружениями инженерного типа только на 25%. Недостаточно количество гидрометрических постов на хозяйственных водовыделах (42%). Отсутствие на ряде оросительных систем головных сооружений заставляет ежегодно проводить значительные регулировочные работы с большими материальными и трудовыми затратами.

Велики потери воды в оросительных каналах. Коэффициент полезного действия некоторых оросительных систем находится в пределах 0,40—0,50. Объем воды, бесполезно теряющейся из оросительных каналов вследствие фильтрации, равен примерно 30 млрд. $м^3$. Не говоря о ценности этой воды, следует помнить, что во многих районах фильтрационные воды из каналов являются причиной ухудшения мелиоративных условий орошаемых земель и служат причиной их засоления и заболачивания. Во многих районах недостаточно развита коллекторно-дренажная сеть, необходимая для предотвращения угрозы засоления и заболачивания.

В хлопкосеющих районах республик Средней Азии, Казахской ССР и Азербайджанской ССР из общего количества орошаемых земель, находящихся в сельскохозяйственном обороте, около 600 тыс. *га* — земли сильно- и среднезасоленные. С них получают заниженный урожай хлопчатника и других сельскохозяйственных культур при значительно больших трудовых и производственных затратах на 1 *га*, чем на незасоленных землях.

На основании расчетов, проведенных для районов Голодной степи (Узбекская ССР), можно считать, что на засоленных землях колхозы и совхозы недополучают в среднем 5—7 *ц* хлопка-сырца с 1 *га*. Таким образом,

только потери урожая хлопка из-за засоления земель составляют ежегодно не менее 250—300 тыс. *т*.

Хотя по борьбе с засолением земель и проделана значительная работа, однако устройству коллекторно-дренажной сети, в особенности закрытому и вертикальному дренажу, уделялось до самого последнего времени недостаточное внимание.

Одной из основных причин неполного использования орошаемых земель под поливные культуры являются все еще очень большие затраты ручного труда при проведении поливов, а также на очистке оросительной сети от наносов и растительности. Так, на проведение поливов сельскохозяйственных культур ежегодно затрачивается 25—28 млн. рабочих дней, а на очистку межхозяйственной и внутрихозяйственной оросительной и коллекторно-дренажной сети 12—15 млн. рабочих дней.

Несмотря на то, что механизация очистки крупной межхозяйственной сети достигла в среднем по Союзу 80—85%, уровень механизации очистки мелкой оросительной и коллекторно-дренажной сети едва достигает 30—35%. Очистка крупной и мелкой сети от растительности полностью выполняется вручную.

Недостаточно осуществляется планировка орошаемых земель, мало используются поливные трубопроводы, сифоны, полив дождеванием, хотя эти мероприятия очень важны для повышения производительности труда на поливе и позволяют экономно расходовать оросительную воду.

Серьезным недостатком в деле обводнения пастбищ является низкий уровень механизации работ по подъему воды из буровых и шахтных колодцев.

Осушительные системы во многих случаях не оборудованы необходимым количеством шлюзов-регуляторов (имеется в среднем 1 шлюз на 5000 *га* осушенных земель), мостов, труб-переездов; крепления по водоприемникам обветшали; на многих осушенных землях проведены только магистральные каналы и отсутствует осушительная сеть. В недостаточном объеме проводятся работы по очистке каналов от наносов и растительности; на многих осушенных землях дорожная сеть слабо развита и находится в неудовлетворительном состоянии; культуртехнические мероприятия проводятся также недостаточно.

§ 7. ЗАДАЧИ ДАЛЬНЕЙШЕГО УЛУЧШЕНИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Основной задачей в области сельского хозяйства в настоящее время является достижение такого уровня производства, который позволит полностью удовлетворить потребности населения в продовольствии, а промышленность — в сырье и обеспечить значительное повышение урожайности всех сельскохозяйственных культур, рост поголовья скота и продуктивности животноводства.

Развитие гидромелиораций — один из верных способов повышения продуктивности сельского хозяйства.

Н. С. Хрущев в докладе на XXII съезде КПСС «О программе Коммунистической партии Советского Союза» указал на огромные задачи в области орошения. Площади орошаемых земель в ближайшие 20 лет будут увеличены больше чем в 3 раза. Такое развитие орошения должно сопровождаться улучшением эксплуатации гидромелиоративных систем и повышением культуры этой важной отрасли водного хозяйства. Необходимо осуществить: повышение технического уровня оросительных и осушительных систем, механизацию водоподъема на обводненных пастбищах, проведение в большом масштабе дренажных работ в мелиоративно неблагополучных районах, работы по регулированию стока рек, обеспечивающие повышение водообеспеченности площадей существующего орошения, мероприятия по борьбе с фильтрацией из оросительных каналов и повышение коэффициента полезного действия оросительных систем, оборудование гидромелиоративных систем гидротехническими сооружениями, автоматизацию и телемеханизацию управления работой водозаборных и распределяющих воду узлов, развитие механизированных способов полива и улучшение техники полива по бороздам, строительство отстойников на оросительных системах, широкое развитие закрытого дренажа на осушаемых землях, механизацию трудоемких процессов в эксплуатации. Перечисленные мероприятия позволят значительно повысить производительность гидромелиоративных систем и будут способствовать вместе с повышением культуры земледелия в целом осуществлению планового водопользования, повышению производитель-

ности труда в колхозах и совхозах, повышению урожайности сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях и увеличению производства сельскохозяйственных продуктов.

Непременным условием эффективной эксплуатации гидромелиоративных систем является плановое использование оросительной воды в колхозах и совхозах, проведение культуртехнических и агромелиоративных работ на осушенных землях, полное освоение мелиорированных земель и высокий коэффициент земельного использования, хорошее мелиоративное состояние земель, обслуживаемых системой, постоянное улучшение технического состояния системы на базе новейших достижений науки и техники и обобщения передового опыта, недопущение повреждений и аварий, повышение коэффициента полезного действия оросительных систем, доведение коэффициента использования воды на полях до единицы.

Эксплуатационные органы должны оказывать повседневную помощь колхозам в деле улучшения внутрихозяйственных каналов и сооружений.

Совершенствование гидромелиоративных систем, внедрение новой техники, автоматизации и механизации эксплуатационных работ должны сопровождаться систематическим уменьшением стоимости эксплуатации на 1 *га* мелиорированных земель.

§ 8. ПРИЕМКА ПОСТРОЕННЫХ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ И ИХ ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Вновь построенные и реконструированные гидромелиоративные системы и сооружения, а также работы по капитальному ремонту отдельных сооружений подлежат сдаче в эксплуатацию после освидетельствования выполненных работ специальными комиссиями, порядок назначения которых и их состав устанавливаются особыми инструкциями и положениями, издаваемыми республиканскими органами.

Для приемки особо крупных работ комиссии назначаются Советом Министров СССР.

Приемка зданий и сооружений жилищно-гражданского назначения, возводимых для работников системы вод-

ного хозяйства в городах и населенных пунктах, производится комиссиями, назначаемыми исполкомами городского (районного) Совета депутатов трудящихся.

Предварительное освидетельствование приемочными комиссиями построенных, реконструированных или отремонтированных гидромелиоративных систем и отдельных их узлов позволяет проверить соответствие выполненных работ утвержденному проекту и качество работ, выявить недостатки, препятствующие нормальной эксплуатации системы или отдельных ее узлов, и устранить обнаруженные дефекты и недоделки до ввода сооружений в действие, т. е. до сдачи в эксплуатацию.

Чтобы ускорить ввод в действие реконструированных систем, необходимо сдавать их в эксплуатацию по частям — законченным пусковым комплексам или отдельным сооружениям, которые можно эксплуатировать независимо от окончания всего строительства.

Вновь построенные системы, защитные валы, берегоукрепительные и регулирующие сооружения также можно сдавать в эксплуатацию по частям, т. е. отдельными массивами (хозяйствами) с законченной сетью каналов и сооружений, участками защитных валов или закрепленными участками реки, если эти массивы, валы и участки реки могут быть введены в постоянную эксплуатацию независимо от дальнейших работ по строительству системы, валов или берегозащитных и регулирующих сооружений.

До предъявления законченных строительством гидромелиоративных систем или сооружений приемочной комиссии строительная организация обязана организовать пробную (временную) их эксплуатацию, цель которой — проверить под полной нагрузкой все построенные каналы и сооружения, выявить обнаруженные дефекты и устранить их. Сроки пробной эксплуатации устанавливаются в зависимости от назначения объектов строительства. Например, пробная эксплуатация вновь построенной оросительной системы должна осуществляться в период проведения первого полива; защитных валов, берегоукрепительных и регулирующих сооружений — в период прохождения паводка.

Освидетельствование построенных каналов и сооружений производится после изучения комиссией предъявленных ей строительством технических документов.

Управление строительством представляет приемочным комиссиям следующие документы:

1) проект и смету к нему, а также документы об утверждении допущенных при строительстве отступлений от утвержденного проекта и сметы;

2) отчет о пробной эксплуатации гидромелиоративной системы или сооружения;

3) ведомость всех выполненных работ;

4) справку о фактических затратах на строительство и сравнение этих затрат с утвержденной сметой;

5) ведомость недоделок с исчислением их стоимости;

6) генеральный план построенной системы или части ее; на этом плане наносят границы административных районов, землепользователей и полей севооборотов, водоприемники, каналы, защитные валы, плотины и другие гидротехнические сооружения на каналах, пункты выдела воды хозяйствам, гидрометрические станции и посты, смотровые колодцы по наблюдению за уровнем грунтовых вод, дороги, полосы отвода, линии связи, эксплуатационные знаки, места расположения и границы системного управления, эксплуатационных участков и участков обслуживания отдельных ремонтеров, гражданских, производственных зданий и др.;

7) ведомость постоянных и донных реперов с указанием их расположения;

8) продольные исполнительные профили отрегулированных водоприемников, оросительных и осушительных каналов, защитных валов с типовыми поперечниками и поперечниками в характерных местах;

9) попикетные ведомости выполненных земляных работ по магистральным и другим основным каналам мелиоративной системы;

10) попикетные ведомости выполненных креплений и облицовок земляных русел каналов;

11) попикетные ведомости выемок и насыпей, требующих особого наблюдения при эксплуатации;

12) ведомости гидрометрических станций, постов и смотровых колодцев;

13) документы по отводу земель под полосы отчуждения вдоль каналов и под сооружения;

14) исполнительные чертежи всех индивидуальных гидротехнических сооружений, а также чертежи типовых сооружений, с приложением ведомости их привязки

и планов расположения крупных гидротехнических сооружений;

15) акты освидетельствования оснований и скрытых частей сооружений;

16) документы контрольного испытания качества бетона, укатанных насыпей, строительных материалов, а также испытаний законченных сооружений и их частей (щитов, подъемных механизмов и др.);

17) продольные профили дорог и ведомость исполненных дорожных сооружений;

18) схемы связи и сигнализации, а также ведомости оборудования точек связи и сигнализации аппаратами и приборами;

19) генеральные планы жилых усадеб, производственных баз, ведомости гражданских зданий и служб при них с приложением исполнительных чертежей и описи инвентаря и оборудования.

Водоприемники, каналы, гидротехнические сооружения, здания и устройства гидромелиоративной системы или узла сооружений проверяют, сравнивая результаты замеров, проведенных в натуре, с проектными данными.

Крупные каналы и гидротехнические сооружения, насосные станции, гидроэлектростанции при плотинах и на каналах, сооружения связи, сигнализации проверяют пробным испытанием под нагрузкой.

На основе результатов освидетельствования каналов, сооружений и других устройств гидромелиоративной системы, их контрольных замеров и испытаний комиссия составляет акт о возможности передачи построенных объектов в эксплуатацию. В случае обнаружения дефектов и недоделок или необходимости выполнения дополнительных работ, не предусмотренных проектом, комиссия устанавливает объем и стоимость этих работ, а также сроки их выполнения.

Сдача построенных объектов в эксплуатацию оформляется приказом по организации, назначившей приемку. После приемки строительство передает управлению гидромелиоративной системы все технические документы, перечисленные выше, финансово-технический отчет по строительству, инвентаризационные ведомости на сдаваемые объекты, а также исполнительные чертежи, акты и паспорта на каждое сооружение. Наличие проекта и других перечисленных выше технических докумен-

тов, характеризующих вновь построенную или реконструированную гидромелиоративную систему и мелиорируемую территорию, способствует правильной организации технической эксплуатации систем и сооружений.

Старые, ранее построенные гидромелиоративные системы не имеют необходимой технической документации, и ее составление возлагается на эксплуатационные органы. Эта работа весьма трудоемка; для ее выполнения требуется участие не только гидротехников-мелиораторов, но и почвоведов, гидрологов, культуртехников и нередко специалистов других профессий. Поэтому составление технических документов по таким системам целесообразно осуществлять в две очереди. В первую очередь нужно подготовить материалы, необходимые для выполнения текущих эксплуатационных работ:

1) схематический план мелиорированной территории в масштабе 1 : 25 000, а по крупным системам 1 : 50 000, с указанием на нем водозаборных сооружений, водоприемников, насосных станций, каналов, защитных валов, гидротехнических сооружений, дорог, линий связи, границ землепользователей, севооборотов, эксплуатационных участков;

2) продольные профили отрегулированных водоприемников, защитных валов, нагорных, магистральных и других межхозяйственных каналов;

3) ведомость внутрихозяйственной сети, а также мелиорированных земель по землепользователям, в которой указано, как используются эти земли;

4) ведомость основных сооружений с указанием их местоположения, типа, основных размеров и пропускной способности;

5) ведомость постоянных и временных реперов и береговых знаков;

6) список установленных гидрометрических постов, створов, наблюдательных колодцев и прочих гидрометрических устройств с характеристикой их конструкции и отметками нулей;

7) паспорт системы по установленной форме.

Во вторую очередь составляют остальные технические документы, необходимые для правильной организации технической эксплуатации гидромелиоративных систем и сооружений.

РАЗДЕЛ I

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ И ОБВОДНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Глава первая

ОСНОВЫ ПЛАНОВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

§ 9. ЗАДАЧИ ПЛАНОВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Плановое водопользование по оросительной системе заключается в правильном распределении воды между хозяйствами-водопользователями по заранее составленному плану и в плановой организации поливов внутри хозяйств. Плановое водопользование является одним из важнейших условий ведения социалистического сельского хозяйства в поливных районах СССР. Нарушение планов водопользования может привести к нехватке воды для полива, к порче орошаемых земель, их засолению, заболачиванию и даже к выпадению из сельскохозяйственного оборота. Бесплановое распределение воды внутри хозяйств приводит к неправильному ее использованию, к разрыву между поливами и обработками поливных культур, а следовательно, к снижению их урожайности. Только плановое водопользование может обеспечить подачу воды хозяйствам в требуемом количестве и в нужные сроки и тем самым способствовать наиболее полному использованию земельно-водных ресурсов и получению высоких, устойчивых урожаев поливных сельскохозяйственных культур и сохранности орошаемого земельного фонда.

Планом водопользования устанавливаются размеры, порядок и сроки подачи воды по отдельным звеньям оросительной системы колхозам и совхозам, а также порядок проведения поливов в хозяйствах.

Разнообразие элементов, которые должны быть положены в основу плана водопользования, сложность сочетания природных условий, в которых находится систе-

ма, с требованиями водопотребления сельскохозяйственных культур и условиями производства сельскохозяйственных работ вызывают необходимость в каждом отдельном случае проектировать план водопользования с учетом всех факторов, присущих данной оросительной системе.

§ 10. ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ ДО ВЕЛИКОЙ ОКТЯБРЬСКОЙ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Вода в орошаемых районах до Великой Октябрьской социалистической революции служила средством жестокой эксплуатации трудящихся.

Законодательство Российской империи по существу не затрагивало вопросов водопользования. В районах Средней Азии эти вопросы регулировались так называемым обычным правом. Обросшее в течение веков всякого рода дополнительными разъяснениями, указами феодальных властителей, решениями религиозных и гражданских судов, оно получило свое отражение в мусульманских законах шариата и полностью обеспечивало неограниченную власть феодалов над водой, а следовательно, и над жизнью земледельческого и скотоводческого населения.

Законы шариата гласили:

«1. Право пользования водой предоставляется всем, если воды для всех достаточно.

2. При недостатке воды право пользования ею утверждается за теми, кто раньше других воспользовался таковым правом.

3. При одинаковости условий по отношению ко времени, в течение которого фактически пользовались водой несколько соучастников, преимущество в пользовании водой... отдается, смотря по положению орошаемой земли выше или ниже по течению канала...

4. При одинаковости условий как по отношению ко времени заселения, так равно и к расстоянию от источника, откуда получается вода, преимущество... решается судьбою, т. е. по жребию.

5. Распределение воды происходит в некоторых случаях по пространству подлежащих орошению земель».

«Каждый член общества, — говорится в книге Ибн-и-Гаджар, — может при обилии воды поливать свою

пашню, когда ему угодно, без всякой очереди, один раз и больше, но при недостатке ее орошение производится по очереди, предоставляя такую сперва тому, чей посев лежит выше всех по течению канала или реки, а затем поливает другое лицо, имеющее землю ниже его, продолжая таким порядком до конца, хотя бы недоставало воды самым нижним посевам, могущим даже окончательно погибнуть от неимения воды...».

Этими указаниями широко пользовались феодальные ханы. Захватывая водные источники, плотины и другие распределительные узлы, феодалы становились полными хозяевами воды, поддерживавшими и разжигавшими на почве водопользования родовую и межплеменную вражду. Каждый род, каждое племя получало воду из источника орошения в соответствии с поставляемой родом данью, степенью покорности рода феодалу и т. п.

На таком же принципе эксплуатации было построено водопользование и внутри родов. Баи, муллы, ханские чиновники становились внутри своих родов и племен полными властителями воды.

Промышленный капитал, проникший в XIX в. в Среднюю Азию, закрепив за собой при помощи царского правительства концессионные участки, отчуждая при помощи того же правительства и местных царьков-ханов в свое владение крестьянские участки землепользования, не был заинтересован в ущемлении прав байской верхушки местного населения, предоставленных ей шариатом. Такое же положение было и в районах Закавказья.

Законы Российской империи устанавливали, что «в Закавказском крае устройство, содержание и употребление поливных каналов оставляется на основании действующих там местных обычаев». (Свод законов. Статья 442, ч. I, т. X, 1863 г.).

Межродовое водораспределение осуществлялось таким образом, что вода источника орошения делилась, как правило, поровну или почти поровну между отдельными родами.

Еще в 1922—1923 гг. из Каушут-Бентского узла (р. Мургаб, Туркменская ССР) воду делили между двумя родами в пропорции 14 : 11, хотя количество хозяйств в этих родах было в пропорции 2 : 1. Внутри же одного

из этих родов между двумя обществами вода делилась поровну, хотя соотношение хозяйств в них было 5 : 1.

Внутриродовое водопользование основывалось на праве каждого самостоятельного хозяина (признак самостоятельности — женитьба) на получение доли воды из общего фонда.

На территории нынешних Среднеазиатских республик право на воду определялось двумя формами: общинным владением («санашик», «амляк») и частнособственническим правом («мюлькие», «мульк»).

Каждый член общины, имеющий право на воду, пользовался определенной ее долей на известный срок. Со смертью жены одинокий владелец терял право на воду до нового вступления в брак. Одинокая вдова и оставшиеся сироты-дети также лишались права на воду.

Общинный водный надел не мог продаваться в отличие от частнособственнической доли воды, но это не мешало, например, в Ферганской долине широко практиковать торговлю «амлячной» (общинной) водой.

Общинные водные наделы подвергались ежегодному переделу в связи с изменением количества водопользователей в общине.

Внутри земельно-водной общины шел характерный для крестьянской общины процесс ее расслоения. Бедняки-водопользователи, имевшие внутри общины ничтожные наделы воды, вынуждены были продавать свои права на воду зажиточной, кулацкой части общины и превращаться в батраков. Еще в 1926 г. до проведения земельно-водной реформы в Узбекской ССР по каналу Шахруд (Бухара) бедняки получали в среднем на хозяйство по 6,6 тыс. $м^3$, середняки — по 15 тыс., а зажиточные — 29,2 тыс. $м^3$. В маловодном бассейне р. Китаб (Кашка-Дарья) разница в обеспечении водой была еще разительней — соответственно 1,2 тыс. $м^3$, 16,7 тыс. и 48 тыс. $м^3$.

§ 11. ПЛАНОВОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ В СССР, ЭТАПЫ ЕГО РАЗВИТИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ЗАДАЧИ

Приоритет в разработке теоретических и практических вопросов планового водопользования полностью принадлежит советским ученым, инженерам и агрономам.

Впервые в СССР классификация форм водопользования и теоретическое их обоснование даны в 1919 г. проф. А. Н. Костяковым.

Восстановление народного хозяйства СССР после разрухи, причиненной империалистической и гражданской войнами, особенно в период первой пятилетки, выявило необходимость срочной разработки методики планирования водопользования.

Земельно-водная реформа, закон о которой был издан в 1925 г., уничтожив принципы родового пользования водой на территории Среднеазиатских советских республик, ликвидировав крупные байские хозяйства, позволила начать ликвидацию многоголовья и параллелизма каналов, свойственных родовому землепользованию. Начали осуществляться крупные работы по введению в сельскохозяйственный оборот новых орошаемых земель, по повышению коэффициента полезного действия оросительных систем. Широко были развернуты исследовательские работы по изучению водопотребления сельскохозяйственных культур и потерь в ирригационных каналах, по определению водного баланса источников орошения, были сделаны первые шаги в деле установления норм орошения. Это, в свою очередь, потребовало от органов водного хозяйства перейти к активному участию в водораспределении.

Социалистическая реконструкция сельского хозяйства вызвала необходимость введения планового водопользования.

XV съезд ВКП(б) указал, что «Ирригационная система в руках пролетарского государства может стать мощным регулятором производственного процесса и орудием поддержки бедняцких и середняцких слоев крестьянства».

С первых дней социалистической реконструкции сельского хозяйства в орошаемых районах СССР было выдвинуто одно из важнейших условий социалистического сельскохозяйственного производства — наиболее полное и всестороннее использование земли и воды, а также той техники, которая пришла на колхозные и совхозные поля.

Социалистическое планирование орошаемого сельского хозяйства поставило задачу — своевременно и достаточно точно маневрировать распределением воды в

первую очередь на крупных узлах вододеления, а также обеспечить такой же своевременный подвод необходимых токов воды к колхозам и совхозам, правильно и наиболее производительно использовать оросительную воду в хозяйствах.

К 1929 г. Н. А. Янишевским (Среднеазиатский опытно-исследовательский институт водного хозяйства) была впервые разработана методика составления системных и районных планов водопользования и составлена «Временная инструкция».

В этой инструкции в основу плана водораспределения и было положено введение правильного водооборота, т. е. очередности пользования водой отдельными хозяйствами. Сложность методики, рекомендованной «Временной инструкцией», накопление опыта планирования водопользования по мере развития и укрепления колхозов вызвали необходимость упрощения и развития вопросов планового водопользования по оросительным системам.

В период с 1929 по 1943 г. были разработаны (Г. П. Гельцер, А. И. Иванов, Е. П. Карзицкий, С. М. Кривовяз, А. Н. Ляпин, С. Р. Оффенгенден, И. А. Шаров и др.) указания по составлению системных и районных планов водопользования, в которые авторы применительно к местным условиям внесли новые предложения и упрощения.

В 1926 г. плановое водопользование в Среднеазиатских республиках осуществлялось лишь по трем оросительным системам на площади 63,5 тыс. *га,* в 1928—1929 гг. — по 18 системам на площади 1120 тыс. *га*, в 1930 г. — по 57 системам на площади 1366 тыс. *га*, а к 1934 г. планирование водопользования в разрезе ирригационных систем было введено почти полностью на всей орошаемой площади хлопковых районов СССР.

Вначале планирование водопользования ограничивалось лишь составлением планов распределения воды по крупным узлам вододеления между районами. В последующем стало практиковаться составление внутрирайонных планов водопользования, предусматривавших распределение воды между гидротехническими (эксплуатационными) участками. Подача воды отдельным колхозам в планах водопользования до 1949 г. намечалась лишь схематически.

Первые попытки разработки методов планирования водопользования в совхозах и колхозах были сделаны Е. П. Карвицким и И. И. Минкевичем в 30-х годах и С. Л. Миркиным и С. Р. Оффенгенденом в 1938—1940 гг.

Однако планирование водопользования внутри колхозов, как правило, до 1949 г. не осуществлялось, что приводило к разрыву между подачей воды хозяйствам, ее использованием внутри хозяйств и проведением межполивных обработок хлопчатника.

Растущие требования колхозного и совхозного производства к плановому потреблению воды вызвали необходимость положить в основу планирования водопользования по оросительным системам строго дифференцированную потребность каждого отдельного колхоза и совхоза в оросительной воде. Такой порядок составления планов водопользования был установлен Советом Министров СССР в 1949 г.

Порядок составления планов водопользования указан во «Временных правилах технической эксплуатации оросительных систем», утвержденных Министерством сельского хозяйства СССР в 1956 г.

План водопользования по оросительной системе состоит из двух частей: 1) плана внутрихозяйственного водопользования и 2) плана распределения воды по оросительной системе и подачи ее хозяйствам-водопользователям.

§ 12. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНИЗАЦИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В КАПИТАЛИСТИЧЕСКИХ СТРАНАХ

Капиталистическая система ведения хозяйства наложила отпечаток на вопросы водораспределения в таких странах с развитым орошаемым хозяйством, как США и Канада.

Правительственные акты и законоположения преследовали лишь одну цель — юридическое оформление права на воду отдельных компаний, акционерных обществ и отдельных лиц, эксплуатирующих водные источники.

Начиная с 1877 г., когда в США был издан закон о пустынных землях, и позднее по закону, известному как акт Кэри, и по мелиоративному акту 1902 г. право

на пользование водой в засушливых штатах США было основано на принципе «первоначального завладения». Была введена регистрация водных заявок, которые были крайне неопределенными, вроде заявки на такие количества воды: «сколько может потребоваться для посевов», или «всю воду речки», или «всю воду речки в пределах владения».

Раньше каждый фермер стремился пользоваться водой точно так же, как он пользуется землей, т. е. иметь ее в отдельном самостоятельном канале для принадлежащего ему участка. Оросительная компания устраивала каналы достаточной пропускной способности для подачи фермеру воды в количестве, соответствующем его участку земли, и фермер платил компании установленную сумму с каждого акра, получая в свое распоряжение постоянный ток воды.

В дальнейшем, когда спрос на воду увеличился, стали стремиться к установлению очередного водопользования между группами фермеров. В Калифорнии по оросительным системам San Joaquin и Sacramento был установлен период водооборота 12—14 суток, в штате Аризона — 8 суток. В 1923 г. в Калифорнии распределение воды производилось согласно отношению последней оценки обложения каждого участка к оценке всего обложения по округу. Иными словами, чем ценнее участок, тем больше воды ему причиталось.

Проф. Ф. Адамс в 1936 г. писал, что «доктрина об абсолютной собственности штата на воду уже не главенствует и за основу принята доктрина первичного освоения и принцип справедливого распределения», указывая при этом, что очень трудно определить понятие «справедливое распределение». Но, признав бессилие капиталистической системы в вопросах водораспределения и выдвигая тезис о необходимости планирования водопользования, проф. Ф. Адамс пришел к выводу, что «при мелких единицах стимулов к планированию меньше, чем в отношении больших площадей, так как в этих случаях расходы покрываются целиком или почти целиком заинтересованными лицами и организациями».

Американский инженер И. Д. Вуд в 1957 г. отмечал, что во многих штатах, находящихся за пределами засушливых районов, законы о праве пользования водой

отличаются неясностью, а в некоторых штатах эти законы вообще отсутствуют. По его словам, во многих штатах влажной и полувлажной зоны пользование водой регулируется законом, по которому вода потока может использоваться только владельцами прибрежной полосы. Вуд рекламирует проект закона в штате Южная Каролина, который, как он пишет, «если будет утвержден, создаст некоторый порядок в существующей системе пользования водой». Однако и этот проект закона, как видно из статьи Вуда, целиком направлен только для защиты частнособственнических прав на воду в пределах своих земельных участков. И. Д. Вуд указывает, что в некоторых штатах вообще отсутствуют законы, имеющие отношение к орошению.

Французские инженеры считают, что при водораспределении по оросительной системе для облегчения условий эксплуатации и во избежание слишком частых изменений режима водопотребления практически следует придерживаться удовлетворения средней потребности в воде.

По данным министерства общественных работ Египта (1950), слабая изученность режима орошения поливных культур затрудняет планирование водопользования. На оросительных системах Нила применяется постоянный водооборот. Виды водооборота разнообразны, и период его ротации зависит только от наличия воды. Нормальный летний водооборот, который начинается обычно с 16 апреля, известен под названием 18-дневного и осуществляется в три такта. Магистральный канал делится на 3 участка. Каждый участок получает воду в течение 6 суток. Получение воды вне очереди во время летнего водооборота считается бо́льшим нарушением и карается штрафом или тюремным заключением. При маловодье продолжительность каждого такта водооборота удлиняется на 1—2 дня и период водооборота составляет 21—24 дня.

Для рисовых оросительных систем устанавливается двухтактный водооборот с продолжительностью каждого такта 4 дня. Во время периода паводков (с 20 августа) устанавливается не трехтактный, а двухтактный водооборот с периодом ротации 14 дней. Весной (с 1 марта по 15 апреля) устанавливается водооборот пятнадцатидневный: 5 дней каналы работают пол-

ными расходами, 5 дней — пониженными, а 5 дней не работают.

По данным министерства ирригации и гидроэнергетики Судана (1957 г.), полив в этой стране осуществляется без заранее разработанного плана. Вода из каналов поступает на участок площадью 90 федданов (около 40 *га*); полив производится только в дневные часы; ночью вода запасается в каналах второго порядка, которые превращены, таким образом, в ряд прудов, связанных между собой кирпичными водосливами.

В Мексике, по данным Я. Г. Машбица, в 1957 г. из 2,3 млн. *га* орошаемых земель урожай был собран только на площади 1,8 млн. *га,* так как остальные земли не были политы из-за недостатка воды. Капиталистические хозяйства, владеющие 60% всей площади орошаемых земель, контролируют наиболее плодородные участки и первыми получают воду для поливов.

В основу водного законодательства Индии в период британского владычества также был положен принцип — оросительная система как доходное коммерческое предприятие.

Проф. Н. Мусли (Сирия) указывает, что правила распределения воды в различных районах с искусственным орошением устанавливались на основе местных обычаев. «Часто случается,— пишет автор,— что какой-либо крупный собственник, владея гораздо большим водным паем, чем это необходимо для его земель, порой полностью монополизирует воду отводного канала и перепродает или сдает в аренду часть этой воды своим соседям, менее облагодетельствованным «обычаем»... Каждая деревня использует столько воды из источника орошения, сколько ее жителям захочется. В таком случае деревни, расположенные ниже по течению, оказываются в неблагоприятных для них условиях по сравнению с деревнями, расположенными выше, и должны довольствоваться тем, что им останется». Каждый участок земли имеет право в течение установленного для него отрезка времени периодически каждые 7—14 дней получать воду из речки или канала. Этот отрезок времени очень мал. На оросительной системе Хомского озера он составляет каждую неделю примерно 50 минут для полива 1 га расходом 40 *л/сек.*

Приведенные данные о принципах водораспределе-

ния в капиталистических странах свидетельствуют о том, что эти принципы не имеют и не могут иметь ничего общего с научно обоснованным плановым водопользованием.

Глава вторая

ПЛАНИРОВАНИЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ХОЗЯЙСТВАХ

§ 13. ОСНОВНЫЕ УСЛОВИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В КОЛХОЗАХ И СОВХОЗАХ

Темпы и качество всех сельскохозяйственных работ по уходу за поливными культурами определяются прежде всего своевременным и высококачественным проведением поливов. Проведение поливов и тракторных обработок пропашных культур должны рассматриваться как единый комплекс работ, направленных на получение высоких урожаев. Из сказанного вытекает важное значение правильного планирования водопользования в хозяйствах.

Основные условия планирования следующие.

1. Вода, подаваемая хозяйству (колхозу или совхозу), должна быть полностью использована. Два важнейших условия поливной агротехники — своевременное проведение поливов и своевременное проведение тракторных обработок — должны быть взаимно увязаны. Ни одно из этих условий не должно иметь приоритета.

2. Организация водопользования в хозяйстве должна обеспечить максимальную маневренность оросительной водой, чтобы создать возможность поливать каждое поле севооборота в наилучшие агротехнические сроки.

Это условие означает, что каждый севооборотный массив колхоза (каждое отделение совхоза, в котором имеется свой севооборот) должен получать воду непрерывным током в требуемом количестве в течение всего оросительного периода. Только при небольшой площади севооборотных массивов (150—200 га) можно, как исключение, подавать воду непрерывно двум севооборотным массивам с установлением очередности в пользовании водой между ними.

3. План водопользования в хозяйстве должен быть тесно увязан с планом производства тракторных работ по межполивной обработке пропашных культур. Величина политой за сутки площади пропашных культур должна обеспечить полную нагрузку трактора на культивации при продольной и поперечной обработках посевов. Холостые пробеги трактора должны быть доведены до минимума.

4. Коэффициент полезного действия внутрихозяйственных оросительных каналов, проходящих в фильтрующих земляных руслах, должен быть высоким. Это означает, что в плане водопользования нельзя допускать распыления воды по каналам малыми токами, а необходимо максимально сосредоточить ее подачу к укрупненным поливным участкам, рассредоточив в то же время ее распределение внутри поливного участка. Только при наличии облицованных внутрихозяйственных каналов можно допустить некоторое рассредоточение подачи воды к поливным участкам, обязательно обеспечивая при этом полную нагрузку трактора на культивации (см. § 17).

§ 14. ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ПЛАН ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ПОРЯДОК ЕГО СОСТАВЛЕНИЯ

Хозяйственный план водопользования является основой планирования распределения воды по оросительной системе. Он является составной частью производственного плана хозяйства (колхоза, совхоза).

Первая задача хозяйственного плана водопользования — определение количества воды, которое должно быть подано в хозяйства, и установление календарного плана поливов для хозяйства в целом. Вторая задача заключается в установлении порядка межбригадного (межполевого) и внутрибригадного (внутриполевого) водооборота.

В хозяйственных планах водопользования, составляемых на длительное время, невозможно в полной мере учитывать действительную потребность отдельных полей в воде в течение всего вегетационного периода. Эти планы водопользования обязательно требуют корректировки применительно к погодным, температурным условиям и состоянию развития растения на каждом

отрезке времени. Поэтому план водооборота в хозяйстве должен устанавливаться на короткий отрезок времени, что позволяет вносить в него коррективы и обеспечить реальность плана.

Необходимым условием составления и корректирования плана водопользования в колхозе и совхозе является его максимальная простота. Составлять и корректировать план водопользования должно само хозяйство.

Хозяйственный план водопользования состоит из: 1) плана по хозяйству в целом — заявки на воду, составляемой на весь год и 2) оперативных планов-графиков, внутриколхозного распределения воды и организации поливов в тракторно-полеводческих бригадах и в полях севооборота. Эти планы-графики должны быть увязаны с графиками проведения механизированных междурядных обработок и составляться на короткие отрезки времени — 10—15 суток.

Для составления хозяйственных планов водопользования необходимы следующие исходные материалы:

1) план землепользования хозяйства в масштабе не крупнее 1 : 10 000 с нанесением на нем всей оросительной и дренажно-сбросной сети постоянных и временных каналов, границ севооборотных массивов, полей севооборота, поливных участков, поселков и приусадебных участков, границ тракторно-полеводческих бригад (отделений совхозов), расположения водовыделов из оросительной системы и гидротехнических сооружений на внутрихозяйственной сети, водомерных устройств;

2) данные о пропускной способности каналов;

3) плановые площади поливных земель и размещение сельскохозяйственных культур в полях севооборота;

4) нормы и сроки поливов сельскохозяйственных культур;

5) данные о коэффициенте полезного действия внутрихозяйственной оросительной сети;

6) план проведения работ по нарезке борозд и культивации.

Составление плана водопользования по хозяйству в целом — заявки на воду — заключается в том, что на основе установленных норм и сроков полива каждой культуры и коэффициентов полезного действия внутрихозяйственной оросительной сети определяются для

каждого севооборотного массива необходимые расходы воды в головах хозяйственных распределителей.

Подробный пример заявки на воду изложен в учебном пособии «Практические работы по курсу эксплуатации гидромелиоративных систем» (Сельхозгиз, Москва, 1959, стр. 3—22).

Окончательный вид плана водопользования по колхозу в целом (заявка на воду) показан в таблице 1.

Таблица 1

План водопользования (заявка на воду) по колхозу на 19...год
(поливная площадь нетто 1067 *га*)

Месяц	Декады	Требуется подать воду колхозу в *л/сек*			
		по каналу *А* на I севооборотный массив, площадь 427 *га*	по каналу *Б* на II севооборотный массив, площадь 415 *га*	по каналу *В* на приферменский севооборотный массив и в поселке, площадь 225 *га*	всего
Февраль	II	—	75	—	75
	III	—	75	—	75
Март	I	135	210	55	400
	II	165	215	70	450
	III	185	215	80	480
Апрель	I	120	115	135	370
	II	90	60	140	290
	III	100	105	125	330
Май	I	100	105	125	330
	II	110	105	125	340
	III	190	150	125	465
Июнь	I	190	200	165	555
	II	230	205	165	600
	III	250	245	165	660
Июль	I	270	270	165	705
	II	320	320	165	805
	III	340	330	165	835
Август	I	320	320	165	805
	II	290	285	165	740
	III	210	230	140	580
Сентябрь	I	210	170	140	520
	II	100	—	120	220
	III	—	—	75	75
Ноябрь	I	—	—	—	—
	II	240	320	50	610
	III	240	320	50	610

В последнее время наблюдается стремление еще более упростить составление внутрихозяйственных планов водопользования. Некоторые специалисты предлагают составлять колхозные планы водопользования на несколько лет, а не ежегодно. Инженер А. Х. Тарвердян (Армянская ССР) предлагает устанавливать для каждого хозяйства коэффициент, на который надо умножать данные водоподачи в хозяйство за прошлый год.

Широкой производственной проверки это предложение еще не прошло.

Составлением колхозных планов водопользования руководят заведующие водопользованием колхоза (колхозный гидротехник и агроном).

В совхозах план водопользования обычно составляет гидротехник совхоза под руководством главного агронома.

После согласования с управлением оросительной системы колхозные и совхозные планы водопользования утверждает районный исполнительный комитет Совета депутатов трудящихся.

§ 15. ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ПОЛИВНЫХ КУЛЬТУР. РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ

Режим орошения (сроки и нормы полива сельскохозяйственных культур) устанавливает само хозяйство (правление колхоза или дирекция совхоза) с учетом рекомендаций научно-исследовательских организаций и передового опыта.

Режим орошения должен отвечать требованиям передовой агротехники и мелиоративного состояния орошаемых земель — почвенных условий, уровня грунтовых вод, степени дренирования.

Режим орошения должен быть строго дифференцирован в пределах орошаемой территории хозяйства: различные по почвам и мелиоративному состоянию поливные участки могут требовать различных норм и сроков полива одних и тех же сельскохозяйственных культур.

Методы и способы установления поливных режимов сельскохозяйственных культур изучаются в курсе мелиорации земель.

Минимальный запас влаги по А. Н. Костякову в активном слое почвы H нужно поддерживать близким к величине

$$W = HA\beta_н \ м^3/га, \qquad (1)$$

где A — скважность данной почвы, определяемая опытным путем;

$\beta_н = 50—75\%$ (большее значение процента принимается для технических культур, корнеплодов и трав, меньшее — для зерновых культур).

Глубина активного слоя почвы H в различные периоды развития растений колеблется для разных культур от 0,3 до 1,0 *м*.

При близком залегании от поверхности растворимых солей или грунтовых вод почва должна увлажняться на глубину, меньшую, чем глубина залегания солей или капиллярной каймы грунтовых вод. Величина оросительной нормы на землях с близкими грунтовыми водами также должна быть меньше, чем на землях с глубоким стоянием грунтовых вод. Общее потребление воды за весь вегетационный период культуры в одних и тех же климатических условиях возрастает не пропорционально росту урожайности, а замедленно. На определенном уровне водопотребления его увеличение не влияет на рост урожайности.

Для засоленных участков оросительная норма должна быть увеличена на 20—25%. При близком залегании пресных грунтовых вод можно дать воды на 30—50% меньше. Чем выше проницаемость почвы, тем меньше поливные нормы и короче межполивные периоды.

Величина поливной нормы определяется потреблением воды растениями в данную фазу развития и зависит от уровня агротехники и плодородия почвы, от свойств почвы, от глубины активного слоя ее, характера культуры и техники полива.

Для облегчения подсчета количества воды, требуемой по плану водопользования, пользуются таблицами, которыми управление оросительной системы должно обеспечить хозяйства-водопользователи. По этим таблицам можно определить необходимый расход воды нетто в зависимости от величины поливной нормы, продолжительности полива и площади, намеченной к поливу, а также суточную площадь полива в зависимости от поливной нормы и расхода воды (табл. 2 и 3).

Таблица 2

Необходимый расход воды нетто на поле в *л/сек* для полива сельскохозяйственных культур в зависимости от поливной площади, поливной нормы при продолжительности полива 10 суток

Поливная площадь в *га*	Поливные нормы в *м³/га*								
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
10	2,32	3,48	4,64	5,80	6,96	8,12	9,28	10,44	11,60
20	4,64	6,96	9,28	11,60	13,92	16,24	18,56	20,88	23,20
30	6,96	10,44	13,92	17,40	20,88	24,36	27,84	31,32	34,80
40	9,28	13,92	18,56	23,20	27,84	32,48	37,12	41,76	46,40
50	11,60	17,40	23,20	29,00	34,80	40,60	46,40	52,20	58,00
60	13,92	20,88	27,84	34,80	41,76	48,72	55,68	62,64	69,60
70	16,24	24,36	32,48	40,60	48,72	56,84	64,96	73,08	81,20
80	18,56	27,84	37,12	46,40	55,68	64,96	74,24	83,52	92,80
90	20,88	31,32	41,76	52,20	62,64	73,08	83,52	93,96	104,40
100	23,20	34,80	46,40	58,00	69,60	81,20	92,80	104,40	116,00

При продолжительности полива менее 10 суток расходы воды, приведенные в таблице, пропорционально увеличиваются, а при большей продолжительности полива — уменьшаются.

Таблица 3

Суточная площадь полива в *га* в зависимости от поливной нормы и расхода воды нетто (на поле)

Расход воды нетто (на поле) *л/сек*	Поливные нормы в *м³/га*								
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
10	4,32	2,88	2,16	1,73	1,44	1,23	1,08	0,96	0,86
20	8,64	5,76	4,32	3,46	2,88	2,47	2,16	1,92	1,73
30	12,96	8,64	6,48	5,19	4,32	3,70	3,24	2,88	2,59
40	17,28	11,52	8,64	6,92	5,76	4,94	4,32	3,84	3,46
50	21,60	14,40	10,80	8,64	7,20	6,17	5,40	4,80	4,32
60	25,92	17,28	12,96	10,38	8,64	7,40	6,48	5,76	5,18
70	30,24	20,16	15,12	12,09	10,08	8,64	7,56	6,72	6,05
80	34,56	23,04	17,28	13,84	11,52	9,88	8,64	7,68	6,92
90	38,88	25,92	19,44	15,57	12,96	11,11	9,72	8,64	7,78
100	43,20	28,80	21,60	17,28	14,40	12,34	10,80	9,60	8,64

§ 16. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАХ МЕЖБРИГАДНОГО ВОДООБОРОТА

Коэффициент полезного действия периодически действующей внутрихозяйственной сети каналов при составлении планов водопользования можно определить по формуле:

$$\eta_{х.с} = \eta_{в.о} - \sigma' l_д, \qquad (2)$$

где $\eta_{х.с}$ — к. п. д. внутрихозяйственной сети каналов;

$\eta_{в.о}$ — к. п. д. временных оросителей (принимается равным от 0,9 до 0,95).

σ' — процент потерь в постоянных внутрихозяйственных каналах на 1 *км* длины;

$l_д$ — средняя протяженность одновременно действующих постоянных внутрихозяйственных каналов.

σ' — для постоянных внутрихозяйственных каналов, находящихся в удовлетворительном состоянии, может быть принят: при расходе до 100 *л/сек* — 5%; от 100 до 150 *л/сек* — 4,5; от 151—200 *л/сек* — 4; от 201 до 250 *л/сек* — 3,5 и от 251 до 300 *л/сек* — 3%.

Если колхозный распределитель имеет длинную холостую часть, к. п. д. внутрихозяйственной оросительной сети, определенный по формуле (2), надо умножить на к. п. д. холостой части колхозного распределителя $\eta_{хол}$, т. е.

$$\eta'_{х.с} = \eta_{хол}\eta_{х.с}. \qquad (3)$$

Средняя протяженность одновременно действующих постоянных внутрихозяйственных каналов при правильно организованном водопользовании в хозяйстве, при подаче воды к поливным участкам сосредоточенным током равна 2—5 *км*.

Коэффициент полезного действия внутрихозяйственной сети не должен быть ниже 0,85. При меньших значениях надо применять противофильтрационные мероприятия.

Нетрудно видеть, что в условиях подачи воды по каналам в земляных фильтрующих грунтах наибольший к. п. д. внутрихозяйственной оросительной сети севооборотного массива будет при наименьших значениях σ'

и $l_д$, т. е. когда расход нетто, поступающий на севооборотный массив, составляет 200—250 *л/сек* и когда он целиком будет направляться только на одно поле севооборота.

Расходом 200—250 *л/сек* нетто можно обеспечить полив хлопчатника в течение 10—15 суток при площади севооборотного массива 400 *га*.

Порядок водооборота в хозяйстве может быть следующий:

1) вода подается одновременно на все хлопковые поля, при этом длина одновременно действующих каналов будет наибольшая;

2) вода подается одновременно двум группам полей, а между полями в группе устанавливается водооборот;

3) вода подается по очереди на каждое поле севооборота.

Водооборот не может быть установлен произвольно. Он зависит от организации территории севооборотного массива. Если за каждой производственной тракторно-полеводческой бригадой закреплено одно из полей севооборота, то приходится прибегать к рассредоточенному водообороту, чтобы не допускать больших межполивных периодов и напряжений в период такта водооборота. Для достижения наивысших значений к. п. д. лучше всего такая организация территории, при которой в каждом поле севооборота размещены участки всех бригад. Вполне приемлем вариант закрепления поля севооборота за двумя бригадами. Этот вариант позволяет достичь высокого к. п. д. оросительной сети, не создает напряжения при производстве полива и обеспечивает необходимую для нормальной работы трактора суточную площадь полива в одном массиве для каждой бригады.

Значения коэффициентов полезного действия внутрихозяйственной оросительной сети в зависимости от принятого водооборота приведены в таблице 4.

Иное положение будет при бетонировании каналов внутрихозяйственной оросительной сети. Если учесть, что снижение величины потерь воды в этом случае достигает 85—95%, то нетрудно убедиться в том, что второй член в формуле (2) примет вид: $0{,}15\ \sigma' l_д$, т. е. будет настолько незначительным, что практически коэффициенты полезного действия при сосредоточенном и

Таблица 4

Коэффициент полезного действия внутрихозяйственной оросительной сети при различных формах водооборота

Водооборот	Лучший случай	Худший случай	В среднем
Сосредоточенный	0,83—0,86	0,74—0,76	0,80—0,81
Рассредоточенный	0,83—0,86	0,57—0,61	0,66—0,72
Повышение к. п. д. при сосредоточенном водообороте в %	—	24,5—30,0	12,5—21,2

рассредоточенном водооборотах на севооборотном участке будут одинаковы.

Если учесть при этом, что бетонированные каналы (лотки) для пропуска 200—250 *л/сек* нетто будут на 10—25% (в зависимости от уклона) дороже, чем каналы-лотки для пропуска расхода 100—125 *л/сек* нетто, то можно сделать вывод, что в условиях бетонированной внутрихозяйственной оросительной сети нет надобности вводить жесткий водооборот и можно весь расход, поступающий на севооборотный массив, распределить между отдельными полями токами 100—125 *л/сек* нетто. Этим расходом можно обеспечить суточный полив хлопчатника в одном массиве на площади 10—12 *га*.

§ 17. ОРГАНИЗАЦИЯ ВНУТРИБРИГАДНОГО ВОДООБОРОТА. СОСТАВЛЕНИЕ ОПЕРАТИВНЫХ ГРАФИКОВ ПОЛИВА

Внутрибригадный водооборот, т. е. порядок распределения воды по полю севооборота и на участке производственной бригады по временной оросительной сети, должен обеспечить равномерный своевременный полив культуры и своевременную межполивную обработку посевов.

Сроки проведения культивации имеют большое значение в деле выращивания высоких урожаев пропашных культур. Данные Всесоюзного научно-исследовательского института хлопководства показывает, что если после наступления спелости почвы культивация в период цветения хлопчатника запоздает на одни сутки, то урожай снижается на 14%; если же культивация проводится с опозданием на 6 суток, то потеря урожая достигает

30%. При запаздывании культивации на 5—6 суток половина израсходованной на полив воды бесполезно теряется на испарение.

Высокопроизводительное использование тракторов на культивации требует, чтобы длина тракторного гона была не менее 400—600 *м* при продольной культивации и 300—400 *м* — при поперечной.

Для того чтобы обеспечить трактору необходимую площадь обработки по всей длине поливного участка, надо добиться равномерного поспевания почвы по всей длине гона в продольном и поперечном направлениях. Следовательно, поступающая на поливной участок вода должна подаваться одновременно в наиболее возможное число рядом расположенных временных оросителей, а по каждому из этих оросителей в течение суток полив должен быть произведен по всей длине участка.

Исследования Г. М. Гусейнова и других показывают, что при непрерывной работе временного оросителя не более 24 часов можно избежать увлажнения почвы в зоне канала глубже 1,5—2 *м*, т. е. сократить бесполезные потери из временных оросителей. Г. М. Гусейнов считает, что при этом на 2—3-метровой полосе вдоль временного оросителя до 4—6 рядков по обе стороны от канала можно оставлять без полива, полезно используя фильтрующуюся воду.

Схема организации внутрибригадного водооборота на хлопковом поле при поливе по бороздам из необлицованных каналов показана на рисунке 1.

В этой схеме поле хлопчатника имеет размеры 600××1000 *м*. В нем размещены участки двух тракторно-полеводческих бригад. Расход, поступающий на поле, равен 250 *л/сек* и распределяется по 125 *л/сек* каждой бригаде. Полив хлопчатника должен быть проведен в течение 10 суток. Число временных оросителей на участке производственной бригады равно 10. Площадь, орошаемая каждым временным оросителем, равна 3 *га*. Работают временные оросители в две очереди: в первую очередь полив проводится по первым пяти оросителям и во вторую очередь — по остальным. Во временные оросители выделяется по 25 *л/сек*. Полив по каждому временному оросителю продолжается 24 часа.

Из временного оросителя нарезано 3 выводные борозды с расстоянием между ними 200 *м*. Одновременно

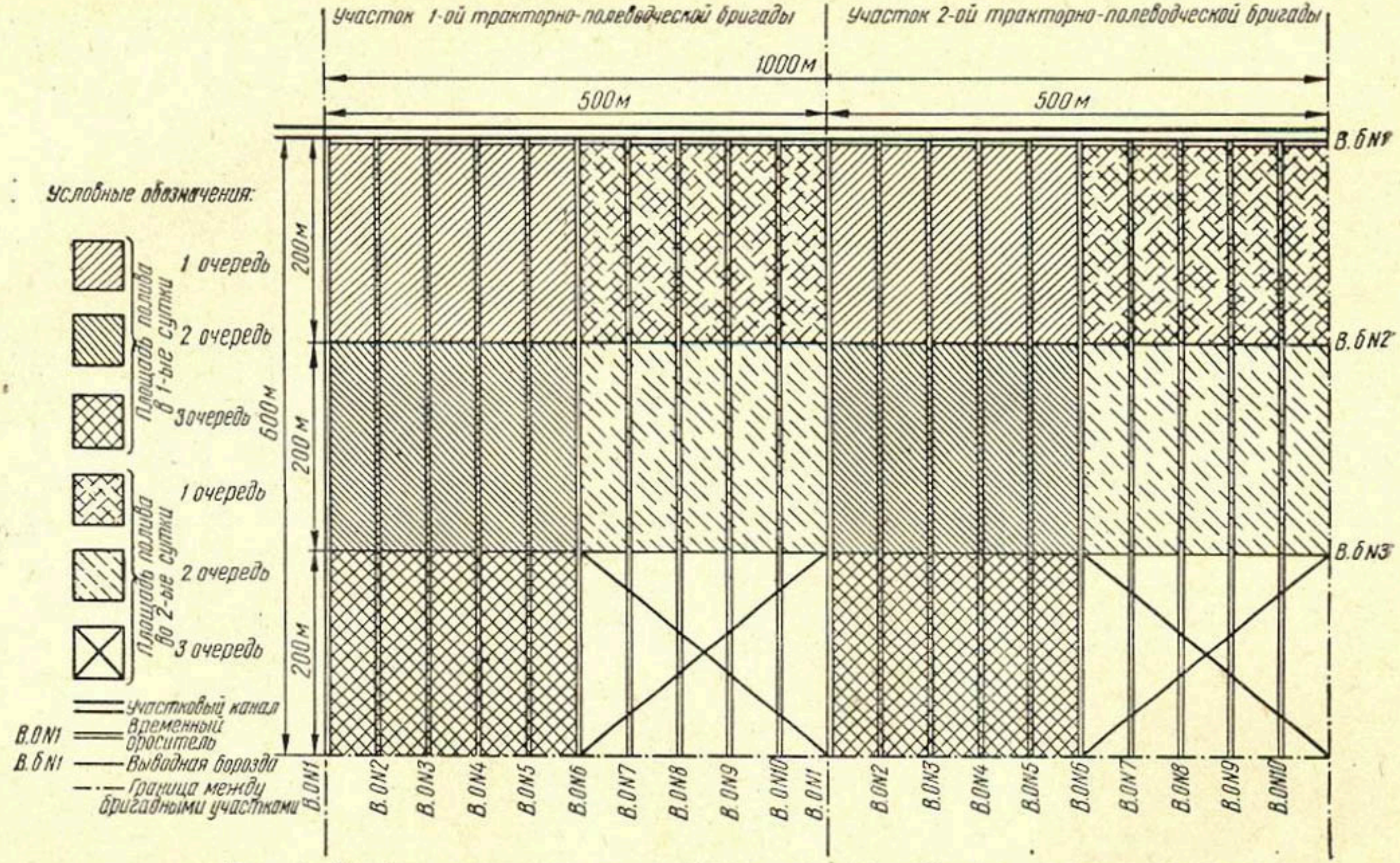


Рис. 1. Схема организации внутрибригадного водооборота на хлопковом поле.

вода из оросителя поступает в первую выводную борозду, расход которой, таким образом, равен тоже 25 *л/сек*. Полив по каждой выводной борозде из временных оросителей продолжается 8 часов. За это время по ней поливается при поливной норме 720 *м³/га* — 1 *га*.

Из каждой выводной борозды при междурядье 60 *см* вода поступает в 84 поливные борозды, полив по всем поливным бороздам на протяжении выводной борозды производится одновременно. В каждую поливную борозду поступает 0,30 *л/сек*.

Схема работы временных оросителей и выводных борозд на участке первой производственной бригады показана на рисунке 2. Такой же порядок поливов устанавливается и на участке второй бригады, размещенной в том же поле севооборота.

При соблюдении указанного графика полива на бригадном участке будет полито в среднем 15 *га* в сутки. Для работы трактора в продольном направлении гон длиной 600 *м* обеспечивается за сутки, а в поперечном — за 2 суток обеспечивается гон длиной 1000 *м*.

Оперативный график полива в колхозе или совхозе должен составляться для каждого севооборотного массива (отделения) в точной увязке с графиком проведения тракторных работ на этом массиве. Оперативные графики полива и тракторных работ в колхозе составляются на каждые 10—15 дней при участии агронома, бригадиров производственных бригад и колхозного гидротехника. В совхозе графики составляются заведующим отделением и гидротехником совхоза и утверждаются главным агрономом совхоза. В этих графиках предусматривается распределение отпускаемой колхозу (совхозу) оросительной воды между отдельными производственными бригадами и полями севооборота.

Порядок распределения воды по временным оросителям и выводным бороздам намечается бригадиром. При составлении оперативных графиков * полива необходимо учитывать состояние посевов и почвенные особенности каждого поливного участка.

---

* Пример составления оперативного графика приведен в учебном пособии С. Р. Оффенгендена, А. Д. Панадиади и М. И. Ярушина «Практические работы по курсу эксплуатации гидромелиоративных систем» (Сельхозгиз, 1959, стр. 23—29).

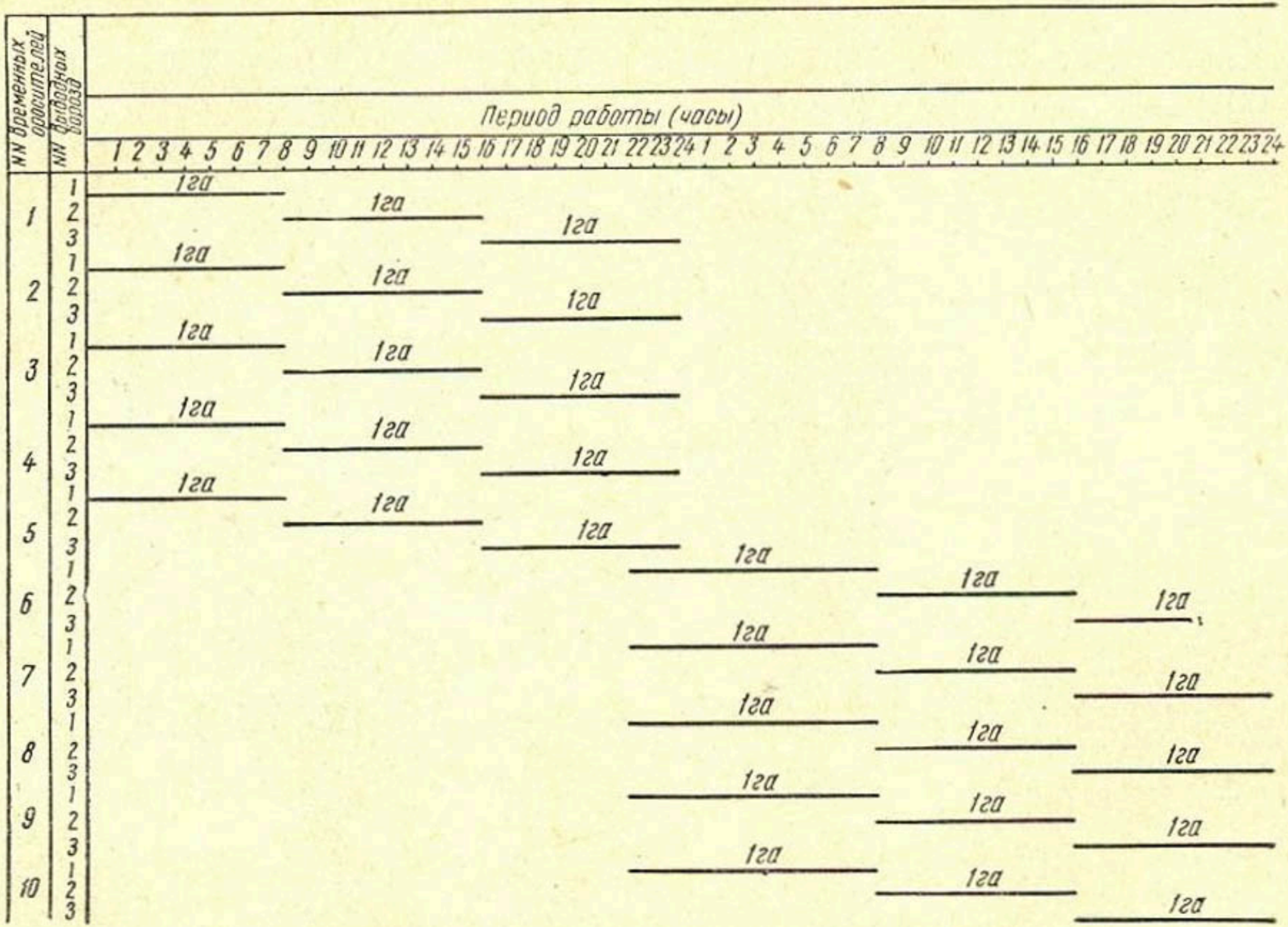


Рис. 2. График работы каналов и поливов хлопчатника в бригаде.

В оперативном графике указываются сроки нарезки борозд, сроки полива и сроки проведения культивации. В графике указываются также фамилии поливальщиков и трактористов.

Оперативные графики полива следует разрабатывать, исходя из расхода воды, установленного на данный отрезок времени по плану водопользования. Если возникает необходимость изменения установленных планом расходов воды, то хозяйство обязано согласовать это изменение с гидротехническим участком оросительной системы.

§ 18. НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАНОВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Плановое водопользование в колхозах и совхозах позволяет значительно повысить к. п. д. оросительных систем. Если до внедрения в практику планового водопользования значения коэффициентов полезного действия в хозяйствах даже в основных поливных районах не выходили за пределы 0,50—0,60, то после перехода на плановое водопользование коэффициенты полезного действия внутрихозяйственных оросительных систем повысились до 0,75—0,80. Улучшилось также использование воды на полях, производительность труда на поливе и использование тракторного парка.

В таблице 5 приведены данные б. Московского института инженеров водного хозяйства (М. Ф. Натальчук, Г. Ю. Шейнкин, В. Е. Веденяпин и др.) о размерах площади одновременного полива в одном массиве до и после организации сосредоточенных поливов в хозяйствах Вахшской долины (Таджикская ССР).

Таблица 5

Хозяйство	Площадь, политая за сутки в одном массиве, в *га*	
	при введении сосредоточенных поливов	до введения сосредоточенных поливов
Колхоз им. Ленина	7—20	2,5—4,1
Совхоз им. Куйбышева . . .	8—19	2,6—4,5
Колхоз «Коминтерн»	7—14	2,5—4,3
Колхоз «Коммунизм»	9—18	3,0—4,0

Сводные показатели эффективности сосредоточенных поливов хлопчатника в Вахшской долине (по данным тех же авторов) приведены в таблице 6.

Таблица 6

Показатели	При введении сосредоточенных поливов	До введения сосредоточенных поливов
Площадь одновременно поливаемых участков	10—15 *га*	2—3 *га*
Продолжительность полива участка	2—4 суток	8—15 суток
Разрыв между поливом и перекрестной обработкой .	1—2 суток	8—10 суток
Продолжительность одного цикла обработки и полива	10—12 суток	15—20 суток
Размер поливных норм . . .	800—1200 *м³/га*	1500—2000 *м³/га*
Размер поверхностного сброса	6—10%	20—30%
Коэффициент полезного действия внутрихозяйственной сети севооборотного массива площадью 100—200 *га*	0,75—0,80	0,65—0,70
Урожайность	110—115%	100%
Производительность труда .	122%	100%
Производительность тракторных агрегатов	105—123%	100%
Удельный расход горючего .	75—90%	100%

В отдельных колхозах повышение урожайности при сосредоточении поливов достигло 30%, а полезное использование воды на поле возросло в 1,5 раза.

Глава третья

ПРОВЕДЕНИЕ ПЛАНА ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ХОЗЯЙСТВАХ

§ 19. ПОДГОТОВКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЛИВОВ

Основное условие выполнения графика поливов (см. § 17) — соблюдение установленных планом поливных норм и сроков полива. В свою очередь, это зависит от качества поливов. Поэтому подготовка поливных участков к поливу и организация поливов имеют первосте-

пенное значение для выполнения плана водопользования.

К подготовительным работам относятся планировка поверхности поливных участков, нарезка временных оросителей, выводных и поливных борозд, заготовка и расстановка поливной арматуры.

Для равномерного увлажнения почвы и соблюдения поливных норм поверхность поливного участка должна быть спланирована. При планировке должен быть создан наиболее благоприятный для применяемого способа полива уклон участка.

Способ полива пропашных культур по бороздам является в настоящее время основным способом орошения. В нем заложены неиспользованные возможности значительного повышения производительности труда на поливе. Наряду с применением поливных трубопроводов и поливной арматуры повышению производительности труда на поливе способствует удлинение поливных борозд.

Рекомендуемые в настоящее время длины поливных борозд приведены в таблице 7.

Таблица 7

Длина поливной борозды в зависимости от уклона поливного участка и водопроницаемости почв в *м*

Водопроницаемость	Уклон поливного участка			
	0,02—0,01	0,01—0,004	0,004—0,002	Менее 0,002
Слабая (тяжелые почвы) . .	110—130	90—110	80—100	50—80
Средняя	100—120	80—100	70—90	40—60
Сильная (легкие почвы) . .	80—100	60—80	40—60	30—40

Практика орошения в СССР и за рубежом показывает, что можно применять значительно большие длины поливных борозд (300—500 *м* на слабо- и среднепроницаемых почвах и 250 *м* — на сильнопроницаемых). Ставропольская опытно-мелиоративная станция рекомендует длины борозд на хорошо спланированных участках значительно большие, чем указанные в таблице 7: до 200—375 *м* — на слабопроницаемых почвах и до 150—200 *м* — на сильнопроницаемых. Поэтому последнее время все

больше завоевывает признание та точка зрения, согласно которой выгоднее сразу провести капитальную планировку поливных участков в объеме, позволяющем хорошо проводить полив по длинным бороздам, а не по этапам, как это рекомендовалось ранее.

Вопросы планировки поливных участков рассматриваются в главе 10.

Ежегодно до посева выравнивают поверхность орошаемых земель для устранения всех мелких неровностей. Это выравнивание проводится тракторной волокушей или планировщиком.

Внутрихозяйственные распределители и сооружения на них должны быть отремонтированы, каналы должны быть очищены от ила и растительности и приведены в рабочее состояние. Поливной инвентарь — трубки, щитки, переносные перемычки, сифоны, лопаты, кетмени, фонари — должен быть в полной исправности.

Временные оросители и выводные борозды (ок-арыки) нарезают вслед за посевом. Перед каждым поливом временные оросители и выводные борозды оправляют, чтобы ликвидировать повреждения, причиненные им при культивации.

Поливные борозды для пропашных культур должны нарезаться за 1—2 дня до полива. Поливные борозды и полосы для зерновых культур и трав нарезают одновременно с севом.

Глубина борозд при междурядьях, равных 45—50 *см*, должна быть около 12—13 *см*, при междурядьях в 60 *см* — 17—18 *см*. При междурядьях, равных 70 *см*, глубина борозд для первого полива должна быть не менее 18 *см*, а для последующих поливов — 20—22 *см*. При поливах со сбросом, который практикуется на участках с большими уклонами, сбрасываемая из поливных борозд вода должна быть использована для полива нижележащих участков. Для этого должны быть нарезаны временные небольшие водосборные каналы. Наилучшие уклоны для поливных борозд — 0,003—0,005.

Струя воды, пропускаемая по борозде, должна быть небольшой, такой, чтобы борозда заполнялась, как правило, не больше чем на одну четверть ее глубины. При малых уклонах наполнение борозд может быть большим — до $^2/_3$ глубины. Длина поливной борозды и величина поливной струи зависят от водопроницаемости почв

и уклона поливного участка. При междурядьях, равных 45—50 *см*, размер поливной струи больше 0,3 *л/сек* применять не следует.

Длины полос при поливе напуском приведены в таблице 8.

Таблица 8

Длина полос при поливе напуском в *м*

Почвы \ Уклоны	0,001—0,005	0,006—0,01	0,01—0,02
Супесчаные почвы с хорошей водопроницаемостью . . .	40—60	60—80	80—100
Глинистые почвы слабопроницаемые	70—80	80—100	100—120

Проведение поливов требует больших затрат труда. Эти затраты зависят от способа полива, рельефа, величины поливной струи, наличия регулирующих сооружений и поливной арматуры. По данным б. Московского института инженеров водного хозяйства, на распределение воды по временным оросителям затрачивается от 0,1 человеко-часа на 1 *га* при хорошем оснащении оросительной сети и благоприятном рельефе и до 2,5 человеко-часа на 1 *га* при отсутствии водовыпусков во временные оросители и неблагоприятных условиях рельефа.

На распределение воды по поливным бороздам затрачивается при отсутствии поливной арматуры до 10 человеко-часов на 1 *га*. Наблюдение за поливом, расчистка и оправка борозд, регулирование поливной струи требуют в зависимости от продолжительности полива и степени спланированности поля от 1,3 до 15,8 человеко-часа на 1 *га*. Производительность труда на поливе по бороздам при отсутствии поливной арматуры составляет в начале поливного сезона от 0,3—0,6 до 2—2,5 *га/ч.-д.* На хорошо спланированных полях производительность труда в 2—2,5 раза выше.

В каждой тракторно-полеводческой бригаде должно быть выделено для производства поливов необходимое количество квалифицированных поливальщиков, обеспечивающее в течение суток проведение поливов на площади 10—15 *га*. Работа поливальщиков организуется в две смены.

В группе поливальщиков в 3—4 человека выделяется один старший, наиболее опытный поливальщик, который руководит поливом в обеих сменах. Его обязанность — распределить полученный из постоянного канала причитающийся бригаде расход воды между поливальщиками, расставить их по временным оросителям, инструктировать поливальщиков, оправить с их помощью временные оросители, выводные борозды, установить трубки, сифоны и другие приспособления для регулирования расхода и контролировать качество полива.

В каждом отделении совхоза следует организовать, исходя из суточной площади полива, специализированную бригаду поливальщиков.

§ 20. ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА НА ПОЛИВЕ

Повышение производительности труда на поливе достигается прежде всего хорошей спланированностью поливного участка, а также оснащением временных оросителей и выводных борозд необходимой арматурой для регулирования поступления воды в борозды и на полосы полива. Эти мероприятия не только облегчают труд поливальщика, но и способствуют равномерному распределению воды по поливному участку, экономному расходованию поливной воды и обеспечивают высокую технику полива.

Затраты труда на распределение воды по бороздам уменьшаются по сравнению с указанными в § 19 в 2,5 раза при применении трубочек и в 7—9 раз при применении переносных сифонов. В целом производительность труда при оснащении поливных борозд трубками, щитами, сифонами на хорошо спланированных полях может быть доведена опытным поливальщиком до 2—3 *га* хлопчатника в смену.

Выпуск из постоянного канала во временную оросительную сеть следует устраивать пропускной способностью 60—80—100 *л/сек,* т. е. на 2—5 временных оросителей, объединяемых одним вспомогательным временным каналом. Из этого канала вода во временные оросители может выпускаться с помощью переносных

деревянных, металлических, асбестоцементных труб или сифонов.

Воду из временного оросителя выпускают в выводную борозду обычно при небольшой разнице в горизонтах, что затрудняет применение сифонов. В этих случаях лучше всего применить переносные трубы или закрепленные дерном (чимом) оголовки в сочетании с брезентовыми перемычками. Помимо брезентовых перемычек, можно применять переносные перегораживающие щитки. Из выводной борозды в поливные борозды воду следует выпускать с помощью гончарных, деревянных, металлических или камышовых трубок длиной 30—40 *см*.

Размеры различных трубок при напоре над центром трубки, равном 5 *см*, даны в таблице 9.

Таблица 9

Расход воды в одну борозду в *л/сек*	Внутренний диаметр трубок в *см*
0,25	2,5
0,50	3,0

Для распределения воды между поливными бороздами применяются также переносные щитки с треугольными, прямоугольными или трапецеидальными вырезами, изготовляемые из обрезков досок или листового железа.

Трубки нужно устанавливать правильно: над их входными отверстиями должен быть необходимый напор воды, выходной конец трубки не должен затапливаться. Трубки надо вовремя оправлять, не допуская размыва дамбочек, обхода трубок водой, их засорения.

Вместо трубок и щитков с вырезами применяются переносные жесткие или гибкие сифоны. Гибкие сифоны удобнее тяжелых металлических.

Развитие производства пластических материалов позволит в ближайшем будущем применять легкие и удобные сифоны из пластмасс. Длина сифонных трубок для выпуска воды в борозду равна 0,80—1,25 *м*.

Пропускную способность сифонов можно достаточно точно определять по формуле:

$$q = 3{,}475\, \mu_{ср}\, d^2 \sqrt{z}\,, \qquad (4)$$

где q — расход воды в $м^3/сек$;
d — диаметр сливного отверстия сифона в $м$;
z — действующий напор в $м$;
$\mu_{ср}$ — коэффициент расхода сифона данного размера и типа, величина $\mu_{ср}$ при $d=20-50$ $мм$ находится в пределах 0,52—0,57.

Пропускная способность гибких сифонов, подсчитанная по формуле (4), представлена в таблице. 10.

Таблица 10

Пропускная способность гибких сифонов в *л/сек* (при истечении под уровень)

d в *мм*	*z* = 1 *см*	*z*=2 *см*	*z*=3 *см*	*z*=5 *см*
20	0,07	0,10	0,12	0,16
30	0,17	0,23	0,29	0,37
40	0,31	0,43	0,53	0,68
50	0,50	0,70	0,86	1,11

При малых уклонах борозд следует применять сифоны диаметром 30—50 *мм*, при средних уклонах — 30 *мм* и при больших уклонах — 20—30 *мм*.

Расходы в борозду при поливе малой струей должны быть в пределах 0,2—0,3 *л/сек*, а на малых уклонах — до 0,5 *л/сек*.

Чтобы зарядить сифон, его опускают в воду. Затем, придерживая концы трубки так, чтобы вода не выливалась, перекидывают один из них через дамбочку выводной борозды, направляя его в поливную борозду, а второй конец оставляют погруженным в воду в выводной борозде.

Величина расхода, пропускаемого трубкой, зависит от напора воды, который регулируется перемещением трубки в вертикальной плоскости. Расход воды, пропускаемый сифоном, регулируется проволочным зажимом у выходного конца гибкой трубки.

Количество трубок или сифонов определяется из расчета 5—6 штук на 1 *га*. У каждого поливальщика должно быть от 200 до 250 переносных сифонов или трубок.

При поливе напуском по полосам трав и зерновых культур для равномерного распределения воды применяют распределительные доски, снабженные ручками. Длина этих досок 2—2,5 *м*, ширина 0,20—0,25 *см*, толщина 1,5—2 *см*. Устанавливая распределительную доску под различным углом к направлению струи и делая лопатой временные поперечные валики и канавки, поливальщик добивается направления воды на повышенные места и равномерно продвигает ее по всей ширине полосы.

Большое значение для усовершенствования техники полива и повышения производительности труда на поливе имеет применение передвижных поливных трубопроводов.

В США применяются металлические трубопроводы из перфорированных труб, а также трубопроводы из пластмассы.

Применение поливных трубопроводов позволяет исключить необходимость нарезки временной оросительной сети, избавляет от операций по заправке борозд, упрощает контроль за распределением воды по полю, обеспечивает равномерность полива, увеличивает коэффициент земельного использования и сокращает потери воды на фильтрацию.

Инж. И. И. Величко (ВНИИГиМ) предложил поливное устройство из пластифицированной ткани.

Это поливное устройство состоит из пяти-семи транспортирующих трубопроводов общей длиной 1000 *м*, диаметром 350 или 440 *мм*. Через каждые 80—120 *м* в трубопроводы вмонтированы гибкие гидранты, к которым подключаются поливные трубопроводы. На каждое поливное устройство надо иметь три поливных трубопровода длиной 200—350 *м* переменного диаметра — от 350 до 210 *мм* или от 440 до 210 *мм*, имеющих отверстия, через которые вода подается в поливные борозды или на полосы (рис. 3).

Укладка и сборка трубопроводов производится при помощи навесного намоточного устройства, смонтированного на тракторе. Кроме того, необходимо иметь три сифона из листового железа толщиной 1,25 *мм*, диаметром 400—505 *мм*, пропускной способностью 120—150 *л/сек*. Эти сифоны заряжаются при помощи ручного вакуум-насоса или через автоматический вакуум-бачок на тракторе.

Наконец, для работы необходимо иметь три гибкие передвижные перемычки, которые устанавливают у каждого сифона.

Каждая секция поливного устройства состоит из сифона, транспортирующего и поливного трубопроводов. В зависимости от размера поливного участка одновременно могут быть включены от одной до трех секций.

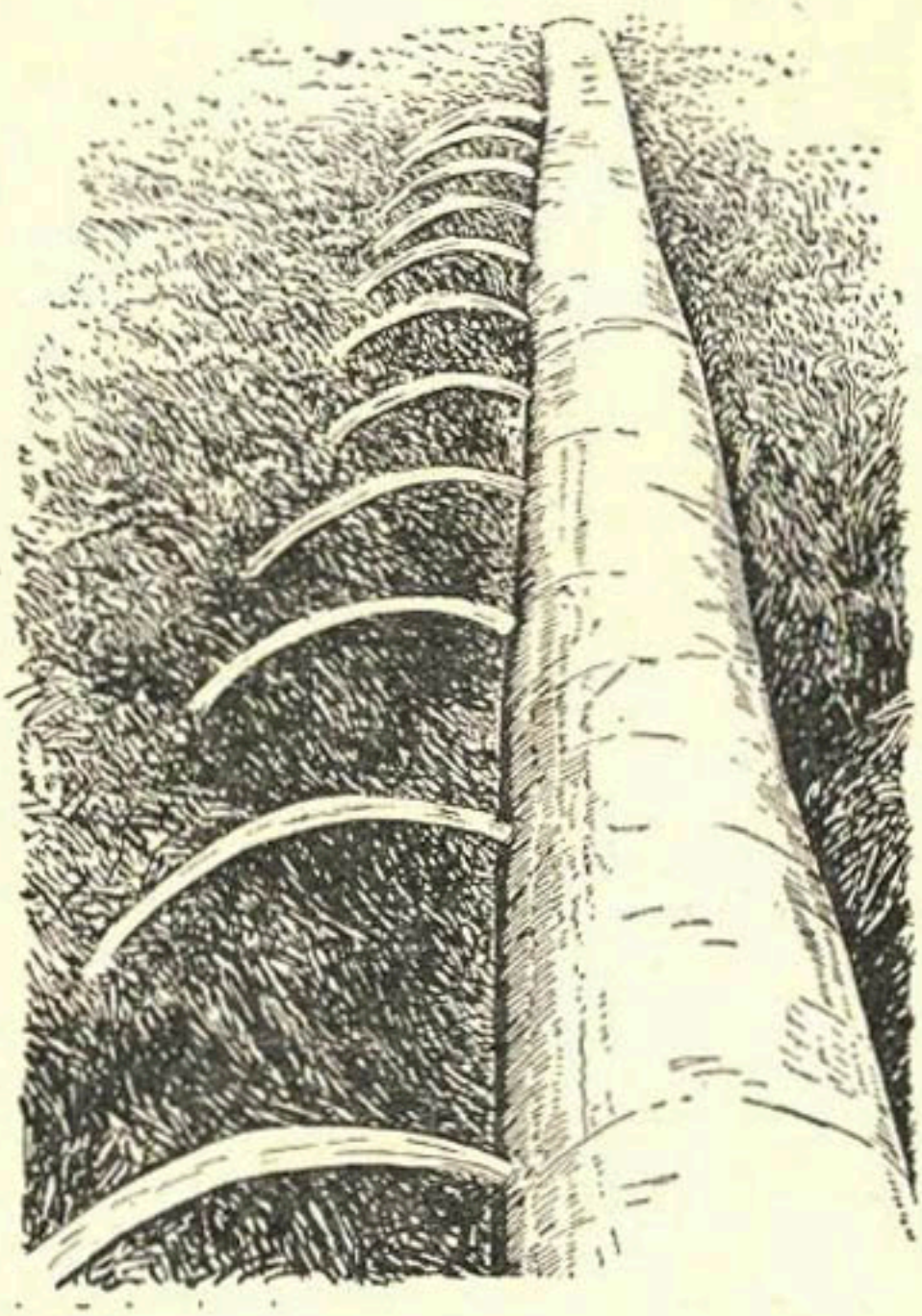


Рис. 3. Гибкий поливной трубопровод в действии.

Гибкая перемычка создает необходимый напор 20—50 *см*, и вода через сифон поступает в транспортирующий трубопровод, который состоит из отдельных звеньев длиной по 100—200 *м*. Транспортирующий трубопровод укладывают вдоль поливных борозд, а поливной — перпендикулярно к ним.

Намоточное устройство трактора состоит из двух катушек, вмещающих по 300—400 *м* гибкого трубопровода каждая; они приводятся во вращение через особые фрикционы от вала отбора мощности трактора. Заряд-

ка сифона ручным вакуум-насосом осуществляется за 2 минуты, при помощи трактора — за 1 минуту.

Полив производится двумя секциями одновременно, поливные трубопроводы третьей секции в это время перевозятся и монтируются. Трехсекционный комплект поливного устройства обслуживается двумя поливальщиками и одним трактористом. Суточная производительность трехсекционного поливного устройства при поливной норме 800 *м³/га* и среднем расходе 200 *л/сек* равна $\frac{0{,}2 \cdot 86\,400}{800} = 21{,}6$ *га*, а при коэффициенте использования времени 0,7—15 *га*. При расходе 400 *л/сек* производительность может быть доведена до 30 *га* в сутки. Производительность труда одного поливальщика, по данным Вахшской экспедиции б. Московского института инженеров водного хозяйства, может быть доведена при поливе из поливных трубопроводов до 4—8 *га* в смену.

При межполивном периоде 15 суток трехсекционный комплект поливного устройства обеспечивает в среднем за сезон полив 225—450 *га*.

Дополнительные капиталовложения, связанные с применением поливных трубопроводов, окупаются в течение 1—2 лет, а при необходимости подачи воды в трубопроводы при помощи насоса (при небольших уклонах) — в течение 3—6 лет. Стоимость трубопроводов из пластифицированной ткани принята в этих расчетах 2,0—2,4 руб. за 1 *пог. м*, срок их службы — 4 года.

Скорость движения воды в гибком трубопроводе принимается от 0,7 до 1,7 *м/сек*, в среднем — 1,2 *м/сек*.

Перемычки изготовляются из трех-четырех продольно сшитых полотнищ; ширина перемычки от 3,5 до 4,1 *м*, длина от 2,6 до 3,2 *м*.

Изготовление полиэтиленовых и пластмассовых трубопроводов позволит значительно продлить срок их службы и снизить их стоимость.

ЦК КПСС и Совет Министров СССР в 1959 г. приняли постановление «О мерах по обеспечению комплексной механизации работ в хлопководстве». Это постановление предусматривает довести уровень механизации работ по поливу в 1965 г. дождеванием до 11—12%, гибкими шлангами до 22—25% и на остальной площади — трубочками-сифонами при удлиненной борозде на хорошо спланированных полях.

§ 21. РУКОВОДСТВО ПОЛИВАМИ. ПРАВА И ОБЯЗАННОСТИ ЗАВЕДУЮЩЕГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЛХОЗА, ГИДРОТЕХНИКА СОВХОЗА

Проведением поливов в хозяйствах должны руководить агрономы колхозов и совхозов. Агроном вместе с бригадирами тракторно-полеводческих бригад или с заведующим отделением совхоза отвечают за качество полива, за соблюдение установленных сроков полива и поливных норм и за полное использование воды, отпускаемой хозяйству. Агроном принимает непосредственное участие в составлении оперативных графиков полива и обработок и в проведении поливов. Распределением воды в колхозе между тракторно-полеводческими бригадами и полями севооборота руководит заведующий водопользованием колхоза — колхозный гидротехник. В совхозах водопользованием заведует инженер-гидротехник совхоза; в каждом отделении совхоза должен быть гидротехник.

Гидротехник хозяйства несет ответственность за своевременную и качественную подготовку внутрихозяйственной оросительной сети, коллекторно-дренажной сети и сооружений к приему воды; за своевременное составление совместно с агрономом колхоза хозяйственных планов водопользования и оперативных графиков полива; за сохранность орошаемого земельного фонда хозяйства.

Гидротехник колхоза, совхоза, отделения совхоза обязан:

1) знать состояние внутрихозяйственной оросительной и коллекторно-дренажной сети, ее пропускную способность;

2) принимать меры по содержанию внутрихозяйственной сети каналов и сооружений в полной исправности;

3) осуществлять мероприятия по повышению к. п. д. внутрихозяйственной оросительной сети;

4) руководить нарезкой временной оросительной сети;

5) знать размещение посевов по культурам в полях севооборота, размеры поливных участков, условия подачи воды на каждый участок, технику полива;

6) осуществлять контроль за использованием воды и принимать меры к устранению причин плохого ее использования;

7) совместно с агрономом внедрять передовые методы поливов с помощью трубочек, щитков, сифонов и других приспособлений и инструктировать бригадиров тракторно-полеводческих бригад, заведующих отделениями совхоза и поливальщиков;

8) налаживать систематический учет воды в хозяйстве, вести учет политых площадей, следить за мелиоративным состоянием орошаемых земель;

9) разрабатывать оперативные и перспективные планы эксплуатационных мероприятий, планы технического улучшения оросительной сети хозяйства и руководить их осуществлением.

Гидротехник совхоза имеет право давать распоряжения технического порядка, обязательные для гидротехников отделений, представлять директору совхоза отличившихся работников к поощрению, а несправляющихся со своими обязанностями — к наложению взысканий и к увольнению.

Гидротехник колхоза имеет право с ведома правления колхоза давать указания бригадирам тракторно-полеводческих бригад по вопросам состояния оросительной и коллекторно-дренажной сети, ее переустройства и планового распределения воды.

§ 22. КОНТРОЛЬ ЗА ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДЫ В ХОЗЯЙСТВАХ. ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕТА ВОДЫ И ПОЛИТЫХ ПЛОЩАДЕЙ. ОТЧЕТНОСТЬ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПОЛИВОВ. ПОКАЗАТЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ

Контроль за использованием воды в хозяйствах осуществляется управлениями оросительных систем. Для организации контроля необходимо точно учитывать воду, поступающую в хозяйство и на участки тракторно-полеводческих бригад. Помимо анализа отчетных данных о поливе в сопоставлении с отпущенной водой, работники управления оросительной системы обязаны периодически объезжать орошаемые земли, проверять правильность применяемой техники полива и выборочно замерять поливные нормы. Для хозяйства хорошим показателем правильного использования воды является коэффициент использования воды и выполнение плана суточной площади полива. При этом надо обращать по-

стоянное внимание на сочетание поливов и межполивной обработки. В противном случае может случиться, что план суточной площади полива выполняется вследствие повторного полива одних и тех же орошаемых участков, пересушенных из-за отставания обработки.

Не реже двух раз в декаду гидротехник должен объезжать орошаемые поля. Участковый гидротехник и водный объездчик проверяют технику полива, следят за тем: не затапливаются ли дороги, не сбрасывается ли бесполезно вода, проводятся ли ночные поливы, нет ли утечки воды через сооружения и временные перемычки, не завышаются ли поливные нормы и т. п.

Во время объездов участковые гидротехники и водные объездчики обязаны активно помогать тут же на месте исправлять замеченные недостатки.

Колхозный гидротехник и гидротехник отделения совхоза обязаны ежедневно проверять использование оросительной воды на месте полива.

Учет воды, поступающей в хозяйство и на бригадные участки, осуществляется в головах хозяйственных и внутрихозяйственных распределителей (в точках выдела воды). Для этого их оборудуют водомерными устройствами: водосливами, тарированными сооружениями, водомерами, насадками, расходомерами, стокомерами.

Простейшими водомерными устройствами служат трапецеидальный водослив Чипполетти и водослив системы А. И. Иванова, используемый при свободном и затопленном истечениях.

В практике эксплуатационной гидрометрии на оросительных системах используются водомеры-насадки круглого, квадратного и прямоугольного сечений, разработанные б. Среднеазиатским научно-исследовательским институтом ирригации (САНИИРИ). Насадки эти легко изготовляются в мастерских управлений оросительных систем и в самих хозяйствах.

В последние годы применяют трубчатый водомер-регулятор ТВР-54. Кроме указанных приборов по замеру расхода воды, применяют динамический расходоуказатель ДРС-55 и роторный счетчик стока СВН-56.

Для измерения расходов воды в комплексе с коническим насадком применяется водомер-полуавтомат

ВПГ-54 системы Глубшева, выпущенный Рижским заводом гидроприборов.

В 1958 г. Рижский завод освоил производство автоматического водомера системы Глубшева ВДГ-58. Погрешность в измерении напоров водомером составляет ±2 *мм*, или около 0,5% от амплитуды измеряемого им напора воды, а в измерении величин расходов и суммарных объемов не превышает ±3%.

Указанные выше приборы и приемы учета воды изучаются в курсе гидрометрии.

Учет воды, поступающей в хозяйство, проводится гидротехником колхоза или совхоза не менее двух раз в сутки: утром и вечером. Расходы в головах бригадных выделов учитываются бригадирами тракторно-полеводческих бригад под контролем гидротехника колхоза (отделения совхоза). Управление оросительной системы обязано снабдить всех колхозных и совхозных гидротехников необходимыми таблицами для подсчета расходов, если на водомерных постах нет расходомеров.

Политые площади по тракторно-полеводческим бригадам учитываются бригадиром, который обязан принимать каждое утро от старшего поливальщика площади, политые за истекшие сутки. Учет политых площадей ведется по каждому поливу каждой культуры отдельно.

Бригадир должен сличать политую площадь с площадью, которую надо было полить по плану, и проанализировать все отступления от плана. Результаты учета политых площадей ежедневно записываются. Желательно, чтобы контуры политых площадей ежедневно отмечались на плане землепользования бригады, отделения, хозяйства. При этом следует учитывать качество полива.

Колхозный гидротехник (гидротехник отделения совхоза, инженер-гидротехник совхоза) ежедневно проверяет ход поливов в хозяйстве, сравнивает плановое и фактическое поступление воды по всем хозяйственным и внутрихозяйственным каналам и устанавливает коэффициент использования воды (к. и. в.) (см. § 39).

Результаты проверки выполнения плана водопользования обсуждаются правлением колхоза или дирекцией совхоза и принимаются необходимые меры по улучшнию использования оросительной воды и выполнения плана водопользования.

§ 23. ОРГАНИЗАЦИЯ ЛИМАННОГО ОРОШЕНИЯ

При правильной эксплуатации лиманное орошение может дать, как это показывает многолетний опыт его применения в Казахской ССР, большой эффект.

При организации лиманного орошения следует раньше всего обращать внимание на регулирование режима затопления лиманов. При неравномерном затоплении в понижениях может скапливаться вода, и лиманы могут заболачиваться.

Режим затопления лиманов должен отвечать потребностям возделываемых культур.

Продолжительность затопления лиманов на тяжелых почвах должна быть выше, чем на легких. Для тяжелых почв, которые затапливаются после оттаивания, срок затопления составляет 7—10 суток, при мерзлой почве — 15—20, для средних почв соответственно 6—7 или 10—15, для легких почв — 4—6 и 6—10 суток. Норма лиманного орошения также должна быть тем выше, чем тяжелее почвы лиманов; она колеблется в пределах 2—5 тыс. $м^3/га$.

Большей частью лиманы затапливаются либо по замерзшей, либо по частично оттаявшей почве.

Для того чтобы достаточно увлажнить корнеобитаемый слой, воду на лимане следует держать до полного оттаивания почвы.

Это требует суммы среднесуточных положительных температур воздуха 100—120°, что обычно соответствует продолжительности затопления 10—15 суток.

К сбросу воды из лиманов следует приступать, когда сумма положительных температур воздуха будет 50—80°.

В условиях Заволжья проф. Б. А. Шумаков, рекомендуя устройство мелких многоярусных лиманов, предлагает следующий способ автоматического распределения воды по всем ярусам и в короткий срок. Вода, поступив в первый чек, ограниченный в пониженной части земляным валиком, устроенным вдоль горизонтали местности, и двумя боковыми валиками, наполняет его до требуемой отметки. Затем вода обходит боковые валики, сходящие на нет на отметке ниже нормального горизонта воды в чеке на 5—10 *см,* и, двигаясь по уклону, заполняет нижерасположенный чек (ярус лима-

на). Норма затопления 2500—3000 $м^3/га$. При спокойном равнинном рельефе размеры чеков принимаются 200×400 *м*, 200×500 *м*, 300×400 *м*, 300×500 *м*. Число чеков в каждой секции лимана — 6—9; одновременно поливаются от 3 до 5 чеков.

Глава четвертая

ПЛАН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ ПО ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

§ 24. ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ ПЛАНА ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ. НЕОБХОДИМЫЕ ДАННЫЕ

Как указывалось в § 14, план распределения воды по оросительной системе составляется на календарный год на основе внутрихозяйственных планов водопользования. Он должен учитывать плановые площади поливных культур и насаждений по каждому хозяйству и режим орошения сельскохозяйственных культур, установленный для каждого хозяйства. Однако это не означает, что план водораспределения по оросительной системе является просто арифметической суммой внутрихозяйственных планов водопользования.

Во-первых, при составлении плана водораспределения органы водного хозяйства обязаны контролировать заявки хозяйств-водопользователей на воду, не допуская (особенно по неблагополучным в мелиоративном отношении районам) всяких излишеств (завышение плановых поливных норм, числа поливов, плановых размеров потерь воды на фильтрацию). Во-вторых, органы водного хозяйства обязаны увязать потребности хозяйств в воде с наличием ее в оросительной системе и пропускной способностью каналов и сооружений системы. Поэтому управление оросительной системы должно предварительно установить лимиты забора воды в систему и подачи ее хозяйствам-водопользователям в разные периоды поливного сезона. Эти лимиты ориентируют хозяйства-водопользователи при составлении внутрихозяйственных планов водопользования. При наличии лимитов значительно облегчается и упрощается ежегодное составление плана водораспределения по оросительной системе, которое сводится к уточнению лимитов приме-

нительно к условиям данного года на основе хозяйственных планов водопользования.

Нет надобности в ежегодном установлении лимитов забора воды и подачи ее хозяйствам. Элементы, положенные в основу составления этих лимитов, являются более или менее постоянными в течение нескольких (3—5) лет. Если в течение этого периода произойдет

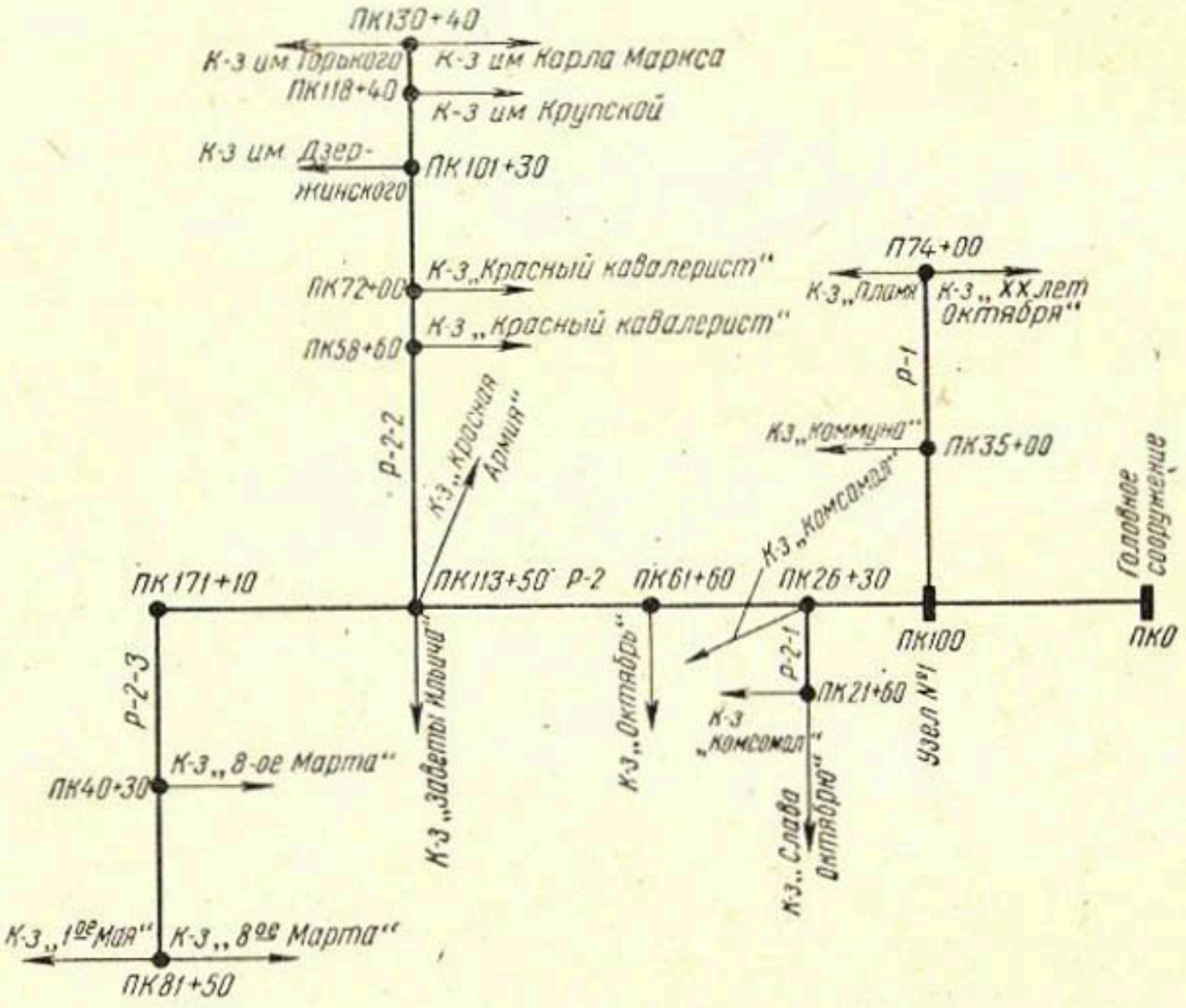


Рис. 4. Линейная схема оросительной системы.

увеличение поливной площади больше, чем на 10—15%, или изменятся условия агротехники и мелиоративного состояния территории, вызывающие необходимость изменения поливного режима, или будут проведены мероприятия по регулированию стока, по повышению к. п. д., то лимиты водоподачи должны быть пересмотрены.

Для составления лимитов подачи воды и плана водораспределения по оросительной системе необходимо иметь следующие данные:

1) поливные площади сельскохозяйственных культур и насаждений, привязанные к отдельным узлам и каналам, и площади, предназначенные для промывки засоленных земель, по каждому хозяйству-водопользователю;

2) данные о водопотреблении сельскохозяйственных культур;

3) расчетный режим источника орошения;

4) коэффициенты полезного действия каналов системы;

5) ирригационную карту или схему системы.

На ирригационной карте (схеме), масштаб которой в зависимости от размеров системы может быть в пределах от 1:10 000 до 1:25 000, наносятся все межхозяйственные каналы и сооружения, пункты выдела воды хозяйствам, гидрометрические посты, границы административных районов, гидротехнических (эксплуатационных) участков системы, колхозов и совхозов, протяженность участков каналов между узлами вододеления, пропускная способность каждого участка канала и гидротехнических сооружений.

Для составления плана водораспределения удобно пользоваться линейной схемой оросительной системы (рис. 4).

§ 25. ПОЛИВНЫЕ ПЛОЩАДИ

При разработке лимитов забора воды и подачи ее хозяйствам площади поливных посевов и насаждений принимаются по перспективным планам хозяйств-водопользователей.

При определении лимитов размер площади поливных посевов и насаждений может быть принят по фактическим данным за прошлый год с некоторым приростом. Размер этого прироста намечается в соответствии с планом ввода в сельскохозяйственный оборот площадей от нового ирригационного строительства по системе и от освоения неиспользуемых переложных земель.

Площади запасных (предпахотных, влагозарядковых, предпосевных) и промывных поливов устанавливаются управлением оросительной системы по опыту прежних лет и по согласованию с органами сельского хозяйства.

Данные о размещении поливных площадей по оросительной системе заносятся в специальную ведомость, пример заполнения которой показан в таблице 11.

Таблица 11

Ведомость размещения поливных площадей на 19...—19... гг.

по . . . . . оросительной системе . . . . . района . . . . . области . . . . . республики . . . . . .

Наименование магистральных каналов	Наименование (номер) гидротехнических участков	Наименование распределительных каналов	Наименование хозяйств-водопользователей	Площадь, подлежащая поливу, в *га*							
				хлопчатник	кукуруза	люцерна	прочие культуры и насаждения	промывки засоленных земель	запасные поливы	всего	
										полив культур	промывных и запасных поливов
Северный	1	Калининский	Колхоз им. Калинина .	550	120	70	50	150	125	790	275
То же	1	Октябрьский	Совхоз № 1	1 300	550	250	100	975	650	2 200	1 625
			Колхоз «Заря»	400	200	100	100	—	100	800	100
			Колхоз «Октябрь»	600	200	—	50	600	—	850	600
			Итого по Октябрьскому распределителю	2 300	950	350	250	1 565	750	3 850	2 325
			Итого по гидротехническому участку № 1	2 850	1 070	420	300	1 725	1 275	4 640	2 600
То же	№ 2	Совхозный	Совхоз № 2	1 600	640	160	100	500	1 100	2 500	1 600
			Колхоз «Пламя»	600	240	—	50	200	400	890	600
			Колхоз «Коммунист» . .	450	180	—	50	150	300	680	450
			Итого по гидротехническому участку № 2 и Совхозному распределителю	2 650	1 060	160	200	860	1 800	4 070	2 650
То же	№ 3			. . .	. . .	. .	. .	. . .	. . .	. .	. . .
» »	№ 4			. . .	. . .	. .	.	. . .	. . .	. . .	. . .
			Итого по Северному магистральному каналу	10 700	4 050	1 100	1 040	4 675	5 675	16 990	10 350

Площади, которые поливают не из оросительной системы, а из обособленных источников орошения (кяризы, артезианские воды, родники и т. п.), в ведомости размещения поливных площадей выделяются отдельно и при определении лимитов не учитываются.

Итоги ведомости подводятся по каждому каналу и по гидротехническим участкам.

§ 26. РАСЧЕТ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЛИМИТОВ ЗАБОРА ВОДЫ И ПОДАЧИ ЕЕ ХОЗЯЙСТВАМ

При разработке лимитов забора воды в систему и подачи ее хозяйствам-водопользователям можно пользоваться осредненными показателями расхода воды на гектар орошаемой площади. Эти осредненные показатели могут быть получены из утвержденного плана водораспределения за последние 1—2 года или из разработанных и утвержденных областными (краевыми) органами водного хозяйства таблиц декадных ординат гидромодуля.

Для упрощения составления этих таблиц орошаемые культуры можно группировать по признакам относительно одинакового потребления воды. В районах орошения технических культур эти группы могут быть следующие: 1) хлопчатник, сахарная свекла, 2) люцерна, 3) кукуруза; в районах орошения зерновых культур: 1) кукуруза, 2) другие зерновые (без риса); 3) прочие культуры; в районах орошения овощных культур: 1) овощные культуры, 2) кукуруза, 3) прочие культуры.

На допосевной период таблицы декадных ординат гидромодуля можно составлять при следующем группировании видов поливов: 1) промывные, 2) запасные (предпахотные, влагозарядковые, предпосевные).

Для различных вариантов процентного состава каждой группы культур вычисляются для каждой декады ординаты гидромодуля:

$$q = 0{,}0116\left(\frac{m_1 p_1}{t_1} + \frac{m_2 p_2}{t_2} + \frac{m_3 p_3}{t_3}\right), \qquad (5)$$

где m_1, m_2, m_3 — средние для данных почвенно-мелиоративных условий нормы полива в декаду для соответствующих групп в $м^3/га$;

p_1, p_2, p_3 — доля каждой группы от общей площади полива (без риса);

t_1, t_2, t_3 — средняя продолжительность полива каждой группы культур в сутках;

q — ордината гидромодуля в *л/сек/га*.

Пример таблицы ординат гидромодуля для хлопковых районов приводится в таблице 12. Для риса составляются отдельные таблицы ординат гидромодуля. Такая же вспомогательная таблица составляется для периода проведения промывных и запасных поливов. Величины процентов в таблицах округляются до 5.

Таблица 12

Ординаты гидромодуля для хлопкового севооборота (почвенно-мелиоративный район Ц-4)

Состав культур в %			Июнь			Июль		
1 группа	2 группа	3 группа	1 декада	2 декада	3 декада	1 декада	2 декада	3 декада
07	30	0	0,446	0,490	0,504	0,601	0,639	0,658
	25	5	0,440	0,477	0,493	0,588	0,627	0,646
	20	10	0,434	0,465	0,482	0,574	0,616	0,634
65	35	0	0,445	0,494	0,509	0,602	0,638	0,655
	30	5	0,439	0,482	0,498	0,689	0,626	0,643
	25	10	0,433	0,469	0,488	0,575	0,615	0,631
60	40	0	0,445	0,498	0,513	0,603	0,636	0,652
	35	5	0,439	0,486	0,501	0,590	0,624	0,640
	30	10	0,433	0,474	0,491	0,576	0,613	0,628
55	5	0	0,444	0,501	0,517	0,605	0,635	0,649
	40	5	0,438	0,489	0,506	0,592	0,623	0,637
	35	10	0,432	0,477	0,495	0,578	0,612	0,625

§ 27. КОЭФФИЦИЕНТЫ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Размеры водопотребления определяют необходимые расходы воды нетто на полях хозяйств-водопользователей.

Для того чтобы установить плановые размеры забора воды из источника орошения и необходимые расходы в головах отдельных каналов оросительной системы — $Q_{\text{брутто}}$, надо учитывать потери воды на фильтрацию из каналов.

Исчисление потерь воды в каналах оросительной системы является очень трудоемким процессом, требующим большого числа подсчетов. Поэтому при составлении планов водораспределения пользуются для нахождения $Q_{\text{б рут}}$ коэффициентами полезного действия каналов и системы каналов.

Коэффициент полезного действия канала или его участка в данный период времени равен частному от деления расхода воды в конце канала (или его участка) на расход в голове этого канала (участка).

Расход в конце канала обозначается $Q_{\text{н}}$*, расход в голове канала — $Q_{\text{бр}} = Q_{\text{н}} + S$, где S — потери воды по каналу.

Коэффициент полезного действия канала

$$\eta = \frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{бр}}} = \frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{н}} + S} = \frac{Q_{\text{бр}} - S}{Q_{\text{бр}}}. \qquad (6)$$

Коэффициент полезного действия оросительной системы в данный отрезок времени представляет собой частное от деления расхода воды, поданной на поля хозяйств-водопользователей, на расход воды, поступающий в голову оросительной системы из источника орошения (за вычетом сбросного расхода в голове системы, если он имеется).

Коэффициент полезного действия системы распределительного канала или системы распределительных каналов, получающих воду из данного узла водораспределения, равен частному от деления расхода воды, поданной на поля хозяйств, получающих воду из этого распределителя (группы распределителей), на расход в голове канала (на узле водораспределения).

Коэффициент полезного действия оросительной системы можно определить также перемножением коэффициентов полезного действия отдельных ее звеньев:

$$\eta_{\text{с}} = \eta_{\text{м}} \eta_{\text{мх.р}} \eta_{\text{х.с}}, \qquad (7)$$

---

* Расход воды нетто $Q_{\text{н}}$ в конце постоянного канала равен сумме расходов брутто временных оросителей, одновременно работающих на площади, обслуживаемой этим каналом.

где $\eta_м$ — к. п. д. магистрального канала;
$\eta_{мх.р}$ — средний взвешенный к. п. д. межхозяйственных распределителей;
$\eta_{х.с}$ — средний взвешенный к. п. д. хозяйственной сети каналов.

На размер потерь оказывают влияние: почвенно-грунтовые условия каналов, глубина стояния грунтовых вод, количество и состав наносов в воде, степень кольматации русла каналов, протяженность каналов, их гидравлические элементы (расход, смоченный периметр, глубина наполнения, скорость воды в канале); техническое состояние канала, сроки и порядок его работы, наличие подпоров, степень оборудованности канала водорегулирующими сооружениями и их исправность и, наконец, наличие противофильтрационных мероприятий по каналу.

Коэффициенты полезного действия отдельных каналов и оросительной системы в целом должны устанавливаться управлением оросительной системы по фактическим данным.

Особенно необходимо знать фактические коэффициенты полезного действия каналов в том случае, когда на отдельных его участках наблюдается поступление возвратных вод и при близком к поверхности земли стоянии грунтовых вод.

При отсутствии или недостаточности данных о фактических размерах потерь воды из каналов и их к. п. д. потери в межхозяйственных каналах подсчитывают по следующей формуле:

$$S = \frac{\sigma Ql}{100}, \tag{8}$$

где S — потери воды в *м³/сек*;
l — длина канала или его участка в *м*;
σ — потери воды на 1 *км* канала в %;
Q — расход воды канала в *м³/сек*.

Значения σ при расчетах плана водораспределения достаточно точно определяются по эмпирической формуле А. Н. Костякова:

$$\sigma = \frac{A}{Q^m}, \tag{9}$$

где A и m зависят от водопроницаемости грунтов (табл. 13).

Таблица 13

Значения A и m в формуле А. Н. Костякова

Коэффициенты и показатели	Степень водопроницаемости грунтов		
	слабая	средняя	сильная
A	0,70	1,90	3,40
m	0,30	0,40	0,50

Категорию водопроницаемости грунтов следует проверять по имеющимся данным о фактических потерях воды.

Коэффициент полезного действия (канала, системы) можно выразить следующим образом:

$$\eta = \frac{Q_{бр} - S}{Q_{бр}} = \frac{Q_{бр} - \frac{\sigma Q_{бр} l}{100}}{Q_{бр}} = 1 - \frac{\sigma l}{100}. \qquad (10)$$

Исчисление потерь по формуле А. Н. Костякова значительно упрощается при пользовании таблицами для определения потерь воды в каналах, составленными С. Л. Миркиным.

Потери в межхозяйственных каналах можно определять также по данным таблицы 14.

Общие размеры потерь получают, умножая величины, взятые из таблицы 14, на длину участка, для которого определяются потери.

При определении к. п. д. межхозяйственных каналов удобно пользоваться также формулой С. А. Гиршкана:

$$\sigma = \frac{6,3}{\sqrt{Q}} k_ф, \qquad (11)$$

где Q — расход канала в *м³/сек;*

$k_ф$ — коэффициент фильтрации грунтов, из которых сложены дно и откосы каналов, в *м/сутки*;

σ — потери на 1 *км* канала в процентах от расхода канала.

Коэффициент фильтрации в формуле (11) принимается по данным исследований, проведенных на системе. Если

Таблица 14

Потери воды в межхозяйственных каналах по формуле А. Н. Костякова в *л/сек* на 1 *км*

Расход канала Q в $м^3/сек$	Водопроницаемость грунтов		
	слабая $S=7Q^{0,7}$	средняя $S=19Q^{0,6}$	сильная $S=34Q^{0,5}$
0,051—0,060	0,9	3,3	8,0
0,061—0,070	1,0	3,7	8,7
0,071—0,080	1,1	4,0	9,3
0,081—0,090	1,2	4,3	9,8
0,091—0,100	1,3	4,6	10,0
0,101—0,120	1,5	5,0	11,0
0,121—0,140	1,7	5,6	12,0
0,141—0,170	1,9	6,2	13,0
0,171—0,200	2,2	6,9	15,0
0,201—0,230	2,4	7,6	16,0
0,231—0,260	2,6	8,2	17,0
0,261—0,300	2,9	8,8	18,0
0,301—0,350	3,2	9,6	19,0
0,351—0,400	3,6	10,0	21,0
0,401—0,450	3,8	11,0	22,0
0,451—0,500	4,2	12,0	23,0
0,501—0,600	4,6	13,0	25,0
0,601—0,700	5,2	15,0	27,0
0,701—0,850	5,8	16,0	30,0
0,851—1,000	6,6	18,0	33,0
1,001—1,250	7,1	20,0	36,0
1,251—1,500	8,7	23,0	40,0
1,501—1,750	9,9	26,0	43,0
1,751—2,000	11,0	28,0	46,0
2,001—2,500	12,0	31,0	51,0
2,501—3,000	14,0	35,0	57,0
3,001—3,500	16,0	39,0	62,0
3,501—4,000	18,0	42,0	66,0
4,001—5,000	20,0	47,0	72,0
5,001—6,000	23,0	53,0	80,0
6,001—7,000	26,0	58,0	87,0
7,001—8,000	29,0	64,0	93,0
8,001—9,000	31,0	69,0	99,0
9,001—10,000	34,0	74,0	105,0
10,001—12,000	37,0	81,0	112,0
12,001—14,000	42,0	89,0	122,0
14,001—17,000	48,0	98,0	134,0
17,001—20,000	54,0	109,0	147,0
20,001—23,000	60,0	120,0	158,0
23,001—26,000	66,0	130,0	168,0
26,001—30,000	72,0	139,0	180,0

эти данные отсутствуют, то С. А. Гиршкан рекомендует принимать следующие значения коэффициента $k_ф$:

очень тяжелые по водопроницаемости грунты (тяжелые глины)	0,01	*м/сутки*
тяжелые по водопроницаемости грунты (глины, тяжелые суглинки)	0,01—0,05	»
средние по водопроницаемости грунты (средние и легкие суглинки, лессы)	0,05—0,4	»
легкие по водопроницаемости грунты (супески, пылеватые пески)	0,4—1,0	»
очень легкие грунты (песчаные, гравелистые)	$>1,0$	»

При наличии подпора со стороны грунтовых вод фильтрация из каналов уменьшается. В этих случаях процент потерь на 1 *км* длины канала С. А. Гиршкан предлагает определять по формуле:

$$\sigma = \frac{6,3}{\sqrt{Q}} k_ф y, \qquad (11')$$

где y — поправочный коэффициент, зависящий от расхода канала и глубины залегания грунтовых вод.

Значения y для наиболее возможных в эксплуатационной практике случаев приведены в таблице 15.

Таблица 15

Значения y в формуле С. А. Гиршкана $\sigma = \frac{6,3}{\sqrt{Q}} k_ф y$

Расход Q в $м^3/сек$	Глубина залегания грунтовых вод в *м*				
	1	3	5	7,5	10
0,3	0,82	—	—	—	—
1,0	0,63	0,78	—	—	—
3,0	0,50	0,63	0,82	—	—
10,0	0,41	0,50	0,65	0,79	0,91
20,0	0,36	0,45	0,57	0,71	0,82
30,0	0,35	0,42	0,54	0,66	0,77

При промежуточных значениях глубины грунтовых вод принимается большее значение поправочного коэффициента y.

Коэффициент полезного действия межхозяйственных каналов и оросительной системы в целом — величина переменная, зависящая от величины расходов воды.

Значения к. п. д. канала или системы в целом при изменении расходов воды исчисляются по формулам С. Р. Оффенгендена:

$$\frac{1-\eta_\alpha}{1-\eta} = \frac{1}{\alpha^m}, \tag{12}$$

$$\eta_\alpha = \frac{\eta + \alpha^m - 1}{\alpha^m}, \tag{13}$$

где η_α — искомый коэффициент полезного действия;

η — к. п. д. канала или оросительной системы при максимальном расходе воды;

α — отношение расхода воды, для которого подсчитывается к. п. д., к максимальному расходу воды в канале или системе;

m — показатель степени в формуле А. Н. Костякова.

Формула действительна при значениях α от 1 до 0,4. При большем уменьшении расхода значение α в формуле следует принимать равным 0,40.

Таблица 16

Величина коэффициента полезного действия канала или оросительной системы при изменении расхода воды в них по формуле:

$$\eta_\alpha = \frac{\eta + \alpha^m - 1}{\alpha^m}$$

α \ η	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40
$m = 0,3$ (грунты слабой проницаемости)						
0,90	0,90	0,79	0,69	0,59	0,48	0,38
0,80	0,89	0,79	0,68	0,57	0,46	0,36
0,70	0,89	0,78	0,67	0,55	0,44	0,33
0,60	0,88	0,77	0,65	0,53	0,42	0,30
0,50	0,88	0,75	0,63	0,51	0,38	0,26
0,40	0,87	0,74	0,61	0,47	0,34	0,21
$m = 0,4$ (грунты средней проницаемости)						
0,90	0,90	0,79	0,69	0,58	0,48	0,38
0,80	0,89	0,78	0,67	0,56	0,45	0,34
0,70	0,89	0,77	0,65	0,54	0,42	0,31
0,60	0,88	0,75	0,63	0,51	0,39	0,26
0,50	0,87	0,74	0,60	0,47	0,34	0,21
0,40	0,86	0,71	0,57	0,42	0,28	0,13

α \ η	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40
$m = 0{,}5$ (грунты сильной проницаемости)						
0,90	0,90	0,79	0,68	0,58	0,47	0,37
0,80	0,89	0,78	0,66	0,55	0,44	0,33
0,70	0,88	0,76	0,64	0,52	0,40	0,28
0,60	0,87	0,74	0,61	0,48	0,35	0,23
0,50	0,86	0,72	0,58	0,43	0,29	0,15
0,40	0,84	0,68	0,53	0,37	0,21	0,05

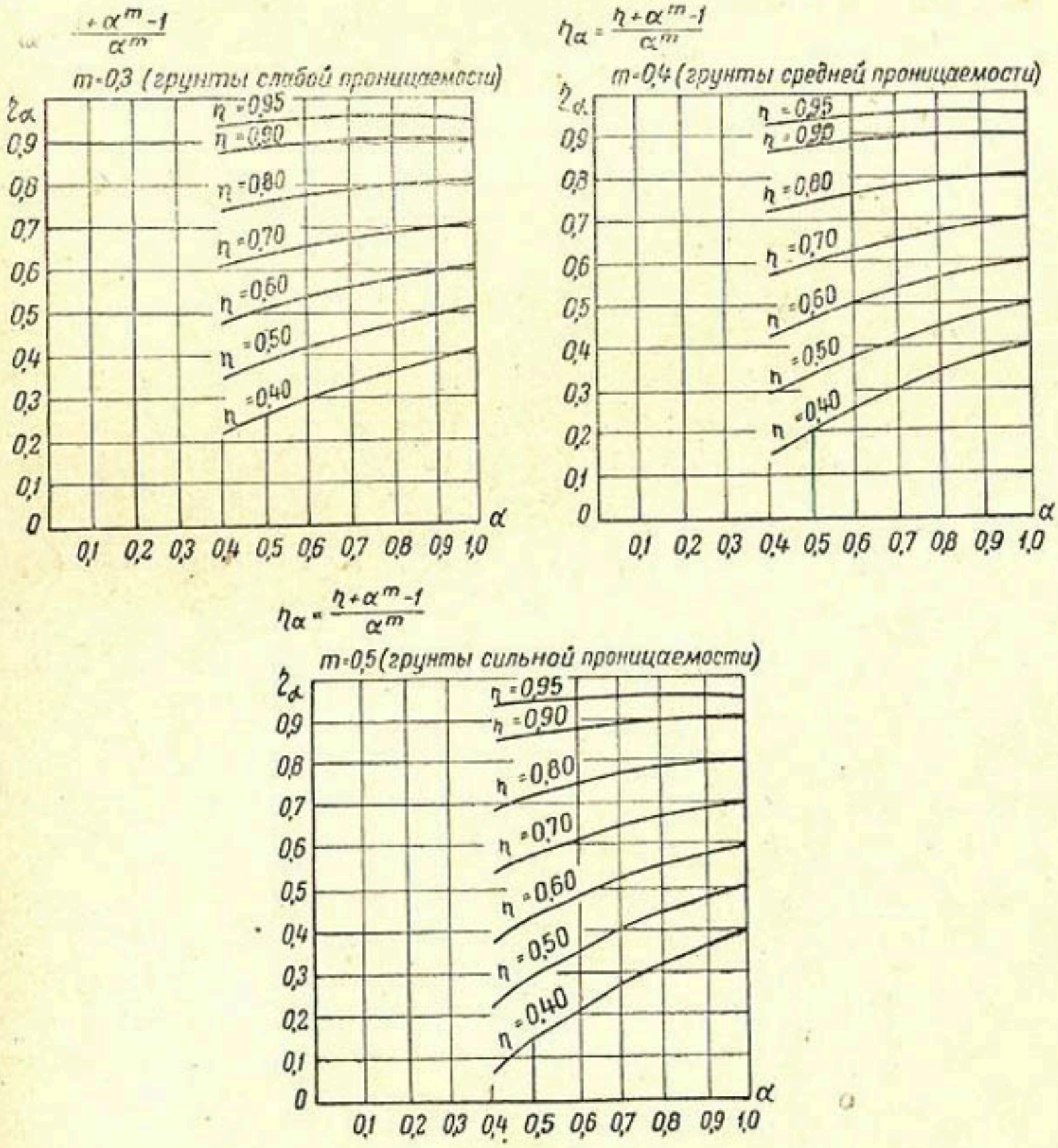


Рис. 5. Кривые зависимости $\eta_\alpha = f(\eta, \alpha)$.

При исчислении потерь по формулам (11) и (11′) значения к. п. д. при изменении расхода воды находятся из таблицы 16 при $m = 0{,}5$. Значения η при промежуточных значениях η и α находятся интерполяцией.

На рисунке 5 показана связь между η_α η и α. Если потери воды определялись по формуле Н. Н. Павловского, в формулах (10) и (11) надо принимать $m = 0{,}71$.

Коэффициент полезного действия оросительной системы определяется последовательным подсчетом потерь из каналов от узла водораспределения низшего порядка к голове системы при наибольшем значении

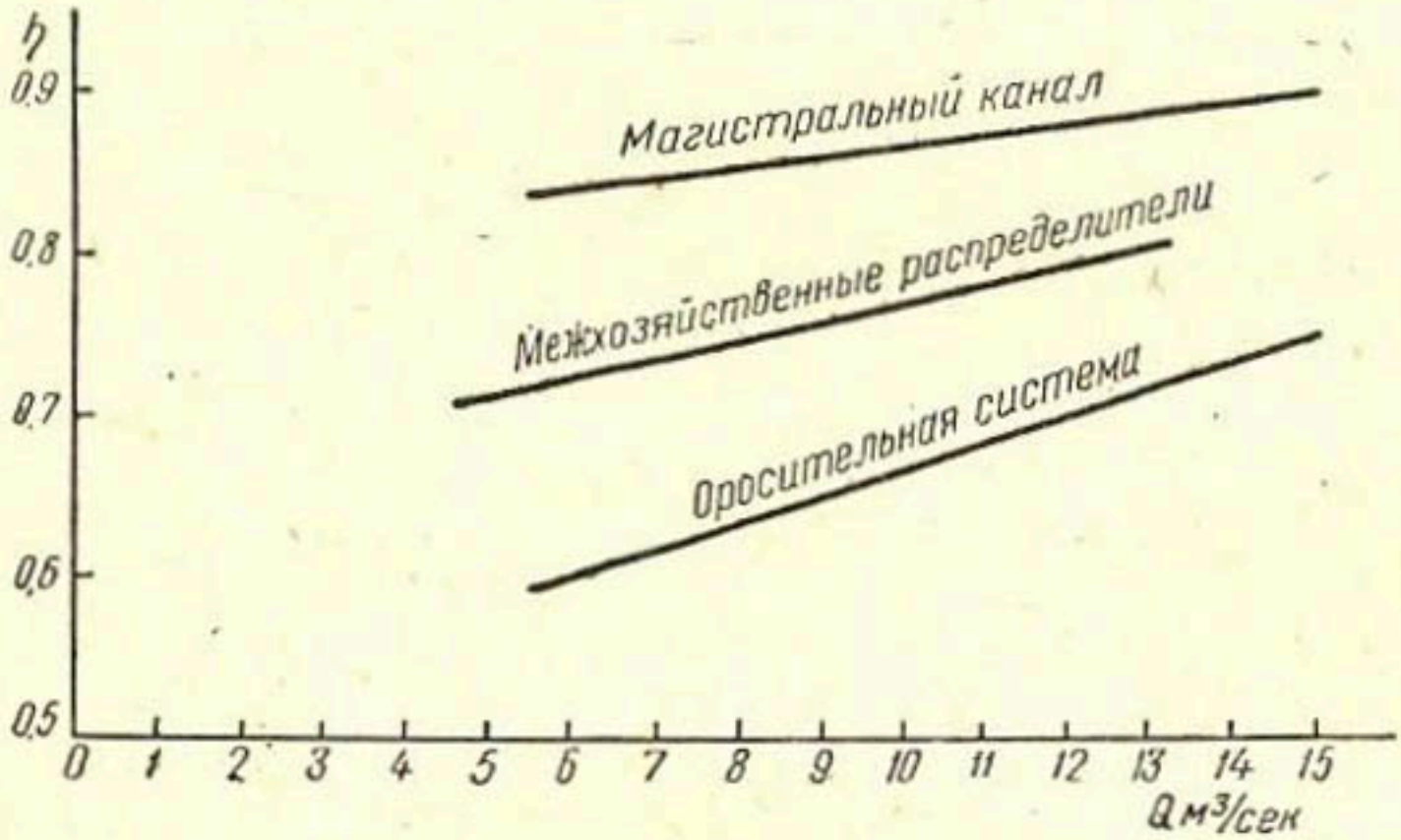


Рис. 6. Кривые зависимости коэффициентов полезного действия от расходов воды.

$Q_{\text{нетто}}$. К. п. д. при других значениях $Q_{\text{нетто}}$ находят, как было указано выше. Если водопроницаемость грунтов по отдельным каналам различная, то η системы в целом можно с достаточной степенью точности определять по формулам (12) или (13) при $m = 0{,}4$.

По полученным значениям к. п. д. строят кривые зависимости к. п. д. от расхода воды в каждом канале или в системе (рис. 6).

§ 28. ВОДООБОРОТ ПО ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ, ЕГО ФОРМЫ И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

Плановое распределение воды по оросительной системе может осуществляться двумя способами. Первый способ заключается в непрерывной подаче по системе

хозяйствам-водопользователям расходов воды в соответствии с потребностью, установленной хозяйственными планами водопользования. При невозможности в отдельные периоды года полностью удовлетворить эту потребность хозяйств в воде осуществляется пропорциональное водораспределение.

Второй способ заключается в установлении очередного пользования водой отдельных узлов, каналов и хозяйств — введении водооборота по системе. Теория водооборота заключается в том, что расход воды, поступающий в оросительную систему, пропускается по меньшему числу каналов. Таким образом, по этим каналам проходит большее количество воды, чем при непрерывном пропорциональном водораспределении. Следовательно [формула (7)], удельные размеры потерь воды на фильтрацию из каналов уменьшаются. Кроме того, при водообороте уменьшается протяженность одновременно работающих каналов, что уменьшает в свою очередь абсолютные размеры фильтрационных потерь [формула (6)].

Формы водооборота по оросительной системе могут быть различными. Водооборот может быть введен только по крупным вододелительным узлам областного значения или между районами. При этом все хозяйства внутри района во время водооборота могут получать воду непрерывно. Возможно введение водооборота только внутри района между группами хозяйств. Водооборот может быть установлен только внутри гидротехнических участков. Известна и самая напряженная форма водооборота, которая вводится между районами и внутри района между хозяйствами (комбинированный водооборот).

Единственно приемлемой формой планового водораспределения является пропорциональное водораспределение. Для того чтобы колхозы и совхозы могли правильно организовать поливы, вовремя удовлетворить потребности орошаемых культур в воде, правильно сочетать поливы с тракторными обработками, вода должна поступать в хозяйства непрерывно в течение всего поливного периода. Однако эта форма водораспределения не всегда возможна.

В те периоды, когда поступление воды в оросительную систему резко уменьшается по сравнению с потребностью, пропуск сильно уменьшенных расходов воды не-

большими долями по всем каналам вызывает значительное увеличение потерь воды на фильтрацию из каналов. В этих случаях приходится вводить водооборот. Особенно нежелателен межрайонный водооборот, при котором значительные площади орошаемых земель некоторый период времени не имеют возможности получить воду. Это же относится и к водообороту между гидротехническими участками. В тех случаях маловодья, когда приходится прибегать к водообороту, надо стремиться к тому, чтобы водооборот устанавливался только в пределах гидротехнического участка.

§ 29. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ВОДООБОРОТЕ

При введении водооборота по каналу (системе каналов) сроки работы отдельных участков канала (отдельных каналов) сокращаются, пропускаемые по ним расходы укрупняются, протяженность одновременно работающих каналов уменьшается. К. п. д. канала при непрерывном водораспределении $\eta = 1 - \frac{\sigma l}{100}$.

При водообороте l уменьшается и $l_в < l$.

Обозначим отношение $\frac{l_в}{l} = \beta$ и к. п. д. канала при водообороте $\eta_в = 1 - \frac{\sigma_в l_в}{100}$, тогда $\frac{1 - \eta_в}{1 - \eta} = \frac{\sigma_в l_в}{\sigma l} = \frac{\sigma_в}{\sigma}\beta$.

Значения σ и $\sigma_в$ можем написать в следующем виде (см. § 27):

$$\sigma = \frac{A}{Q^m} = \frac{A}{q^m \omega^m} \text{ и } \sigma_в = \frac{A}{q_в^m \omega_в^m},$$

где q и $q_в$ — ординаты графика гидромодуля;

ω и $\omega_в$ — поливные площади.

Ордината графика гидромодуля в период, когда уменьшается расход воды, поступающей в систему, может быть представлена в виде $q_в = \alpha q$, где $\alpha < 1$.

Обозначим число очередей при водообороте — число тактов водооборота — $к$. Поскольку при введении водооборота площадь $\omega_в$, поливаемую в данный такт водооборота, обычно стремятся установить

$$\omega_в = \frac{\omega}{к},$$

то

$$\sigma_в = \frac{A\kappa^m}{q^m\,\omega^m}$$

и

$$\frac{\sigma_в}{\sigma} = \frac{Aq^m\,\omega^m\,\kappa^m}{\alpha^m\,q^m\,\omega^m A} = \frac{\kappa^m}{\alpha^m},$$

или

$$\frac{1-\eta_в}{1-\eta} = \frac{\kappa^m}{\alpha^m}\,\beta, \qquad (14)$$

откуда

$$\eta_в = \frac{\eta\,\kappa^m\,\beta + \alpha^m - \kappa^m\,\beta}{\alpha^m}, \qquad (15)$$

где $\eta_в$ — к. п. д. при водообороте;

η — к. п. д. при том же расходе воды без водооборота;

κ — число очередей между каналами (число тактов водооборота);

β — отношение длины межхозяйственных каналов, одновременно работающих при водообороте ко всей длине каналов;

α, m — обозначения из формулы (13).

Формулы (14) и (15) действительны для определения к. п. д. при введении водооборота как по каналу, так и по системе каналов, кроме периодически работающих каналов внутрихозяйственной оросительной сети.

При двухтактном обороте ($\kappa = 2$):

$$\eta_в = \frac{2^m\,\eta\,\beta + \alpha^m - 2^m\,\beta}{\alpha^m}. \qquad (16)$$

При трехтактном водообороте ($\kappa = 3$):

$$\eta_в = \frac{3^m\,\eta\,\beta + \alpha^m - 3^m\,\beta}{\alpha^m}. \qquad (17)$$

Величина β при двухтактном водообороте чаще всего равна 0,60, а при трехтактном — 0,45.

При этих значениях β, в зависимости от водопроницаемости грунтов, значения $\eta_в$ будут следующими:

Двухтактный водооборот:

при $m = 0{,}3$

$$\eta_в = \frac{0{,}74\eta + \alpha^{0,3} - 0{,}74}{\alpha^{0,3}} \qquad (16')$$

при $m=0{,}4$

$$\eta_в = \frac{0{,}79\eta + \alpha^{0,4} - 0{,}79}{\alpha^{0,4}}, \qquad (16'')$$

при $m=0{,}5$

$$\eta_в = \frac{0{,}85\eta + \alpha^{0.4} - 0{,}85}{\alpha^{0,4}}. \qquad (16''')$$

Трехтактный водооборот:

при $m=0{,}3$

$$\eta_в = \frac{0{,}63\eta + \alpha^{0,3} - 0{,}63}{\alpha^{0,3}}, \qquad (17')$$

при $m=0{,}4$

$$\eta_в = \frac{0{,}70\eta + \alpha^{0,4} - 0{,}70}{\alpha^{0,4}}, \qquad (17'')$$

при $m=0{,}5$

$$\eta_в = \frac{0{,}78\eta + \alpha^{0,5} - 0{,}78}{\alpha^{0,5}}. \qquad (17''')$$

Значения $\eta_в$, вычисленные по приведенным выше формулам, указаны в таблице 17.

Таблица 17

Значения $\eta_в$ в зависимости от η, α и m при двухтактном и трехтактном водооборотах

η	Двухтактный водооборот при α					Трехтактный водооборот при α		
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,4	0,5	0,6
$m = 0{,}3$ (грунты слабой проницаемости)								
0,90	0,90	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,93
0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,84	0,84	0,85	0,86
0,70	0,71	0,73	0,74	0,75	0,76	0,75	0,77	0,78
0,60	0,61	0,64	0,66	0,67	0,68	0,67	0,69	0,71
0,50	0,52	0,54	0,58	0,59	0,60	0,59	0,62	0,64
$m = 0{,}4$ (грунты средней проницаемости)								
0,90	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91	0,90	0,91	0,92
0,80	0,77	0,79	0,81	0,82	0,83	0,80	0,82	0,83
0,70	0,65	0,68	0,71	0,73	0,74	0,70	0,72	0,74
0,60	0,54	0,58	0,61	0,64	0,65	0,60	0,63	0,66
0,50	0,42	0,48	0,52	0,54	0,56	0,50	0,54	0,58

Продолжение

η	Двухтактный водооборот при α					Трехтактный водооборот при α		
	0,4	0.5	0.6	0,7	0,8	0.4	0,5	0.6
$m = 0{,}5$ (грунты сильной проницаемости)								
0,90	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90	0,88	0,89	0,90
0,80	0,73	0,76	0,78	0,80	0,81	0,75	0,78	0,80
0,70	0,60	0,64	0,67	0,70	0,72	0,63	0,67	0,70
0,60	0,46	0,52	0,56	0,59	0,62	0,51	0,56	0,60
0,50	0,33	0,40	0,46	0,49	0,52	9,38	0,45	0,50

Если мы знаем значение к. п. д. η_α канала (системы) при уменьшившемся расходе $Q\alpha$ при пропорциональном водораспределении (см. формулу 13 и таблицу 16), то к. п. д. при водообороте удобно находить по формулам:

$$\frac{1-\eta_в}{1-\eta_\alpha} = \kappa^m \beta \tag{18}$$

и

$$\eta_в = 1 + \kappa^m \beta \eta_\alpha - \kappa^m \beta. \tag{19}$$

Формула (16) при $\beta=0{,}60$ (для двухтактного водооборота) и $\beta=0{,}45$ (для трехтактного водооборота) примет следующий вид. Двухтактный водооборот:
при $m=0{,}3$

$$\eta_в = 0{,}74\eta_\alpha + 0{,}26, \tag{20}$$

при $m=0{,}4$

$$\eta_в = 0{,}79\eta_\alpha + 0{,}21, \tag{20'}$$

при $m=0{,}5$

$$\eta_в = 0{,}85\eta_\alpha + 0{,}15. \tag{20''}$$

Трехтактный водооборот:
при $m=0{,}3$

$$\eta_в = 0{,}63\eta_\alpha + 0{,}37, \tag{21}$$

при $m=0{,}4$

$$\eta_в = 0{,}70\eta_\alpha + 0{,}30, \tag{21'}$$

при $m=0{,}5$

$$\eta_в = 0{,}78\eta_\alpha + 0{,}22. \tag{21''}$$

Значения $\eta_в$ в зависимости от η_α приведены в таблице 18.

Если водопроницаемость грунтов по отдельным каналам системы различная, то $\eta_в$ системы в целом можно определять с достаточной степенью точности по формулам 20′ и 21′.

Таблица 18

Значение к. п. д. $\eta_в$ при водообороте в зависимости от η_α

η_α	Двухтактный водооборот			Трехтактный водооборот		
	$m = 0,3$	$m = 0,4$	$m = 0,5$	$m = 0,3$	$m = 0,4$	$m = 0,5$
0,90	0,93	0,92	0,91	0,94	0,93	0,92
0,85	0,89	0,88	0,87	0,91	0,90	0,88
0,80	0,85	0,84	0,83	0,87	0,86	0,84
0,75	0,82	0,80	0,79	0,84	0,82	0,80
0,70	0,78	0,76	0,75	0,81	0,79	0,77
0,65	0,74	0,72	0,70	0,78	0,76	0,73
0,60	0,70	0,68	0,66	0,75	0,72	0,69
0,55	0,67	0,65	0,62	0,72	0,68	0,65
0,50	0,63	0,61	0,58	0,68	0,65	0,61
0,45	0,59	0,57	0,54	0,65	0,62	0,57
0,40	0,56	0,53	0,50	0,62	0,58	0,53

§ 30. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОДООБОРОТА

Анализ данных таблицы 17 показывает, что только при прохождении каналов в грунтах слабой проницаемости можно рассчитывать на сохранение максимальных к. п. д. при введении водооборота.

Если канал проходит в грунтах средней проницаемости, то введение двухтактного водооборота не может сохранить максимальный к. п. д. в том случае, когда расход воды уменьшается больше, чем на 45% ($\alpha < 0,55$). Если же грунты, слагающие дно и откосы канала, сильно проницаемы ($m = 0,5$), то даже введение трехтактного водооборота не обеспечивает сохранение максимального к. п. д. при $\alpha < 0,6$. При двухтактном водообороте указанный эффект может быть достигнут только при $\alpha > 0,7$.

Иные выводы получаем при рассмотрении данных таблицы 18. Если с уменьшением расхода воды в канале (системе каналов) при пропорциональном делении к. п. д. η_α падает, то введение двухтактного водооборота

по каналам, проложенным в грунтах любой проницаемости (от $m=0{,}3$ до $m=0{,}5$), позволяет значительно смягчить это уменьшение к. п. д.; при этом эффективность введения водооборота тем больше, чем ниже величина η_α и чем ниже проницаемость грунтов, в которых проложены каналы.

Введение трехтактного водооборота немного эффективнее, чем двухтактного (на 4—9%). Поэтому существовавшее ранее мнение о том, что можно добиться большей эффективности водооборота, если усложнить его и проводить водооборот с большим числом тактов, — неправильно. При введении трехтактного водооборота еще резче проявляется отрицательное влияние водооборота на режим поливов и организацию труда в хозяйстве, чем при введении двухтактного водооборота с большей продолжительностью такта водооборота. Обычно в эксплуатационной практике при необходимости введения очередности в пользовании водой ограничиваются двухтактным водооборотом, даже если это вызывает некоторое уменьшение поливной нормы. Лучше немного снизить поливную норму, чем ввести чрезмерно жесткий напряженный водооборот.

Эффективность водооборота $Э$ можно выразить следующим образом:

$$Э = \frac{\eta_в - \eta_\alpha}{\eta_\alpha} = \frac{1 - \eta_\alpha}{\eta_\alpha}(1 - \kappa^m \beta)\,100\%. \qquad (22)$$

Значения $Э$ при двухтактном водообороте приведены в таблице 19.

Таблица 19

Эффективность двухтактного водооборота

$Э = \frac{\eta_в - \eta_\alpha}{\eta_\alpha}$ в % от η_α

η_α	$m = 0{,}3$	$m = 0{,}4$	$m = 0{,}5$
0,90	3	2	2
0,80	6	5	4
0,70	11	9	6
0,60	17	14	10
0,50	26	21	15
0,40	39	32	22

При различной проницаемости грунтов по каналам системы эффективность водооборота по системе в целом следует определять при $m=0{,}5$, т. е. с известным запасом.

§ 31. РАСЧЕТНЫЙ РЕЖИМ ИСТОЧНИКА ОРОШЕНИЯ

Для планирования водопользования расчетный режим реки обычно устанавливается по году с обеспеченностью, близкой к 50%, за исключением расчетного режима маловодных рек, питающих несколько крупных оросительных систем. В этих особо ответственных случаях проводятся специальные расчеты режима реки, гарантирующие правильное распределение ее водных ресурсов между отдельными оросительными системами.

Расчетные расходы реки в год 50% обеспеченности устанавливают следующим образом. Расходы реки в каждую декаду планируемого периода года за n лет имеющихся наблюдений по опорному гидрометрическому посту располагают в убывающем порядке от первого до n члена. Затем находят расчетную декаду по формуле:

$$m = 0{,}5n + 0{,}5, \qquad (23)$$

где m — номер расчетной декады 50% обеспеченности. При четном числе n лет наблюдений m получается не целым числом. Тогда его округляют до четного значения (например, при $m = 15{,}5$ принимают 16, при $m = 20{,}5$ принимают 20).

По найденным расчетным декадам составляют таблицы декадных расходов.

Если опорный гидрометрический пост расположен на реке не в створе головы магистрального канала оросительной системы, то расчетные расходы на опорном посту приводятся к расходам в голове канала.

Для этого необходимо иметь кривые зависимости расходов реки от уровней $Q = f(H)$ по обоим постам и кривую связи уровней верхнего и нижнего постов $H_н = f(H_в)$. Эта кривая строится по так называемым соответственным уровням, т. е. по уровням, относящимся к одним и тем же фазам графиков колебания уровней на постах (уровни резко выраженных подъемов воды, самые низкие точки при спаде воды). Соответственные уровни могут относиться к одной и той же дате, либо же

к датам с разницей в несколько дней, в зависимости от срока добегания воды от верхнего поста до нижнего.

Кривую связи уровней строят следующим образом: составляют таблицу соответственных уровней, затем по оси абсцисс откладывают уровни нижнего поста, а на оси ординат — уровни верхнего поста. По нанесенным точкам проводят кривую связи. Чем устойчивее характер русла реки на участке между постами, тем кривая связи их уровней дает более надежный результат.

Кривые связи могут быть построены, если на каждом посту имеются данные наблюдений продолжительностью не менее целого года, влияние притоков или водозабора на режим реки на участке между постами незначительно и отсутствуют подпоры. При большом числе лет наблюдений и при относительно постоянном ежегодном

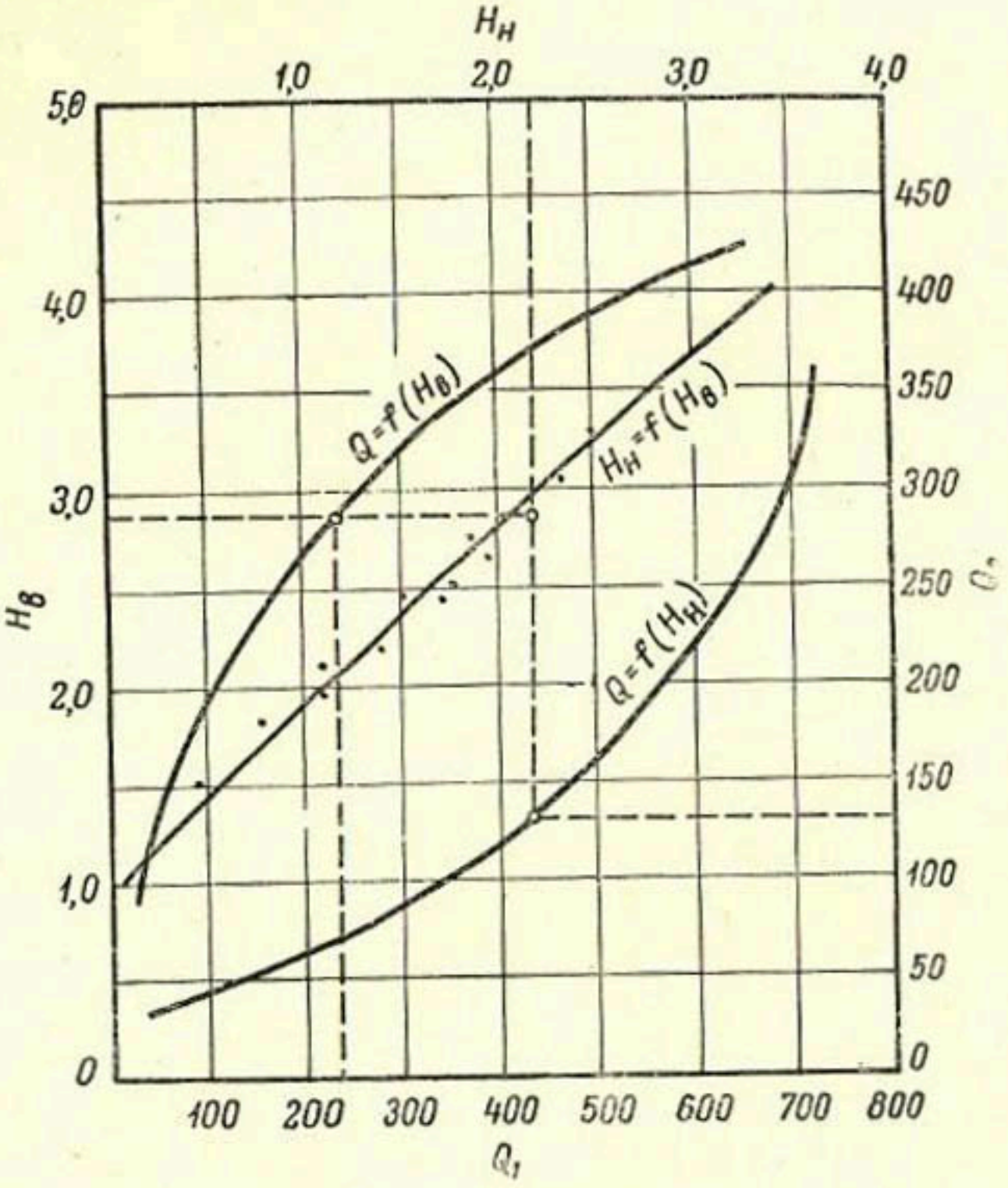


Рис. 7. Приведение расхода воды на опорном гидрометрическом посту к посту у головы оросительной системы.

разборе воды на участке реки между постами кривую связи уровней можно построить и при наличии разбора воды. Кривые связи уровней следует ежегодно проверять и уточнять.

Пример приведения расхода воды на опорном гидрометрическом посту к расходу на посту у головы оросительной системы показан на рисунке 7.

При бесплотинном водозаборе поступление воды во многие оросительные системы зависит не столько от расходов воды в реке, сколько от горизонтов. В этих случаях сначала устанавливают горизонты воды 50%-ной обеспеченности по опорному посту. Затем по кривым связи уровней эти горизонты воды приводят к голове магистрального канала и по кривым зависимости расходов магистрального канала от горизонтов воды в реке определяют расчетные расходы канала.

§ 32. БАЛАНС ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Баланс водораспределения, необходимый для определения лимитов водозабора и подачи воды, составляют в следующем порядке.

По ведомости размещения поливных площадей (табл. 11) и осредненным значениям водопотребления (см. § 26) подсчитывают по каждой декаде планируемого периода водопотребление нетто (расходы нетто на поле), умножая ординаты гидромодуля на площадь. Полученные размеры водопотребления суммируют по каждому каналу и по гидротехническим участкам. К итогам прибавляют расходы воды на хозяйственные, коммунальные и технические нужды. Эти расходы устанавливаются областными управлениями водного хозяйства совместно с заинтересованными организациями. Все подсчеты сводятся в специальную ведомость.

Расходы, которые надо подавать в головы распределительных каналов, забирать в магистральный канал и подавать хозяйствам, определяют по данным ведомости водораспределения и кривой изменения к. п. д. в зависимости от расходов воды. Зная размер водопотребления и соответствующий ему к. п. д., расход брутто находят по формуле:

$$Q_{бр} = \frac{Q_н}{\eta}. \qquad (24)$$

Подсчеты $Q_{бр}$ также сводят в отдельную ведомость подачи расходов воды.

Возможность забора в магистральный канал расчетных расходов обязательно проверяется по данным о пропускной способности канала и головного сооружения.

Установив расчетный размер водозабора в оросительную систему, необходимо увязать его с расходами воды, которые могут быть забраны из источника орошения в год 50% обеспеченности, т. е. *подвести баланс водораспределения.*

Увязка приходной и расходной частей баланса водораспределения — наиболее важная и сложная часть работы по установлению лимитов забора и подачи воды по системе.

Баланс водораспределения подводится по каждой декаде оросительного периода с точностью ±5%.

Баланс водораспределения можно считать увязанным и при большем отклонении, но при обязательном условии, что абсолютная величина недобора в одну декаду полностью компенсируется перебором в другую смежную декаду. При этом абсолютная величина перебора не должна превышать размеров возможного форсированного расхода каналов оросительной системы.

Излишки воды, если нельзя предотвратить забор их в систему, надо направлять в водохранилища, водоемы и озера, если такие имеются в пределах системы, либо в системные сбросы.

Следует всегда помнить, что направлять излишки воды в оросительную систему, особенно при недостаточном развитии системных сбросов, чрезвычайно нежелательно, так как это отрицательно влияет на мелиоративное состояние орошаемых земель.

Чаще приходится увязывать баланс водораспределения в условиях недостатка воды в источнике орошения.

В § 28 указывалось, что к водообороту по межхозяйственным каналам следует прибегать только в крайнем случае, когда другие способы смягчения напряжения водообеспеченности системы не дают необходимого результата.

При недостатке воды в оросительной системе и при наличии на ней водохранилищ в первую очередь следует проверить, возможно ли увеличить в данный период попуски из водохранилища. Однако обязательным ус-

ловием в этом случае должно явиться пополнение в дальнейшем объема водохранилища до планового. К этому способу увязки баланса водораспределения надо относиться всегда очень осторожно, чтобы не допустить преждевременной сработки водохранилища.

Если недостаток воды не может компенсироваться в смежную декаду, нужно уменьшить водопотребление Q нетто.

Водопотребление снижают, умножая Q брутто по итоговым данным ведомости подачи расходов на коэффициент увязки:

$$\Delta = \frac{Q'_{бр}}{Q_{бр}} \cdot \frac{\eta_\alpha}{\eta}, \qquad (25)$$

где η — к. п. д. канала (системы), соответствующий расчетному расходу $Q_{бр}$;

η_α — к. п. д., соответствующий фактическому расходу $Q'_{бр}$.

При $\frac{\eta}{\eta_\alpha}$ меньше 1,05 этим множителем при определении Δ можно пренебречь, тогда

$$\Delta = \frac{Q'_{бр}}{Q_{бр}}. \qquad (25')$$

Коэффициент увязки не должен быть ниже 0,75, т. е. снижение водопотребления не должно превышать 25%.

Если указанным способом не удается свести баланс водораспределения, то приходится прибегать к введению водооборота между хозяйствами.

При установлении лимитов водозабора и подачи воды водооборот не рассчитывается. Эффективность его принимается ориентировочно по данным таблицы 19.

При установлении лимитов предварительно принимается, что хозяйство получает воду в течение декады только 5 суток.

Подведением баланса водораспределения и его увязкой заканчивается составление лимитов водозабора и подачи воды, которые затем утверждаются управлением оросительной системы и сообщаются хозяйствам-водопользователям.

§ 33. СОСТАВЛЕНИЕ ЕЖЕГОДНОГО ПЛАНА ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ. ДИСПЕТЧЕРСКИЙ ГРАФИК ВОДОЗАБОРА И ПОДАЧИ ВОДЫ ХОЗЯЙСТВАМ

Получив от хозяйств-водопользователей составленные ими планы водопользования, управление оросительной системы прежде всего обязано проверить, соответствуют ли площади полива плану посева на поливных землях, не завышено ли водопотребление и не занижены ли коэффициенты полезного действия внутрихозяйственной оросительной сети, нет ли арифметических ошибок в расчетах. При обнаружении ошибок управление оросительной системы извещает управление колхоза или дирекцию совхоза о необходимости внесения исправлений в план водопользования хозяйства.

После проверки и согласования хозяйственных планов водопользования управление оросительной системы обязано внимательно рассмотреть баланс водораспределения и уточнить расходы брутто вододелительных узлов, распределительных каналов, гидротехнических участков и системы в целом. Расходы брутто уточняют, умножая их на коэффициент d, определяемый по формуле:

$$d = \frac{a^2 \eta}{a - \sqrt{a}(1 - \eta)}, \qquad (26)$$

где η — к. п. д., принятый при установлении лимитов;
a — отношение уточненных по данным хозяйственных планов водопользования расходов нетто к расходам нетто, принятым при разработке лимитов водозабора и подачи воды.

Значения коэффициента d приведены в таблице 20.

Таблица 20

η \ a	1,25	1,20	1,15	1,10	1,05—0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
0,80	1,22	1,18	1,14	1,09	1,0	0,91	0,86	0,82	0,77
0,75	1,21	1,17	1,13	1,08	1,0	0,92	0,87	0,83	0,79
0,70	1,20	1,16	1,12	1,08	1,0	0,92	0,88	0,84	0,80
0,65	1,18	1,15	1,11	1,07	1,0	0,93	0,89	0,85	0,82
0,60	1,17	1,14	1,10	1,07	1,0	0,93	0,90	0,86	0,84
0,55	1,15	1,12	1,09	1,06	1,0	0,94	0,91	0,88	0,85
0,50	1,13	1,11	1,08	1,00	1,0	1,0	0,92	0,91	0,89

Возможные отклонения в сторону уменьшения уточненных расходов брутто в голове системы от возможного забора воды балансируются такими же способами, как указано в § 32, т. е. компенсацией недоборов в смежную декаду, уменьшением водопотребления, введением коэффициента увязки Δ (от 0,95 до 0,75), или же, если сокращение водопотребления на 25% не дает результата, введением водооборота (см. § 28).

Расчет двухтактного водооборота внутри гидротехнических участков ведется в такой последовательности.

Определяется возможный суммарный расход, который можно распределить по всем гидротехническим участкам в данную декаду. Этот расход равен величине возможного расчетного поступления в систему $Q'_{бр}$, умноженной на к. п. д. межучастковой сети каналов $\eta_{му}$:

$$\Sigma Q'_{у} = Q'_{бр}\,\eta_{му}.$$

Полученная величина $\Sigma\, Q'_{у}$ разбивается между всеми гидротехническими участками пропорционально их нормальным расчетным расходам $Q_{д}$:

$$Q'_{у} = \frac{Q_{у}\,\Sigma Q'_{у}}{\Sigma Q_{у}}. \qquad (27)$$

Затем по кривой зависимости к. п. д. от расходов воды (рис. 5) или по таблице 12 находится значение η_{α} и определяется к. п. д. участковой сети каналов, которого надо достичь при введении водооборота:

$$\eta'_{в} = \frac{0{,}75Q_{н.у}}{Q'_{н.у}}, \qquad (28)$$

где $Q_{н.у}$ — нормальный расход нетто участковой сети каналов.

По таблице 14 находится возможное значение $\eta_{в}$, а по нему определяется расход $Q'_{н.у} = Q'_{у}\,\eta_{в}$. При незначительных расхождениях между $Q'_{н}$ и $0{,}75Q_{н.у}$ баланс водораспределения считается увязанным.

Продолжительность каждого такта водооборота определяется по следующим формулам.

Для двухтактного водооборота:

первый такт

$$t_1 = \frac{Q'_н \eta_2}{Q'_н \eta_2 + Q''_н \eta_1} t_в, \qquad (29)$$

второй такт

$$t_2 = \frac{Q''_н \eta_1}{Q'_н \eta_2 + Q''_н \eta_1} t_в. \qquad (29')$$

Для трехтактного водооборота:
первый такт

$$t_1 = \frac{Q'_н \eta_2 \eta_3}{Q'_н \eta_2 \eta_3 + Q''_н \eta_1 \eta_3 + Q'''_н \eta_1 \eta_2} t_в, \qquad (30)$$

второй такт

$$t_2 = \frac{Q''_н \eta_2 \eta_3}{Q'_н \eta_2 \eta_3 + Q'_н \eta_1 \eta_3 + Q'''_н \eta_1 \eta_2} t_в, \qquad (30')$$

третий такт

$$t_3 = \frac{Q'''_н \eta_1 \eta_2}{Q'_н \eta_2 \eta_3 + Q''_н \eta_1 \eta_3 + Q'''_н \eta_1 \eta_2} t_в, \qquad (30'')$$

где $t_в$ — период водооборота в сутках, за вычетом времени, необходимого для производства регулировки расхода и добегания воды ($t_в = T_в - \tau$);

$Q'_н, Q''_н, Q'''_н$ — расходы нетто каналов, работающих в каждом из тактов водооборота.

η_1, η_2, η_3 — к. п. д. групп каналов, работающих в каждом из тактов водооборота.

Продолжительность такта водооборота внутри гидротехнического участка округляется до полусуток.

При проектировании водооборота между хозяйствами внутри гидротехнического участка каналы, получающие воду в один такт водооборота, группируются так, чтобы, во-первых, максимальная пропускная способность их позволила принять форсированный расход $Q_{бр} = Q''_{бр} \eta_в$ (обозначения те же, что и выше), во-вторых, чтобы действующая длина каналов была наименьшей. Для этого необходимо компактное расположение действующих каналов. В-третьих, следует добиваться того, чтобы расходы нетто отдельных групп распределителей были по возможности одинаковыми.

Таблица 21

Примерная форма диспетчерского графика распределения воды по оросительной системе на июль — август

Узлы вододеления на магистральном канале	Гидротехнические участки	Распределительные каналы	Хозяйства-водопользователи	Доля воды в % от расхода					
				июль			август		
				1-я декада	2-я декада	3-я декада	1-я декада	2-я декада	3-я декада
Головное сооружение	—	—	—	100	100	100	100	100	100
Узел № 1	№ 1	Калининский	Колхоз им. Калинина . .	28	28	28	56	—	28
		Октябрьский		10	10	10	12	—	10
				78	78	78	80	—	78
			Совхоз № 1	40	40	40	40	—	40
			Колхоз «Заря»	17	17	17	18	—	17
			Колхоз «Октябрь» . . .	21	21	21	21	—	21
		Потери на участке между узлами № 1 и № 2		12	12	12	8	—	12
		Итого по гидроучастку № 1		100	100	100	—	—	100

Узел № 2	№ 2	Совхозный		26	26	26	44	—	26
			Совхоз № 2	54	54	54	56	—	54
			Колхоз «Победа»	16	16	16	18	—	16
			Колхоз «Коммунист» . .	24	24	24	26	—	24
		Потери на участке между узлами № 2 и № 3		6	6	6	—	—	6
		Итого по гидроучастку № 2		100	100	100	—	—	100
Узел № 3	№ 3	Левая ветка		10	10	10	—	30	10
			Совхоз № 3	30	30	30	—	20	30
		Потери на участках между узлами № 3 и № 4		3	3	3	—	3	3
Узел № 4				20	20	20	—	43	20
		Правая ветка		63	63	63	—	63	63
			Колхоз им. Кирова . . .	20	20	20	—	20	20
			Колхоз им. Ленина . . .	20	20	20	—	20	20
			Колхоз «XX лет Октября»	10	10	10	—	10	10
			Колхоз «Коммунист» . .	13	13	13	—	13	13
		Потери на участке между узлами № 4 и № 5		4	4	4	—	4	4
		Итого по гидроучастку № 3		100	100	100	—	100	100
Узел № 5	№ 4	Новый		16	16	16	—	35	16
			Колхоз «Победа»	60	60	60	—	60	60
			Колхоз «Знамя»	40	40	40	—	40	40
		Итого по гидроучастку № 4		100	100	100	—	100	100

Вода между каналами, работающими в данном такте водооборота, и по этим каналам между хозяйствами распределяется пропорционально расходам брутто, которые полагались этим каналам и хозяйствам при нормальном (пропорциональном) водораспределении.

Если введение внутриучасткового водооборота не позволяет свести баланс водораспределения, приходится вводить межучастковый водооборот. Межучастковый водооборот может быть только двухтактным. Порядок его проектирования тот же, что и внутриучасткового.

В критических случаях, при маловодье, принимающем угрожающие размеры и могущем вызвать катастрофическое положение для ведущих культур севооборота, приходится комбинировать обе формы водооборота.

Межучастковый и комбинированный водообороты можно проектировать и вводить только по разрешению республиканских или областных организаций водного хозяйства.

После увязки баланса водораспределения окончательно устанавливаются расходы брутто в голове системы, на отдельных узлах вододеления, в головах распределительных каналов, на границах гидротехнических участков и в головах хозяйственных каналов.

Затем составляется диспетчерский график водозабора, распределения и подачи воды, в котором расходы, поступающие на гидротехнические участки, узлы вододеления, распределительные каналы и в хозяйства, выражены в процентах: для хозяйств и распределительных каналов — от расхода, подающегося на гидротехнические участки, а для узлов вододеления и гидротехнических участков — от головного расхода магистрального канала ($Q_р$ системы). В графике показываются также размеры потерь на узлах.

Примерная форма диспетчерского графика представлена в таблице 21.

Каждому хозяйству-водопользователю управление оросительной системы обязано дать выписки из плана водораспределения с указанием расходов воды, причитающихся им в каждую декаду поливного периода. Такие же выписки получают и гидротехнические участки.

Глава пятая

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ПЛАНА ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

§ 34. ПОДГОТОВКА ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ К ПРОВЕДЕНИЮ ПЛАНА. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ГИДРОМЕТРИИ

Осуществление водораспределения по оросительной системе на основе составленных планов требует прежде всего, чтобы все каналы, гидротехнические сооружения, гидрометрические посты и средства связи на системе находились в полной исправности и работали безотказно.

Перед началом поливного сезона проверяется подготовленность оросительной системы к проведению поливов и исправляются обнаруженные недостатки.

До начала поливов следует провести инструктивные совещания работников эксплуатационной службы, колхозных и совхозных агрономов, гидротехников. На этих совещаниях каждый линейный работник должен получить выписку из плана водораспределения для обслуживаемого им участка. Особое внимание на совещаниях должно быть уделено вопросам водораспределения в критические периоды нехватки воды в оросительной системе.

Учет воды на оросительных системах является основой проведения планового водораспределения. Для учета воды должны быть установлены гидрометрические посты на источниках орошения (опорные посты) в головах магистральных каналов, их ветвей и распределительных каналов, а также в пунктах выдела воды хозяйствам-водопользователям. Кроме этих постов, учитывающих забор, распределение воды по системе и подачу ее хозяйствам, должны быть установлены гидрометрические посты на сбросных каналах и коллекторах для учета сбросных вод. На оросительных системах устанавливаются также балансовые и контрольные посты для определения баланса водных ресурсов.

Порядок установки и оборудования гидрометрических постов, их типы, проведение и обработка гидромет-

рических наблюдений изучаются в специальном курсе «Метеорология, гидрология и гидрометрия».

Постоянные гидрометрические посты являются частью оросительной системы и находятся в ведении эксплуатационной службы. Гидрометрические посты на внутрихозяйственной оросительной сети устраиваются и обслуживаются самими хозяйствами.

На оросительных системах имеются гидрометры, в обязанность которых входит проведение и обработка всех наблюдений, необходимых для оперативной работы.

Гидрометрические работы на оросительных системах выполняются по утвержденному начальником управления системы плану.

Раз в месяц проводится контрольная проверка оборудования гидрометрических постов — нивелировка, измерение расходов на водомерных и тарированных сооружениях.

Наблюдения на всех гидрометрических постах проводятся не менее двух раз в сутки: утром и вечером.

Гидрометрические посты на оросительной системе должны постоянно совершенствоваться и улучшаться. Основное требование, которому должен отвечать усовершенствованный гидрометрический пост, — автоматизация учета расходов и стока воды (см. главу семнадцатую).

Успешное проведение планов водораспределения требует бесперебойной работы средств связи, имеющихся на оросительной системе, телефонных линий, радиосвязи, а также транспортных средств (автомобили, мотоциклы, велосипеды). До начала поливов управление оросительной системы обязано проверить исправность телефонных линий, коммутаторов, аппаратов, приемопередающих радиостанций, а также обеспечить на всех узлах связи постоянные дежурства линейных работников, телефонистов или радиооператоров.

Пуск воды после открытия каналов — весьма ответственный момент. По каждому каналу должен быть установлен предельный горизонт воды, соответствующий максимальному допустимому расходу. Наполнение каналов, а также изменение расходов воды должно проводиться постепенно. Интервалы между отдельными повышениями или уменьшениями расходов не должны

быть меньше двух часов, а изменение расхода должно составлять не свыше 20% для малых каналов и 10% для больших.

При пуске воды в систему в каналы могут поступить мусор и плавающие предметы, которые должны быть удалены.

§ 35. ДИСПЕТЧЕРСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАБОРА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ ПО СИСТЕМЕ. РАБОТА ДИСПЕТЧЕРА

Управление всеми операциями по забору воды в систему, ее распределению между узлами и подаче хозяйствам-водопользователям осуществляется на основе диспетчеризации оросительной системы соответствующим штатом: по водозабору из источника орошения и по распределению воды между гидротехническими участками — дежурным диспетчером управления системы, по распределению воды внутри гидротехнических участков — участковыми гидротехниками. Кроме указанных должностных лиц, никто не имеет права давать распоряжения по водораспределению.

На головном сооружении и на всех узлах вододеления должны быть утвержденные подробные инструкции о порядке регулирования расходов, таблицы или графики по тарировке отверстий сооружений, а также кривые зависимости расходов от горизонтов воды в каналах.

Гидротехник, ведающий головным участком системы, должен также иметь план регулировочных работ по забору воды из источника орошения, тщательно разработанный в увязке с забором воды и прогнозом водоносности источника. В этом плане должны быть точно установлены места сооружения захватных устройств, их типы, конструкции, необходимое количество материалов, рабочей силы и механизмов, порядок организации работ. Все материалы и механизмы должны быть своевременно сосредоточены на головном участке системы. Дежурный диспетчер ежедневно по данным о расходах или горизонтах воды на опорном гидрометрическом посту устанавливает расход воды, который может быть забран в оросительную систему. Если этот расход совпадает с расходом, предусмотренным планом водораспре-

деления, то дежурный диспетчер дает указания линейному персоналу оросительной системы об установлении на узлах вододеления соответствующих плановых расходов. При этом он рассчитывает по компенсации недоборы или переборы, которые были в предыдущую декаду.

Если расходы, которые могут поступить в систему, отличаются от плановых, то дежурный диспетчер пересчитывает баланс водораспределения. При отклонении расходов от плановых в меньшую сторону не более чем на 25% дежурный диспетчер устанавливает расходы по отдельным узлам и гидротехническим участкам в соответствии с процентами водораспределения, исчисленными в диспетчерском плане-графике (§ 33). При больших отклонениях, т. е. при необходимости введения той или иной формы водооборота, дежурный диспетчер производит необходимые расчеты, представляет их на утверждение начальнику управления оросительной системы и после утверждения передает распоряжение линейному штату системы.

§ 36. КОРРЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНОВ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

План водораспределения не является неизменяемым в течение периода, на который он составлен.

Многообразие факторов, влияющих на расчетные элементы плана, расхождение между плановой и фактической площадью полива, отсутствие в момент составления плана точных прогнозов водоносности источника орошения, изменение климатических факторов требуют корректирования плана водораспределения.

План водораспределения корректируется в трех случаях:

1) при изменении намеченных планом размеров площади орошения или состава культур;

2) при устойчивом отклонении (по данным уточненных прогнозов) показателей водоносности источника орошения от плановых размеров;

3) при непредусмотренном планом значительном выпадении осадков, которые влияют на передвижку сроков полива или даже исключают необходимость отдельных плановых поливов.

Уточнение посевных площадей по оросительной системе проводится на основании данных оперативного

учета; оно должно быть закончено для летнего периода не позднее 1 июня, а для зимнего периода — 1 декабря.

Корректирование плана вследствие изменения площадей орошения проводят, согласно указаниям § 34, умножая значения плановых расходов на коэффициент q (табл. 20).

Получив месячные уточненные прогнозы водоносности источника орошения, управление оросительной системы определяет на их основании возможные величины забора воды в систему. Если эти расходы будут отклоняться от плановых больше чем на 10—15% (учитывая точность прогнозов), то необходимо заново увязать баланс водораспределения, пересмотреть намеченные принципы водораспределения и представить измененный план на утверждение той организации, которая утвердила первоначальный план.

Изменение плана водораспределения в случае длительного выпадения осадков, частично заменяющих полив, проводится только по согласованию с совхозами и колхозами.

Получив указание о сокращении площади полива на установленный период, управление оросительной системы определяет новые значения Q нетто, а затем по коэффициенту d (табл. 20) определяет размер уменьшенных значений расходов брутто на узлах вододеления в головах каналов и на колхозных водовыделах. Сверхплановая подача воды в оросительную систему даже при избытке воды в реке, как правило, не допускается.

Однако могут быть случаи, когда из-за местных метеорологических условий (гармсель-суховей, резкое повышение температуры воздуха, необычное для района) по заявке водопользователей управление оросительной системы подает хозяйствам дополнительное сверхплановое количество воды.

Подача воды в этих случаях корректируется дежурным диспетчером в пределах утвержденного плана.

Если в пределах гидротехнического участка дополнительная заявка на воду не превышает 10% планового расхода, намеченного для этого участка, то вода перераспределяется без увеличения отпуска воды участку. При дополнительной заявке участка на воду, превышающей 10% планового расхода, управление оросительной системы перераспределяет воду между участками.

Все изменения утвержденных планов водораспределения доводятся до сведения хозяйств-водопользователей.

§ 37. ОПЕРАТИВНЫЙ УЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ. КОНТРОЛЬ ЗА ХОДОМ ПОЛИВОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДЫ

Дежурный диспетчер управления оросительной системы и начальники гидротехнических участков (участковые гидротехники) обязаны вести точный учет поступления и распределения воды по системе и подачи ее хозяйствам-водопользователям.

Ежедневно утром диспетчер обязан получить от гидротехников головного узла, узлов водораспределения и гидротехнических участков сведения о расходах воды за истекшие сутки по всем пунктам учета воды — гидропостам, головному сооружению, узлам водораспределения, составить по ним баланс распределения воды по системе, выявить причины отступления от установленного накануне распределения воды и все материалы доложить начальнику системы.

Каждую декаду дежурный диспетчер обязан требовать от гидротехнических участков данные о политых площадях в каждом хозяйстве с указанием причин отступления от плана полива.

Участковый гидротехник должен ежедневно утром получать от участкового гидрометра и водных объездчиков сведения о расходах воды за истекшие сутки по хозяйственным водовыделам, составить и анализировать баланс распределения воды по гидротехническому участку.

В управлении оросительной системы и на гидротехнических участках должны вестись специальные журналы водораспределения и учета поливов. На основании записей в этих журналах составляются отчеты о водораспределении и поливах по оросительной системе, а также анализ использования воды.

Контроль за выполнением плана водораспределения и за использованием воды осуществляется управлением оросительной системы. Контроль заключается в сличении количества отпущенной хозяйствам воды с отчетными данными хозяйств о проведении поливов и в перио-

дической проверке на колхозных и совхозных полях соблюдения правильной техники поливов и круглосуточного их проведения.

Работники эксплуатационной службы оросительных систем, в первую очередь участковые гидротехники, участковые гидрометры и водные объездчики, обязаны регулярно бывать в колхозах и совхозах, лично проверять состояние оросительной сети и сооружений, правильность внутрихозяйственного водооборота, отсутствие излишеств в поливных нормах. Во всех случаях неправильного использования воды и нарушения плана водопользования работники управления оросительных систем обязаны предупреждать руководителей хозяйств-водопользователей и совместно принимать меры к исправлению отмеченных недостатков. Злостных нарушителей планового водопользования надо привлекать к ответственности.

§ 38. ОФОРМЛЕНИЕ ПОДАЧИ ВОДЫ ХОЗЯЙСТВАМ

Пунктом выдела воды хозяйству-водопользователю является хозяйственный водомер-водовыпуск. За водомером вода поступает в полное распоряжение хозяйства и распределяется по внутрихозяйственной сети, согласно внутрихозяйственному плану водопользования.

Правильное и точное оформление подачи воды хозяйствам-водопользователям — важное и ответственное дело.

Каждую декаду гидротехник участка должен совместно с колхозным или совхозным гидротехником сличать количество отпущенной воды с плановым. Для упрощения учета оперативный работник гидротехнического участка, которому поручено водораспределение, должен вести полевой журнал и ежедневно отмечать в нем, подтверждая это подписью представителя хозяйства, отпускаемый расход воды.

Каждое хозяйство-водопользователь имеет право всегда проверить правильность подачи ему воды в соответствии с планом водораспределения и потребовать точного исполнения плана, если это позволяет количество воды в источнике орошения и в системе. Хозяйство-водопользователь всегда имеет право потребовать проверки фактически подаваемых ему расходов воды. Водо-

пользователи имеют также право отказаться от причитающегося им по плану всего или части расхода воды. В этом случае они не имеют права требовать восстановления недополученных количеств воды в последующем.

§ 39. ПОКАЗАТЕЛИ И ОТЧЕТНОСТЬ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПЛАНА ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Показателями выполнения плана водораспределения являются выполнение плана водозабора, равномерность планового распределения воды по системе и подачи ее хозяйствам, фактические коэффициенты полезного действия межхозяйственной сети, выполнение плана поливов и коэффициент использования воды. Первые три показателя характеризуют собственно работу оросительной системы, а два последних — эффективность контроля ее за использованием воды в хозяйствах.

Показателем водозабора служит отношение количества воды $V_ф$, поступившей за пятидневку в систему, к количеству $V_{пл}$, которое было предусмотрено за то же время планом. Показатель водозабора необходимо сопоставить с отношением средних за этот период фактических и плановых расходов реки у головы системы — $Q_ф$ и $Q_{пл}$.

Показатель водозабора γ можно выразить следующим образом:

$$\gamma = \frac{V_ф}{V} = \frac{\overline{Q}_ф}{\overline{Q}_{пл}} b, \qquad (31)$$

где b — коэффициент, равный 0,90—0,95.

Равномерность распределения воды по системе и подачи ее хозяйствам характеризуется одинаковыми отношениями фактических и плановых расходов воды по всем пунктам распределения воды и подачи ее хозяйствам:

$$\frac{\overline{Q}'_ф}{\overline{Q}_{пл}} = \frac{\overline{Q}''_ф}{\overline{Q}_{пл}} = \frac{\overline{Q}'''_ф}{\overline{Q}'''_{пл}} = \ldots \frac{\overline{Q}^n_ф}{\overline{Q}^n_{пл}}, \qquad (32)$$

где $\overline{Q}'$, $\overline{Q}''$, $\overline{Q}'''$ — фактические и плановые средние расходы за две смежные декады по каждому пункту вододеления и подачи воды.

Равномерность распределения воды удобнее учитывать по гидротехническим участкам и внутри них по хозяйствам. Фактические коэффициенты полезного действия межхозяйственной оросительной сети определяются:

для межучастковой сети — делением суммарного расхода, поступившего на гидротехнические участки, на расход, поступивший в систему (за вычетом головного сброса воды, если он имеется);

для сети гидротехнического участка — делением суммарного расхода, поданного хозяйствам, на расход, поступивший на участок;

для системы в целом — делением суммарного расхода, поступившего хозяйствам, на головной расход системы (за вычетом сброса).

Выполнение плана поливов выражается процентным отношением фактически политой на данное число площади к площади, которая должна быть полита на ту же дату по плану. Следует учитывать процент выполнения плана за отчетную декаду.

Фактическая и плановая площади полива выражаются в гектаро-поливах, т. е. представляют собой сумму площадей, политых за данный отрезок времени.

Процент выполнения плана полива еще не дает полного представления о степени использования воды, так как не учитывает отклонений фактических забора воды в систему и подачи ее участкам и хозяйствам от плановых. Это учитывается коэффициентом использования воды (к. и. в.). Коэффициент использования воды — это отношение фактически политой площади к площади, которую можно было полить поданной водой. К. и. в. проще всего выразить следующим образом:

$$K = \frac{p_п}{p_в} \cdot \frac{\eta_{пл}}{\eta_ф}, \qquad (33$$

где $p_п$ — процент выполнения плана поливов;

$p_в$ — процент выполнения плана подачи воды (или забора воды в систему);

$\eta_{пл}$ и $\eta_ф$ — плановый и фактический коэффициенты полезного действия.

В хозяйствах, где можно считать $\eta_{пл} = \eta^ф$,

$$K = \frac{p_п}{p_в}. \qquad (33')$$

Коэффициент использования воды не должен снижаться ниже 0,95 и подниматься выше 1,05.

Глава шестая

БОРЬБА С ЗАБОЛАЧИВАНИЕМ И ЗАСОЛЕНИЕМ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

§ 40. ПРИЧИНЫ ЗАБОЛАЧИВАНИЯ И ЗАСОЛЕНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ. БАЛАНС ГРУНТОВЫХ ВОД

Заболачивание и засоление орошаемых земель — бич поливного земледелия.

Мировая история развития орошения знает много примеров того, как плодородные орошаемые земли в ряде областей после более или менее длительного периода освоения заболачивались, засолялись и превращались в бесплодные солончаки.

В орошаемых районах с жарким сухим климатом, где каналы проходят в фильтрующих грунтах и где естественная дренированность территории низкая или вовсе отсутствует (например, приморские дельты, приморские и приозерные низменности, нижние надпойменные и пойменные террасы рек в среднем течении и др.), всегда имеют место подъем грунтовых вод и засоление почвы.

Уровень грунтовых вод подвержен колебаниям под влиянием вертикального передвижения влаги. Режим грунтовых вод зависит от ряда постоянных и переменных факторов. Постоянные факторы — это природные условия (геологические, литологические, геоморфологические, топографические). Они определяют тип и характер залегания грунтовых вод, условия их питания, дренирование орошаемой территории в зависимости от размера оттока грунтовых вод и фильтрационных свойств грунтов.

Переменные факторы — климат, поверхностные воды и искусственные факторы, создаваемые человеком. К климатическим факторам относятся: количество атмосферных осадков и распределение их в течение года, температура воздуха, влажность, транспирация растений и испарение с почвы.

На режим грунтовых вод влияет также колебание уровня рек и водоемов.

Наконец, человек, сооружая плотины, вызывающие подпор грунтовых вод, строя каналы, фильтрационные потери из которых поступают в грунт, проводя поливы и, наоборот, отводя грунтовые воды путем дренажа, в очень значительной степени влияет на динамику уровня грунтовых вод.

Если в результате действия постоянных и переменных факторов происходит коренное нарушение существующего водного баланса орошаемой территории, то грунтовые воды начинают неуклонно повышаться и приближаться к поверхности земли даже в том случае, когда уровень их до орошения находился на глубине 30—40 *м* и больше.

Чем ближе к поверхности уровень грунтовых вод до орошения, чем выше коэффициент фильтрации грунтов и чем хуже использование воды, тем быстрее поднимаются грунтовые воды, тем интенсивнее идет процесс засоления. В среднем можно считать, что на землях нового орошения грунтовые воды поднимаются со скоростью 0,5—1,5 *м* в год, причем в первый год подъем происходит более резко. Только в тех районах, где естественная дренированность грунтов достаточна, чтобы отводить излишнюю воду (фильтрационные потери из каналов и с полей), уровень грунтовых вод после некоторого подъема стабилизируется, и засоление почвы не развивается, так как легкорастворимые соли, имеющиеся в почвогрунтах и в грунтовых водах, выносятся. Так бывает обычно на высоких террасах, подстилаемых песками и галечниками.

Если же естественная дренированность территории не обеспечивает должного оттока грунтовых вод, то грунтовые воды рано или поздно достигают так называемой критической глубины. При капиллярном подъеме с этой глубины грунтовые воды растворяют соли, имеющиеся в грунте, и насыщаются ими. В результате испарения почвенной влаги соли из грунтовых вод перемещаются в корнеобитаемый слой почвы и засоляют его.

По А. Н. Костякову, баланс грунтовых вод на орошаемом массиве можно выразить следующим уравнением:

$$\delta \Delta H = M_{\text{гр}} + P + q - E_0 - O_{\text{т}} - \Delta W_0, \qquad (34)$$

где ΔH — подъем (+) или понижение ($-\Delta H$) уровня грунтовых вод за определенный период времени;

δ — дефицит заполнения грунта водой до полной его влагоемкости, изменяющейся обычно от 0,10—0,15 до 0,35—0,40 (в долях объема); при понижении грунтовых вод $\delta = 0{,}05—0{,}15$;

$M_{бр}$ — оросительная норма брутто за данный период, равная $M + S$, т. е. оросительной норме (или промывной норме, если проводится промывка) на поле плюс потери на фильтрацию из всех каналов оросительной системы;

P — атмосферные осадки и конденсация;

q — приток грунтовых вод извне;

E_0 — разность между величиной испарения влаги почвой и транспирации растений E и поступлением влаги K от грунтовых вод капиллярным путем при их близком залегании;

$O_т$ — отток грунтовых вод за пределы орошаемого массива;

ΔW_0 — разность потенциальной влагоемкости W_0 и начальной влажности толщи грунта до грунтовых вод.

При поверхностном затоплении, т. е. когда приток поверхностных вод V больше стока поверхностных вод V_0, в правую часть уравнения (34) необходимо прибавить $V—V_0$. При недопущении затопления $V—V_0 = 0$.

§ 41. СИСТЕМА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ЗАСОЛЕНИЯ И ЗАБОЛАЧИВАНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Для того чтобы предотвратить засоление и заболачивание орошаемых земель, надо не допускать накопления солей в верхних слоях почвы. Это означает, что в первую очередь необходимо уменьшать приходную часть водного баланса ($M_{бр}$, P, q) и увеличивать расходную его часть (E_0, $O_т$, ΔW_0).

Изменение величины P не зависит от деятельности человека. В отдельных случаях можно уменьшить приток грунтовых вод извне q, перехватывая их тем или иным способом на границах орошаемого массива. Наиболее доступным и действенным способом является

уменьшение $M_{бр}$. Это достигается как сокращением поливных и оросительных норм путем улучшения техники полива, проведения планировки поливных участков, точным и полным осуществлением планового водопользования, так и снижением фильтрационных потерь из каналов, всемерным и непрерывным повышением к. п. д. оросительных систем.

Борьба за экономию воды, уменьшение потерь на фильтрацию в оросительной сети и на полях может иметь существенное значение даже при недостаточной дренированности территории. Иногда этим путем удается замедлить и остановить процесс повышения грунтовых вод.

Советская мелиоративная наука и практика поливного земледелия разработали систему профилактических мероприятий по предупреждению засоления и заболачивания орошаемых земель. В этом деле важнейшее значение имеет правильная эксплуатация оросительных систем.

Основное требование — это не допустить повышения уровня грунтовых вод на орошаемом массиве выше критического. Задача эксплуатационных органов — привести засоленные и заболоченные земли в пригодное для сельскохозяйственного использования состояние и поддерживать хорошее состояние орошаемых земель, осуществляя плановое водопользование.

Система мероприятий по борьбе с засолением и заболачиваем орошаемых земель включает в себя также и агротехнические меры.

Для того чтобы соли не накапливались в корнеобитаемой зоне почвы, надо уменьшить капиллярное поднятие воды в верхние слои почвы и испарение влаги с поверхности почвы. Для снижения испарения влаги проводят послеполивные обработки орошаемых культур.

Выравнивание микрорельефа также входит в систему профилактических мероприятий по борьбе с засолением.

Система профилактических мероприятий по борьбе с засолением и заболачиванием орошаемых земель включает:

1) плановое водопользование, т. е. подачу воды на поля в строгом соответствии с потребностью сельскохозяйственных культур в поливах;

2) быстрое освоение оросительных систем; нельзя допускать освоения вновь орошаемой территории мелкими разрозненными участками, так как это увеличивает потери воды на фильтрацию из каналов;

3) максимально возможное сокращение продолжительности работы оросительных каналов и обязательное закрытие каналов в зимний период; это мероприятие также сокращает потери воды из каналов и уменьшает пополнение грунтовых вод;

4) сокращение густоты оросительных каналов, так как размер потерь воды на фильтрацию из каналов пропорционален длине действующих каналов;

5) поддержание в исправности оросительных каналов и дамб обвалования, недопущение их разрушений и прорывов воды, влекущих затопление орошаемой территории;

6) применение противофильтрационных мероприятий и повышение к. п. д. оросительных систем; это мероприятие может в 1,5—2 раза увеличить время поднятия грунтовых вод;

7) ликвидацию посевов риса, требующих больших оросительных норм, внутри орошаемых хлопковых массивов и перенесение их на периферийные участки орошаемой территории и в пониженные места и поймы рек;

8) применение правильной агротехники и техники полива;

9) избежание подпоров на оросительной сети и переход к механическому подъему воды на повышенные участки;

10) древонасаждения вдоль оросительных каналов.

Один гектар древесных лесонасаждений может транспирировать 10—20 тыс. $м^3$ грунтовых вод. Древесная растительность в течение года может понизить уровень грунтовых вод на 1—2 *м*. Лесонасаждения ослабляют питание грунтовых вод фильтрационными водами из каналов на 10—20%.

Все эти мероприятия являются проверенным эффективным способом предупреждения засоления почв. Даже в тех случаях, когда они не могут остановить повышение уровня грунтовых вод, они позволяют растянуть этот процесс на длительный срок.

Однако нельзя забывать следующее. Там, где естественный дренаж неудовлетворителен, где почвы уже

засолены, грунтовые воды сильно минерализованы, указанная система мероприятий является недостаточной, и устойчивое земледелие на таких территориях возможно лишь при устройстве искусственного дренажа и промывке засоленных почв.

§ 42. ДРЕНАЖ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ

Для того чтобы удалить накопившиеся за поливной сезон в почве соли, опреснить минерализованные грунтовые воды и тем самым добиться получения весной хороших всходов, с давних времен применяют промывные поливы. Однако при отсутствии дренажа промывка, осаждая соли из верхних слоев почвы в подпочвенные, часто вызывает подъем грунтовых вод на соседних территориях и усиливает на них процессы засоления. Кроме того, к осени соли вновь накапливаются в почве, иногда даже в большем количестве, чем до промывки. Возникает необходимость в повторных промывках.

Земледелец старается снизить увеличивающуюся концентрацию солей в почве и вымыть их вглубь, постоянно увеличивая число поливов и поливные нормы в жаркий период. При отсутствии дренажа это ведет к дальнейшему ухудшению мелиоративного состояния орошаемых земель.

Опыт нашей страны и зарубежных стран показывает, что коллекторно-дренажная сеть позволяет в короткий срок надежно рассолить промывными поливами почву, грунт и грунтовые воды, не опасаясь вторичного засоления.

При наличии дренажа соли, вымываемые промывными и вегетационными поливами из верхних слоев почвы, уносятся дренажной водой за пределы орошаемой территории. Развитая коллекторно-дренажная сеть усиливает процесс рассоления почв и способствует прогрессивному улучшению плодородия. Дренаж не исключает агротехнических и эксплуатационных мер борьбы с засолением.

В первый период освоения засоленных земель назначение дренажа заключается в следующем:

1) в устойчивом рассолении всей корнеобитаемой зоны почвы до содержания не более 0,2—0,3% суммы всех солей, в том числе ион-хлора не более 0,01%;

2) в рассолении грунтовых вод до величин не более 1—3 *г/л* и в последующем создании пресного слоя грунтовых вод мощностью 8—10 *м* путем замещения отводимых дренажем соленых вод пресными (поливными и фильтрационными).

Рассоление корнеобитаемой зоны при наличии дренажа может быть обеспечено в 1—2 года. Грунтовые воды рассоляются дольше — в течение 20—25 лет.

Освоение земель при наличии дренажа можно начать при засолении 70—100-сантиметрового слоя почвы в размере 0,4—0,5% и при минерализации верхних слоев грунтовых вод 5—8 *г/л*.

После мелиоративного периода работы дренажа наступает не менее важный, эксплуатационный период. Назначение дренажа в этот период — поддержать проточность грунтовых вод и оптимальную глубину залегания их уровня, а также обеспечить капиллярное питание корнеобитаемой зоны опресненной грунтовой водой.

После завершения процесса опреснения почв и грунтовых вод до 1—3 *г/л* дренаж должен обеспечить залегание опресненных грунтовых вод на глубине 1—2 *м*. Если дренажные системы будут ошлюзованы, то они могут со временем использоваться для подпочвенного орошения.

Магистральный коллектор и коллекторы младшего порядка обычно располагают в понижениях рельефа, куда направлен поток фильтрующейся из оросительных каналов воды. Дрены следует размещать посредине между оросительными каналами. При этом фильтрующаяся из каналов вода будет способствовать вытеснению засоленных грунтовых вод в дренажные каналы. Коллекторы и дрены следует по возможности заглублять в проницаемые грунты.

Открытый горизонтальный дренаж имеет существенные недостатки: высоки эксплуатационные затраты на очистку дренажных каналов; значительная часть территории, занятая каналами, выпадает из сельскохозяйственного использования, затруднена механизированная обработка посевных площадей. Поэтому целесообразнее устраивать закрытый дренаж, особенно в неустойчивых грунтах. Стоимость закрытого дренажа при мелком заложении дрен (до 2 *м*) примерно в 2 раза боль-

ше стоимости открытого дренажа. При глубоком (3 *м*) заложении дрен стоимости закрытого и открытого дренажа примерно равны.

Минимальные уклоны дренажных каналов: открытого — 0,0005, закрытого — 0,001—0,002. Дрены закладывают обычно на глубину 2,5—3,0 *м* от поверхности. Расстояния между дренами зависят от их глубины, водопроницаемости почвы, содержания солей в почве, гидрогеологических условий и необходимой скорости понижения уровня грунтовых вод. С. Ф. Аверьянов и Цюй Син-е рекомендуют при глубине дрен 3 *м* и глубоком залегании водоупора оптимальные расстояния между дренами ориентировочно принимать такими:

Коэффициент фильтрации	Почвы	Расстояния
0,1—0,5 *м/сутки*	Тяжелые . . .	< 300 *м*
1,0—3,0 »	Средние . . .	350—500 *м*
5,0—10,0 »	Легкие	> 500 *м*

При увеличении глубины дрен на 1 *м* междренное расстояние можно увеличить примерно на 50%.

С. Ф. Аверьянов рекомендует на легких и средних грунтах глубину открытого дренажа 3—4 *м* и расстояния между дренами 400—700 *м*. На тяжелых грунтах редкий открытый дренаж не дает должного эффекта, там рекомендуется устраивать закрытый дренаж или сочетать постоянные дрены с временными (на время промывки).

Расстояния между временными дренами — от 20 до 60 *м*, глубина их 0,8—1,2 *м*.

Для засоленных земель при высокоминерализованных грунтовых водах требуется развитая сеть глубокого дренажа с междренными расстояниями 500—600 *м*, а часто и 200—400 *м*, в комбинации с мелким временным дренажем.

При благоприятных гидрогеологических условиях имеется возможность применения вертикального дренажа, т. е. специально оборудованных вертикальных скважин, позволяющих глубоко понижать уровень грунтовых вод и использовать откачиваемые воды для орошения.

Размещение скважин проводится на основании специальных расчетов и определяется временем осушения и фильтрационными свойствами грунта.

§ 43. ПРОМЫВКА ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Дренаж засоленных земель является очень важным условием мелиорации засоленных земель и обеспечения устойчивого поливного земледелия. Но сам по себе дренаж не может рассолить почву, особенно в жарком, сухом климате. Если рассчитывать на рассоление вследствие вегетационных поливов или под влиянием атмосферных осадков, то в лучшем случае процесс рассоления будет продолжаться много десятков, а то и сотен лет, а в неблагоприятных условиях почвы вообще не рассолятся (в некоторых случаях даже больше засолятся). Поэтому комплекс мелиорации засоленных земель включает в себя обязательное проведение промывных поливов, плановое водопользование и хорошую агротехнику. Мелиорацию засоленных земель можно считать завершенной, когда под влиянием комплекса мероприятий грунтовые воды в толще 8—10 *м* верхней части водоносного горизонта будут опреснены.

Строительство дренажа должно сопровождаться разработкой проекта, мелиоративного освоения территории и в первую очередь разработкой режима промывок засоленных земель. Установление нормы промывных поливов — весьма существенный вопрос.

При промывке прежде всего ставится задача опреснить засоленный почвенный слой до необходимого предела и на заданную глубину. Конечно, при этом промывная норма должна быть минимально возможной для того, чтобы, во-первых, экономить воду, не строить оросительные каналы с завышенной пропускной способностью и, во-вторых, чтобы дренаж мог справиться с отводом солевых растворов и грунтовых вод. Промывная норма зависит от многих факторов — от общей степени засоления, состава солей, глубины залегания грунтовых вод, влажности почвы до промывки, механического состава почв, сроков промывки, их длительности и др.

Обычно промывные нормы устанавливают на основе практики. Существует также много расчетных формул, содержащих эмпирические показатели.

При отсутствии дренажа величину промывной нормы можно определить по формуле:

$$M = \Pi - m + (C - W_{п})h \; м^3/га, \qquad (35)$$

где M — промывная норма в $м^3/га$;
$П$ — предельная влагоемкость слоя почвы до уровня грунтовых вод в $м^3/га$;
m — запас влаги в этом слое почвы к началу промывки в $м^3/га$;
C — общая порозность слоя почвы в % его объема;
$W_п$ — предельная влагоемкость почвы вне сферы влияния грунтовых вод (с учетом их капиллярного поднятия) в % объема;
h — уровень грунтовых вод после проведения промывных поливов в *см*.

По А. Н. Костякову, величина промывной нормы, не опасная в отношении подъема грунтовых вод, при отсутствии дренажа, небольшой глубине залегания грунтовых вод и достаточном естественном их оттоке не должна превышать

$$M \leqslant HA\beta + 100\delta h \ м^3/га, \qquad (36)$$

где H — глубина промываемого слоя почвы, равная 1,5—2,0 *м*, а при близких грунтовых водах — их глубине;
A — потенциальная (предельная) влагоемкость почвогрунта в слое H в % объема;
β — недостаток насыщения грунта влагой до потенциальной влагоемкости, зависящий от влажности почвы перед промывкой в % от A;
δ — разница между полной скважностью и потенциальной влагоемкостью грунта (5—15% объема грунта);
h — высота допустимого поднятия грунтовых вод после промывки (h — разница между глубиной грунтовых вод осенью до промывки и весной должна быть не меньше 1,3 *м* на легких почвах и 1,8 *м* — на тяжелых).

А. Н. Костяков дал и другую формулу для определения величины промывной нормы, учитывающую срок T, в течение которого должно произойти понижение уровня грунтовых вод h после промывки:

$$M \leqslant HA\beta + 100 \ T\left(\frac{Q_{ср}}{\omega} + l\right), \qquad (36')$$

где $Q_{ср}$ — средний за время T суточный отток грунтовых вод в $м^3$;

ω — площадь подъема грунтовых вод после промывки;

l — суточный слой испарения грунтовых вод, равный 0,005—0,002 $м$ (2—5 $мм$).

Из формулы (36′) видно, что при наличии дренажа промывные нормы могут быть больше, а следовательно, и процесс рассоления может произойти быстрее.

Эффективность промывки повышается, если ее проводят в 2—3 приема. Это обеспечивает более полное растворение солей и выравнивает их концентрацию в почве. Сначала стремятся полностью насытить водой слой почвы 80—100 $см$ до потенциальной влагоемкости, чтобы растворить все соли. Затем через 4—5 дней дается в 1—2 приема остальное количество воды, что позволяет вымыть растворенные соли в нижние слои почвы.

При отсутствии дренажа общая промывная норма для старопахотных земель обычно равна 1500—6000 $м^3/га$. Нижний предел указанной величины промывной нормы относится к легким почвам при их слабом засолении, а верхний — к сильнозасоленным тяжелым почвам. Для земель нового орошения, чтобы создать возможность освоения засоленных земель, приведенные величины промывных норм приходится увеличивать в $1^1/_2$—2 раза.

В. Р. Волобуев для определения промывной нормы предлагает пользоваться следующей зависимостью:

$$M = 10\,000 \lg \left(\frac{S_1}{S_0}\right)^{\alpha}, \qquad (37)$$

где S_1 — содержание солей в промываемой почве;

S_0 — допустимое содержание солей;

α — коэффициент, принимаемый по данным таблицы 22.

При определении промывных норм по В. Р. Волобуеву можно пользоваться таблицей 23 (при хорошем дренаже и оптимальных сроках промывки).

Промывные поливы лучше всего проводить в осенне-зимний период, когда грунтовые воды залегают наиболее глубоко, а испарение незначительно.

Проводить промывки весной нежелательно, так как при этом происходит подъем грунтовых вод (при от-

Таблица 22

Значения коэффициента α в формуле В. Р. Волобуева

Группа почв по механическому составу	Солевой состав почв			
	хлоридный (хлора—40—60% плотного остатка)	сульфатно-хлоридный (хлора—25—30% плотного остатка)	сульфатно-натриевый (хлора—10—20% плотного остатка)	сульфатно-натриево-кальциевый
Глинистые или суглинистые с пониженной солеотдачей	1,22	1,32	1,42	1,78
Среднесуглинистые или аналогичные им по солеотдаче почвы, слоистые, неоднородного механического состава	0,92	1,02	1,12	1,48
Почвы легкого механического состава	0,62	0,72	0,82	1,18

сутствии дренажа), а высокие температуры вызывают усиленное испарение, что ухудшает условия рассоления.

Начинать промывку необходимо с середины расстояния между дренами, давая более высокие нормы. Постепенно приближаясь к дренам и уменьшая промывную норму, добиваются более быстрого рассоления. Там, где наиболее засолены периферийные части поливных массивов, целесообразно начинать промывку наиболее засоленных участков, затем переходить к промывке средне- и слабозасоленных почв на более высоких частях массива.

Для промывки участок делят на отдельные чеки площадью 0,10—0,50 *га,* ограждая их валиками высотой 30—40 *см* и шириной по низу 60—80 *см.* Чем лучше спланирован поливной участок, тем бóльшие чеки можно промывать и тем лучше, равномернее проводится промывка. Форма чеков должна быть прямоугольной. Лучшим уклоном чека является нулевой, т. е. при планировке под горизонтальную поверхность. При наличии уклона слой воды в нижней части чека будет больше,

Таблица 23

Промывные нормы в зависимости от степени и характера засоленности, а также от механического состава промываемых почв в *м³/га*

Содержание солей S_1 в слое почвы 0—100 *см* в % плотного остатка	Солевой состав промываемых почв			
	хлоридное, $S_0 = 0,2$	сульфатно-хлоридное, $S_0 = 0,3$	сульфатно-натриевое $S_0 = 0,4$	сульфатно-натриево-кальциевое, $S_0 = 1,0$
Среднесуглинистые или аналогичные им по солеотдаче почвы неоднородного, слоистого сложения				
	$\alpha = 0,92$	$\alpha = 1,02$	$\alpha = 1,12$	$\alpha = 1,48$
0,2—0,5	4 000	2 800	1 000	—
0,5—1,0	4 000—6 400	2 800—5 400	1 000—4 200	—
1,0—2,0	6 400—9 300	5 400—8 300	4 200—7 400	4 400
2,0—3,0	9 300—11 000	8 300—10 200	7 400—9 400	4 400—6 900
3,0—4,0	11 000—12 300	10 200—11 500	9 400—10 800	6 900—8 700
Глинистые почвы или суглинистые с пониженной солеотдачей				
	$\alpha = 1,22$	$\alpha = 1,32$	$\alpha = 1,42$	$\alpha = 1,78$
0,2—0,5	4 900	2 900	1 400	—
0,5—1,0	4 900—8 500	2 900—6 900	1 400—5 700	—
1,0—2,0	8 500—12 200	6 900—10 900	5 700—9 900	5 400
2,0—3,0	12 200—14 400	10 900—13 200	9 900—12 200	5 400—8 500
3,0—4,0	14 400—15 900	13 200—14 900	12 200—14 200	8 500—10 800
Почвы легкого механического состава				
	$\alpha = 0,62$	$\alpha = 0,72$	$\alpha = 0,82$	$\alpha = 1,18$
0,2—0,5	2 500	1 600	800	—
0,5—1,0	2 500—4 400	1 600—3 800	800—3 300	—
1,0—2,0	4 400—6 200	3 800—6 000	3 300—5 700	3 500
2,0—3,0	6 200—7 300	6 000—7 200	5 700—7 100	3 500—5 600
3,0—4,0	7 300—8 100	7 200—8 100	7 100—8 200	5 600—7 100

чем в верхней. Эта разница не должна превышать 5—7 *см,* что достигается соответствующим подбором ширины чека. Вода на чек подается из временного оросителя или выводной борозды. Если поверхность почвы не вспахана и на тяжелых почвах размер струи при промывке равен 20—30 *л/сек,* на легких вспаханных почвах он должен быть увеличен до 50 *л/сек*, чтобы затопление чека проходило быстро. Промывка по бороздам имеет малое распространение. Не следует пере-

пускать воду из чека в чек, чтобы не завышать величину промывной нормы.

Практика показывает, что эффективной промывки можно добиться только тогда, когда она будет проведена своевременно, когда поля хорошо спланированы, когда вода затопляет чеки ровным слоем, когда величина промывной нормы достаточна.

Чтобы повысить эффективность промывок при низких коэффициентах фильтрации почв, следует на дренированных массивах проводить до промывки глубокую вспашку, подпочвенное рыхление, кротование.

§ 44. КОНТРОЛЬ ЗА МЕЛИОРАТИВНЫМ СОСТОЯНИЕМ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Контроль за мелиоративным состоянием орошаемых земель — повседневная важная задача органов эксплуатации. Этот контроль заключается в наблюдениях за стоянием грунтовых вод, изменением их режима, в организации гидрометрической службы на коллекторно-дренажной сети для учета сбрасываемых дренажных вод, в анализе солевого режима дренажных вод и почвы.

Только при налаженном контроле за мелиоративным состоянием орошаемых земель можно оценивать работу дренажа, систематически проводить воднобалансовые расчеты, устанавливать проведение тех или иных мероприятий, корректировать нормы вегетационных и промывных поливов.

На оросительных системах должна быть разветвленная сеть скважин (колодцев) для наблюдений за грунтовыми водами. Размещение гидромелиоративных створов на орошаемом массиве зависит от его гидрогеологических условий. Приблизительно расстояние между створами равно 5—6 *км*. Расстояние между наблюдательными скважинами в створе 1,0—1,5 *км*. Скважины должны быть связаны нивелирными ходами.

К гидромелиоративному створу должны быть также привязаны нивелировкой имеющиеся колодцы и организуемые наблюдательные посты в хозяйствах. Створ должен быть связан нивелировкой с источником орошения, а также с пересекаемыми им каналами оросительной и коллекторно-дренажной сети. Все нивелир-

ные ходы по гидромелиоративным створам должны быть привязаны к существующим реперам.

Наблюдения за режимом грунтовых вод должны проводиться раз в декаду, в те же дни, когда проводятся гидрометрические наблюдения на источнике орошения, оросительной и коллекторно-дренажной сетях. Данные наблюдений записывают в специальные полевые журналы и после обработки в управлении оросительной системы наносят на профили. Результаты каждого замера наносят одним цветом. Управление оросительной системы вычисляет также среднемесячные, сезонные, среднегодовые горизонты стояния грунтовых вод.

Три раза в год — весной перед началом вегетационных поливов, летом и после окончания вегетационных поливов перед промывкой проводится химический анализ грунтовых вод по пробам, отбираемым из наблюдательных скважин (отбирается примерно одна проба на каждые 4—5 пунктов наблюдений). Такие же химические анализы воды проводятся по пробам, отбираемым из коллекторно-дренажной сети. Наблюдения за химическим составом грунтовых вод из наблюдательных скважин и дренажных вод проводятся по особым инструкциям под руководством почвенно-мелиоративных лабораторий, которые должны быть организованы в управлении оросительной системы. Эти же лаборатории при участии агрономической службы колхозов и совхозов периодически, не реже 2 раз в год, делают химические анализы образцов почв.

Два раза в год — весной и осенью — управление оросительной системы на основе наблюдений должно составлять карты залегания грунтовых вод в масштабе не мельче 1 : 100 000. На этих картах наносятся гидромелиоративные створы, пункты наблюдений за грунтовыми водами и закрашиваются разным цветом площади с одинаковым стоянием грунтовых вод (меньше 0,5 *м;* от 0,5 до 1; от 1 до 2; от 2 до 4; от 4 до 10 и глубже 10 *м*). Составляются также характеристики минерализации грунтовых и дренажных вод. На те же даты составляется и карта засоления почв с указанием на ней степени засоления.

Наблюдательные скважины до глубины грунтовых вод закрепляются обсадными трубами. Обсадная труба должна возвышаться над поверхностью земли на 0,5—

0,7 *м*. Стенки наблюдательных колодцев также должны крепиться, а колодцы должны быть снабжены крышкой и ограждены земляным валиком от попадания поливной воды. Дно колодцев и скважин должно быть на 0,5 *м* ниже минимального горизонта грунтовых вод. Колодцы и скважины должны периодически очищаться. Уровень грунтовых вод замеряют, опуская в скважину или колодец рейку; отсчет ведут всегда от одной и той же отметки.

Органы эксплуатационной службы, осуществляя контроль за мелиоративным состоянием орошаемых земель, должны обращать внимание на поддержание в порядке коллекторно-дренажной сети. Всегда необходимо помнить, что зарастание, заплывание, заиление коллекторов и дрен, создание подпоров на них нарушает их нормальную работу и может привести к тому, что дренажная сеть будет отрицательно сказываться на мелиорации засоленных и заболоченных земель.

Эксплуатационные органы должны также следить за санитарно-гидротехническим состоянием орошаемых земель, отводом воды из понижений и недопущением их застоя в резервах каналов. Эти меры, во-первых, способствуют снижению уровня грунтовых вод, во-вторых, они необходимы и в противомалярийных целях, так как всякая заболоченность или заросший канал, затопленный резерв могут явиться очагами размножения малярийного комара.

Наряду с гидротехническими методами борьбы с комарами применяют опрыскивание мест их выплода и другие профилактические мероприятия.

Глава седьмая

БОРЬБА С ПОТЕРЯМИ ВОДЫ ИЗ КАНАЛОВ И ВОДОЕМОВ

§ 45. ПОТЕРИ ВОДЫ В ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ И ВОДОЕМАХ

Потери воды в оросительной системе — зло, с которым нужно вести решительную борьбу.

Наибольшие потери воды происходят вследствие фильтрации ее из каналов, когда они проходят в водопроницаемых грунтах. Кроме того, вода из каналов и

водоемов теряется на испарение, просачивается через щиты гидротехнических сооружений вследствие их неисправности или плохой эксплуатации, бесполезно сбрасывается, когда ее приходится пропускать в излишнем количестве по оросительным каналам для создания рабочих горизонтов в них. Наконец, потери воды из оросительной сети в значительной степени зависят от того, как организовано водопользование в хозяйствах и по системе.

Размер потерь воды по многим оросительным системам достигает 50%, т. е. половина всей забранной из источника орошения воды бесполезно теряется.

Это приводит, в том случае, когда воды в источнике орошения достаточно, к необходимости бо́льшего забора воды в оросительную систему, что, в свою очередь, вызывает увеличение размеров каналов и сооружений и увеличение объема очистки каналов от заиления. Если же нет возможности забрать на орошение дополнительное количество воды в систему из-за ее недостатка в источнике, то повышенные потери и низкий к. п. д. оросительной системы приводят к необходимости сокращения оросительных норм, ухудшения обеспеченности посевов и насаждений водой и как следствие — вызывают снижение урожайности.

И в первом и во втором случаях вода, фильтрующаяся в грунт, ухудшает водно-мелиоративный баланс орошаемой территории.

Уменьшение так называемых эксплуатационных потерь воды из каналов достигается организацией планового водораспределения по оросительной системе и планового водопользования в колхозах, оснащением оросительных систем достаточным количеством регулирующих и распределяющих сооружений, сокращением длины оросительных каналов, улучшением агротехники и техники полива, планировки поверхности поливных участков. Основными потерями являются фильтрационные (70—80% общей суммы потерь), поэтому применение антифильтрационных мероприятий — важнейшая задача в деле повышения к. п. д. оросительных систем.

Иногда говорят, что так как часть профильтровавшейся и сброшенной из каналов воды поступает при благоприятных гидрогеологических условиях обратно в реку, то не всегда следует бороться с потерями воды на

фильтрацию. Эта точка зрения верна (в определенных условиях) только для речного бассейна в целом, когда ниже по течению реки имеются пригодные земли, которые можно оросить возвратными водами, и то частично, так как количество возвратных вод меньше, чем объем потерь на фильтрацию. Для условий же конкретной оросительной системы, особенно при низкой водообеспеченности или при неблагоприятных мелиоративных условиях, потери воды на фильтрацию — не только безвозвратные потери, но и причина ухудшения мелиоративного состояния земель.

Потери воды на ирригационных системах распределяются (по Г. О. Хорсту) примерно следующим образом: магистральные каналы и их ветви — около 10%, потери в межхозяйственных распределителях — около 25 и потери во внутрихозяйственной оросительной сети — 65%.

Анализируя работу оросительных систем инженерного типа, С. Л. Миркин считает, что на магистральные каналы падает 27% общего объема фильтрационной воды (в $м^3/га$), на межхозяйственные распределители — 18, на внутрихозяйственную сеть постоянных каналов — 45, на временные оросители — около 10%. Что же касается объема фильтрационной воды, идущей на пополнение грунтовых вод, то, по С. Л. Миркину, он распределяется следующим образом: магистральные каналы — от 34%, межхозяйственные распределители — от 22 и внутрихозяйственная сеть постоянных каналов — 44%.

В периодически действующих каналах, к которым относятся распределительные (участковые) каналы, подающие воду внутри севооборотного массива, потери воды на фильтрацию больше, чем в постоянно действующих каналах (магистральных, межхозяйственных распределителях и внутрихозяйственных каналах, подающих воду к севооборотным массивам). Это объясняется динамичностью потерь во времени. Как установлено С. Р. Оффенгенденом совместно с С. Л. Миркиным в 1939 г., в грунтах средней и выше средней проницаемости в условиях близкого стояния грунтовых вод процент потерь воды на фильтрацию из каналов изменяется по гиперболической кривой, достигая установившихся размеров лишь по истечении 50—60 часов после

пуска воды. Отношение β средней величины процента потерь за время работы периодически действующего канала к установившемуся проценту потерь по наблюдениям составляет:

при t от 0 до 5 *час* $\beta = 7{,}25 - 0{,}514t$; (38)

при t более 5 *час* $\beta = 0{,}9 + 6\frac{\ln t + 1{,}54}{t}$. (38′)

Значения β приведены в таблице 24.

Таблица 24

Период работы, t часов	1	5	10	15	20	30	40
β	6,74	4,68	3,24	2,62	2,28	1,90	1,70

Продолжение

Период работы, t часов	60	80	100	150	200	300	500
β	1,47	1,36	1,28	1,19	1,14	1,09	1,05

На размер потерь из периодически действующей оросительной сети влияют также условия водооборота (см. главу вторую).

С учетом этого влияния ориентировочно было предложено при исчислении потерь в периодически действующих каналах вводить коэффициент δ, величина которого при $t > 10$ часов составляет

$$\delta = 0{,}54 + \frac{21{,}55}{t}. \quad (39)$$

Как уже указывалось, при подпоре со стороны грунтовых вод фильтрация из каналов уменьшается.

Потери воды на испарение из каналов весьма незначительны по сравнению с потерями воды на фильтрацию и составляют, по А. Н. Костякову, лишь

$$E = \frac{1{,}16e(\alpha + 2m)}{(\alpha + m)\,h}, \quad (40)$$

где E — потери на испарение в % расхода канала;
e — слой испарения в *м/сутки;*
$\alpha = \frac{b}{h}$ — отношение ширины к глубине воды в канале;
m — заложение откосов канала.

При $l=20$ *мм* (в очень жаркие дни), размерах канала — $b=10$ *м*, $h=2{,}5$ *м*, $m=1$, $\alpha=4$ и расходе воды в канале 20 $м^3/сек$ слой испарения

$$E = \frac{1{,}16 \cdot 0{,}020 \cdot (4+2)}{(4+1) \cdot 2{,}5} = 0{,}01\%,$$

или 2 *л/сек,* в то время как в грунтах средней проницаемости потери на фильтрацию составляют около 120 *л/сек* только на 1 *км* длины. Поэтому потерями на испарение из каналов можно практически пренебречь.

Испарение с поверхности зеркала водохранилища обычно весьма значительно, его величину можно определить по формулам Б. В. Полякова, В. К. Давыдова, Б. Д. Зайкова, С. Н. Крицкого, М. Ф. Менкеля и К. И. Россинского и др.

Формула Б. В. Полякова:

$$И = 18{,}6\,(1+0{,}2w)\,d^{2/3}, \qquad (41)$$

где И — слой испарения в месяц в *мм*;
w — среднемесячная скорость ветра в *м/сек;*
d — среднемесячный дефицит влажности в *мм.*

Формулы В. К. Давыдова:
для небольших водоемов

$$И = 0{,}55\,(1+0{,}12w)\,d^{0.8}, \qquad (42)$$

где И — суточное испарение в *мм*;
w — среднесуточная скорость ветра в *м/сек;*
d — среднесуточная величина дефицита влажности в *мм;*
для весьма больших водоемов

$$И_б = 0{,}48Д_в\,(1+0{,}125w), \qquad (42')$$

где $Д_в$ — разность между максимальной упругостью пара при температуре воды и его фактической упругостью в воздухе при той же температуре, в *мм*; остальные обозначения те же, что в формуле (42).

Формула Б. Д. Зайкова (для прудов и водохрани-

лищ с площадью зеркала 100 *га* и максимальной глубиной до 6—8 *м*):

$$И = 0{,}2n(e_0 - e_{200})(1 + 0{,}85w_{100}), \qquad (43)$$

где И — месячное испарение в *мм*;
n — число дней в месяце;
e_0 — упругость насыщенного водяного пара в *мм*, рассчитанная по среднемесячной температуре поверхности воды;
e_{200} — среднемесячная влажность воздуха в *мм*;
w_{100} — среднемесячная скорость ветра в *м/сек* на высоте 1 *м* над поверхностью земли.

Для небольших прудов величины, определенные по формуле Б. Д. Зайкова, рекомендуется уменьшать на 30—40%.

Формула С. Н. Крицкого, М. Ф. Менкеля и К. И. Россинского для водохранилищ с площадью зеркала несколько кв. километров:

$$И = 9(e_0 - e_{200})\sqrt{1 + 0{,}15w_{900}}, \qquad (44)$$

где И, e_0, e_{200} — то же, что в формуле (43);
w_{900} — среднемесячная скорость ветра на высоте 9 *м*.

Данные, необходимые для вычисления испарения по формулам (41)—(44), берутся на ближайших метеорологических станциях.

Потери на фильтрацию из водохранилищ зависят от грунтов, слагающих ложе и берега. Для труднопроницаемых грунтов они практически отсутствуют, для грунтов средней проницаемости они составляют от 1 до 3 *мм/сутки*, для легкопроницаемых грунтов они достигают 3—5 *мм/сутки*.

В хороших гидрогеологических условиях потери на фильтрацию составляют 0,5 *м/год* с единицы площади зеркала, в средних — 0,5—1 *м/год* и в плохих — 1—2 *м/год*.

§ 46. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ВОДЫ НА ФИЛЬТРАЦИЮ

Для того чтобы определить, какие меры борьбы с фильтрацией воды из каналов, на каких звеньях оросительной системы, в какой последовательности следует применить, надо точно установить эти потери.

Фильтрационные потери можно определить либо путем организации непосредственных наблюдений на каналах, либо камеральным путем (балансовый метод).

Для определения фильтрационных потерь выбирают участок канала, по возможности тот, на котором не происходит разбора воды. Этот участок должен быть характерен для всего канала как по составу грунтов, так и в гидрогеологическом отношении, а также и с точки зрения состояния русла и дамб, их целости и др.

Обычно такой характерный участок при большой длине канала трудно выбрать, поэтому приходится определять потери на нескольких участках.

Длина участка зависит от расходов канала и от повторности измерений. При тройной повторности измерений, когда удельный размер потерь составляет 4% и более на 1 *км*, достаточно принять длину участка 1—2 *км;* для малых удельных потерь, т. е. для крупных каналов,— около 5 *км* и для больших (с расходом свыше 25 $м^3/сек$) каналов — не менее 10 *км*.

В начале и конце выбранного участка канала разбивают створы. На этих створах вертушкой или водомерами измеряют расходы. Точность определения потерь водосливами и водомерами — 3%, вертушкой — 5%. Время измерения воды на нижнем створе назначается с учетом времени пробега воды от створа к створу. Разница замеренных на участке расходов воды составляет величину потерь на фильтрацию. Если нет возможности выбрать участок канала, на котором нет разбора воды, то во время наблюдений за потерями все отводы должны быть закрыты либо на них должны быть измерены расходы воды. Следует стремиться к тому, чтобы во время измерения потерь в канале был постоянный режим движения воды. По найденной величине потерь находятся удельные величины их на 1 *км*.

Потери на фильтрацию можно определять и по тупым отрезкам канала. Такой заполненный водой до нормального уровня отрезок канала длиной 20—30 *м* ограждают перемычками, вычисляют объем воды в нем, наблюдают за понижением уровня воды и по полученным данным вычисляют потери в единицу времени.

Этот способ дает меньшую точность определения потерь (7%), особенно если в воде имеются взвешенные наносы, которые кольматируют ложе канала и умень-

шают водопроницаемость грунтов. На больших каналах этот способ дорог, так как затраты на устройство перемычек велики. Если ложе канала сложено из водонепроницаемых грунтов, то определение потерь методом тупых отрезков затруднено и может дать искаженные результаты, то же и при высоком стоянии грунтовых вод. При определении фильтрационных потерь в облицованных каналах, где удельный размер потерь очень незначителен, применяются специальные приборы и приспособления.

Техника определения потерь из каналов изучается в курсе «Эксплуатационная гидрометрия».

Непосредственное измерение потерь воды на фильтрацию из каналов любым методом имеет тот основной недостаток, что число измерений обычно ограничено. Поэтому рекомендуется определять потери так называемым балансовым методом по данным эксплуатационной гидрометрии. Данные эксплуатационной службы о поступлении воды в канал и о разборе ее из него за оросительный период позволяют за ряд лет получить много данных, правда менее точных, чем данные непосредственных наблюдений, но зато многочисленных. При использовании данных эксплуатационного учета за 3—4 года можно иметь до 500 значений потерь воды. Поэтому в итоге степень точности балансового метода не уступает точности непосредственных измерений потерь. На периодически действующих каналах, где, кроме фильтрации, происходит в начальный период работы канала еще и впитывание воды в грунт, балансовый метод определения потерь обладает значительными преимуществами.

§ 47. ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Применяемые для борьбы с фильтрацией воды из каналов одежды можно разделить на следующие основные группы:

1) грунтовые;
2) асфальтовые;
3) каменные и кирпичные;
4) бетонные и железобетонные;
5) одежды из синтетических полимерных материалов.

Грунтовые одежды

Уменьшения потерь воды на фильтрацию можно достичь созданием поверхностного или глубинного экрана. Преимущество следует отдать глубинному экрану с защитным слоем из насыпного грунта, так как поверхностный экран подвергается действию переменных климатических факторов, способствующих его разрушению.

Каналы, проходящие в песчаных, гравелистых и галечниковых грунтах, роют бóльших размеров, чем это нужно для пропуска проектного расхода воды, и устраивают затем в русле экран из указанного грунта. Толщина экрана 1 *м*. Грунт укатывают катками. Более тонкие экраны можно устраивать только при наличии хороших плотных глин. Тонкие экраны (от 10 до 50 *см*) необходимо прикрывать защитным слоем из местного грунта.

Для уменьшения водопроницаемости суглинистых и лессовых грунтов применяется их уплотнение на глубину 0,5—1 *м*. Такие экраны в виде уплотненного грунта сокращают фильтрацию в несколько раз.

Грунт канала уплотняется тяжелыми катками или специальными грунтоуплотняющими машинами ударного или ударно-вибрационного действия. Экран, получаемый в результате глубокого уплотнения грунта, с течением времени разуплотняется, и его противофильтрационное качество снижается. Достоинство такого вида противофильтрационной одежды канала — сравнительно невысокая стоимость.

Глубокое уплотнение неприменимо при прохождении канала в галечниковых и песчаных грунтах. При высоком стоянии грунтовых вод нельзя также применять уплотнение и связных грунтов.

Оптимальная влажность уплотненного суглинистого грунта — 20—25%.

Для устройства глубинного (погребенного) экрана используется бентонит — особый вид глин, состоящих из минералов монтмориллонита и беделлита, образующихся при выветривании вулканических туфов и пеплов.

Бентонит поглощает много воды и при этом сильно набухает. Он отличается исключительно низкой водо-

проницаемостью и слабой устойчивостью. Бентонит может поглотить воды в 5 раз больше собственного веса в воде; при этом его объем увеличивается в 12—15 раз. При высыхании происходит сжатие бентонита, что обеспечивает сохранность одежды. Бентониты имеются у нас в Крыму, Грузинской ССР, Азербайджанской ССР и Узбекской ССР.

Для устройства водонепроницаемого экрана слой бентонита толщиной 2,5—5 *см* раскладывается по подготовленной поверхности ложа канала и прикрывается гравелистым грунтом толщиной 15—20 *см*. Другой способ устройства бентонитового экрана заключается в смешивании бентонита с грунтом. Эта смесь готовится на месте.

Слой смеси толщиной 5—8 *см* уплотняется и также прикрывается гравелистым грунтом.

Недостаток бентонитовых экранов — необходимость до настоящего времени применять ручной труд. Механизация устройства таких экранов позволит широко применять их, особенно на периодически действующих каналах, где в условиях переменного увлажнения обычные глиняные экраны растрескиваются и быстро выходят из строя.

При прохождении каналов в песчаных грунтах создание глубинных экранов может быть осуществлено инъекцией в грунт глиняного раствора или тонкого слоя (2 *см*) глиняной или бентонитовой пасты. Эти способы в настоящее время испытываются.

В Германской Демократической Республике рекомендуется для устройства экранов в каналах применять смесь грунта, глины, щебня с водой, растворимым стеклом и содой.

Акад. А. Н. Соколовский предложил для борьбы с фильтрацией применять солонцевание грунтов, внося в них поваренную соль или едкий натрий (3—8 *кг/м*^{2}). Солонцевать можно откосы не круче 1 : 1,25. Ложе канала предварительно очищается от растительности и рыхлится на глубину 8—10 *см*. Солонцевание может быть поверхностным, когда поверхность ложа канала обрабатывается подогретым раствором соли, и скрытым, когда предварительно снимают грунт на глубину 15—20 *см*, производят обработку солью или горячим раствором, а затем вновь засыпают обработанную поверхность.

Солонцевание уменьшает потери на фильтрацию в 2—2,5 раза, но оно недолговечно (через 5—9 лет его приходится повторять). В карбонатных грунтах солонцевание непригодно.

ГрузНИИГиМ разработал метод искусственного оглеения грунтов. Этот способ основан на том, что слой растительных отходов, уложенный на дне и откосах канала, подвергается разложению без доступа воздуха. При этом разрушается структура почвогрунта и уменьшается его водопроницаемость.

Для оглеения грунта размельченная травяная растительность или солома, сено, камыш смешивается с грунтом в объемном соотношении 4 : 1, расстилается слоем 5—7 *см* и прикрывается уплотненным слоем грунта толщиной 10—20 *см*.

В периодически действующих каналах эффективность оглеения резко уменьшается, а при длительном опорожнении каналов оглеение прекращает свое действие.

Одним из простейших мероприятий по борьбе с фильтрацией является кольматация ложа канала взвешенными наносами. Естественный процесс кольматации происходит почти на всех оросительных каналах. Чем больше наносов в воде, чем они мельче, чем меньше скорость воды в канале, тем скорее проходит процесс кольматации. Кольматация ложа канала может сократить фильтрационные потери в 1,5—2 раза.

Искусственная кольматация канала заключается в осаждении в нем искусственно взмучиваемых глинистых частиц. Осаждающиеся частицы диаметром менее 0,1—0,05 *мм* проникают в поры грунта и закупоривают их. Кольматация должна проводиться при скорости 0,1—0,2 *м/сек*, для чего на канале устраивают искусственные подпоры.

Искусственная кольматация применяется преимущественно в галечниково-гравелистых и крупнопесчаных грунтах или при трещиноватых скальных породах.

Количество глины, необходимой для кольматации 1 $м^2$ русла, можно определить по формуле:

$$W = 18D, \tag{45}$$

где W — вес глины в *кг*;

D — диаметр зерен песка русла в *мм*.

Для кольматации русла, сложенного из пылеватых песков с зернами диаметром 0,1 *мм*, потребуется $18 \times 0{,}1 = 1{,}8$ *кг* глины, а сложенного из крупного песка с частицами 0,5 *мм* соответственно 9 *кг*.

При отсутствии глины на месте и чистой воде в системе кольматация невыгодна. Кольматация дает эффект в течение 5 лет.

Если для кольматации применять бентонит, то на 1 $м^2$ кольматируемой поверхности требуется 0,2—0,4 *кг* бентонита.

Асфальтовые одежды

Асфальтобетон представляет собой смесь асфальтового цемента с заполнителями. В его состав входит 10% битума, 5% мела, 5% каменноугольного песка и 80% гравия или щебня с песком. Диаметр щебня — не более 25 *мм*. Смесь, нагретую до 160—200°, укладывают на очищенную от растительности поверхность дна и откосов канала и уплотняют катками или трамбующими машинами. Применяется также пластический (литой) асфальтобетон. Толщина асфальтобетонной облицовки 3—8 *см*.

Целесообразно устраивать погребенные экраны из битума, распыленного на месте, или из заготовок в виде отдельных листов или рулонного материала. Толщина экрана 6—8 *мм*. Поверх экрана устраивается защитный слой из грунта толщиной 0,3—0,5 *м*. Поверхность, на которую укладывается асфальтобетон или битумный экран, стерилизуется гербицидами, чтобы не допускать развития растительности, пробивающей и разрушающей облицовку.

Устройство асфальтовых облицовок легко механизировать. Асфальтовые облицовки снижают фильтрационные потери воды на 90—95%.

Каменные и кирпичные одежды

Каменные одежды каналов в горных и предгорных районах применяются с древнейших времен. Мощение каналов распространено в Киргизской ССР, где имеется более 700 *км* отмощенных булыжником каналов. Мощение каналов позволило предотвратить размыв каналов и одновременно сократило фильтрационные

потери в 5—7 раз. Представляет интерес устройство в сочетании с мощением каналов так называемого сетчатого экрана. Для устройства экрана замощенная поверхность тщательно расклинивается, на нее насыпается слоем 5—10 *см* смесь мелкого гравия с суглинком; затем небольшими расходами воды, пропускаемыми по каналу, эта смесь вмывается между булыжниками.

Мощение каналов могло бы стать одним из дешевых и эффективных способов борьбы с фильтрацией, но так как очень трудно механизировать работы по отмостке, то применение ее сильно ограничивается.

Кирпичные одежды каналов, довольно широко распространенные в Индии и Пакистане, в СССР не применяются.

Бетонные и железобетонные одежды

Устройство бетонных и железобетонных одежд каналов хотя и является в настоящее время наиболее дорогим способом борьбы с фильтрацией, но зато и самым прочным, долговечным и надежным. У бетонной одежды имеется еще одно преимущество перед другими видами одежд — она одновременно предотвращает размывы каналов, их заиление и зарастание. Бетонные одежды бывают: из монолитного бетона и железобетона; из сборных плит, армированных или без арматуры; бетонных и железобетонных лотков циркульного, параболического, прямоугольного или трапецеидального сечения на опорах или укладываемых на поверхности земли и в земляных руслах; железобетонных или бетонных труб. В Италии применяют прочные маты из предварительно напряженного железобетона длиной 30 *м*, шириной 0,5—1,5 *м* и толщиной 3—3,5 *см*.

В просадочных грунтах бетонную одежду каналов устраивать нельзя, так как монолитный бетон при просадке русла канала даст трещины, а облицовка из сборных плит также будет расстроена и придется плиты перекладывать. Поэтому надо сначала вызвать просадочные явления, предварительно замочив канал, или, до того как закончится процесс просадки, временно применить другие, более дешевые меры борьбы с потерями воды.

Облицовка каналов сборными плитами проводится в настоящее время главным образом на небольших кана-

лах. Крупные каналы облицовывают преимущественно монолитным бетоном. Это объясняется тем, что монолитная облицовка требует устройства меньшего количества швов и стоит дешевле сборной.

В СССР основным показателем экономической эффективности является не только размер первоначальных капиталовложений, но и высокий уровень механизации и индустриализации строительства. Поэтому будущее принадлежит применению сборных конструкций облицовки, позволяющей применить комплексную механизацию строительства. При сборной облицовке плиты должны изготовляться централизованно на специальных заводах или полигонах.

Толщина монолитной бетонной облицовки обычно 10—12 *см,* железобетонной — 7—10 *см,* плит — 7—10 *см,* предварительно напряженных плит — 5—6 *см.* Водонепроницаемость облицовки из сборных плит зависит в первую очередь от качества швов. Швы заполняются битумными мастиками, резиновыми прокладками-шпонками, пластмассовыми шпонками из поливинилхлорида, просмоленным канатом.

При устройстве облицовки из сборных плит необходимо обеспечить тщательную подготовку дна и откосов канала, чтобы плиты плотно прилегали к грунту.

В сильнофильтрующих и суффозно-неустойчивых грунтах применяется многослойная (2—3 слоя) облицовка — между слоями бетона или железобетона помещается гидроизоляционный материал. При наличии сильнотрещиноватой скалы под облицовкой устраивается подготовка из гравелисто-песчаной смеси или тощего бетона.

Наиболее пригодными конструкциями бетонной одежды межхозяйственных (с расходом до 5 $м^3/сек$) и внутрихозяйственных распределительных каналов являются железобетонные лотки-каналы. Наиболее целесообразно устраивать их на опорах. Это значительно облегчает их эксплуатацию (рис. 8).

Одежды из синтетических полимерных материалов

За последние годы за рубежом получили большое развитие одежды каналов из синтетических полимерных материалов. Осуществляемая в СССР программа раз-

вития химической промышленности позволит в ближайшие годы широко использовать в качестве антифильтрационных мероприятий одежды каналов из пластических материалов.

В настоящее время проводятся опытные исследования по устройству противофильтрационных погребенных экранов из полиэтилена, полихлорвинила, полиамидной пленки, бризола и др. Потери на фильтрацию в каналах с таким экраном практически отсутствуют. Стоимость таких экранов сейчас уже дешевле, чем бетонная

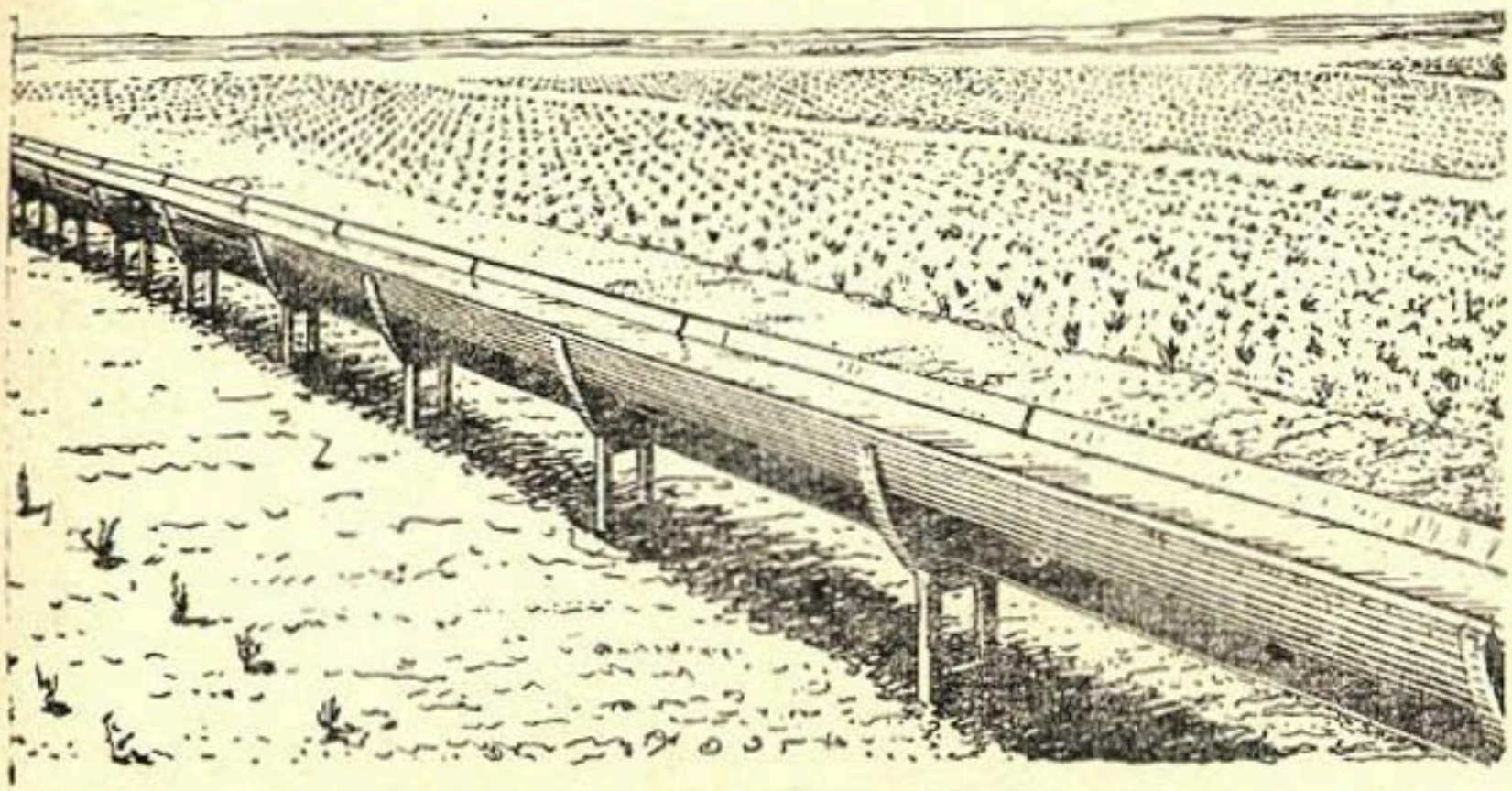


Рис. 8. Параболический лоток на опорах.

облицовка, а при массовом выпуске будет в несколько раз ниже, чем сейчас.

Для борьбы с потерями на фильтрацию из водоемов применяются асфальтовые и бетонные одежды, экраны из глины и суглинка, грунтосмеси (с цементом, известью, песком); экраны из полиэтилена и др.

Для уменьшения водопроницаемости поверхностного слоя грунта применяются мероприятия, снижающие его активную порозность — уплотнение, оглеение, кольматация, рыхление, битумизация, нефтевание, солонцевание.

Для борьбы с испарением из водоемов проводят следующие мероприятия: создают лесные полосы по периметру водоемов, обваловывают мелководья, окашивают и сжигают растительность в мелководных водоемах. За рубежом (Австралия, США) в последние годы применя-

ют химические меры борьбы с испарением, покрывая водное зеркало тончайшими пленками гексадеканола и других пластических материалов. Однако этот способ широкого применения еще не имеет, в СССР он находится в стадии изучения.

§ 48. ВЫБОР СПОСОБА БОРЬБЫ С ФИЛЬТРАЦИЕЙ ИЗ КАНАЛОВ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Цель противофильтрационных мероприятий — повысить к. п. д. оросительной системы. Рассмотрим два возможных случая расчета потерь воды в системе после проведения противофильтрационных мероприятий.

1. В результате проведения противофильтрационных мероприятий по системе проектируется уменьшить потери S, сохранить водопотребление нетто ($Q_н = \text{const}$) и уменьшить забор воды в систему $Q_{бр}$.

Имеем

$$\eta = \frac{Q_н}{Q_н + S} \text{ и } S = \frac{Q_н (1 - \eta)}{\eta}.$$

При уменьшении потерь до величины $S_0 = \alpha S$, где $\alpha < 1$:

$$\eta_0 = \frac{Q_н}{Q_н + \alpha S} \text{ или } S_0 = \alpha S = \frac{Q_н (1 - \eta_0)}{\eta_0},$$

тогда

$$\frac{S_0}{S} = \alpha = \frac{\eta (1 - \eta_0)}{\eta_0 (1 - \eta)}, \tag{46}$$

а уменьшение потерь в % от S

$$\Delta_1 = \frac{S - S_0}{S} \cdot 100 = \frac{\eta_0 - \eta}{\eta_0 (1 - \eta)} \cdot 100. \tag{47}$$

2. В результате проведения противофильтрационных мероприятий по системе проектируется уменьшить потери S до величины $S_0 = \alpha S$, сохранить забор воды в систему ($Q_{бр} = \text{const}$) и увеличить водопотребление нетто $Q_н$ до величины $Q'_н > Q_н$.

В этом случае имеем

$$\eta = \frac{Q_{бр} - S}{Q_{бр}} \text{ и } S = Q_{бр} (1 - \eta).$$

При уменьшении потерь до $S_0 = \alpha_1 S$

$$\eta_0 = \frac{Q_{бр} - S_0}{Q_{бр}} \text{ и } S_0 = Q_{бр}(1 - \eta_0),$$

тогда

$$\frac{S_0}{S} = \alpha_1 = \frac{1 - \eta_0}{1 - \eta}, \qquad (48)$$

а уменьшение потерь в % от S

$$\Delta_1 = \frac{S - S_0}{S} \cdot 100 = \frac{\eta_0 - \eta}{1 - \eta} \cdot 100. \qquad (49)$$

В эксплуатационной практике большей частью приходится встречаться со вторым случаем, когда забор воды в систему не уменьшается, а сбереженная вода идет на полив дополнительной площади или на улучшение водообеспеченности существующих площадей.

При проектировании новых оросительных систем, когда задана площадь орошения и поливной режим, имеет место первый вариант расчетов (формулы 46 и 47).

В эксплуатационной практике может встретиться необходимость решения другой задачи, когда требуется определить, во сколько раз увеличится коэффициент полезного действия канала в результате применения того или иного способа борьбы с фильтрацией.

Если мы знаем величину Δ_1, то увеличение к. п. д. определится из формулы (49):

$$n = \frac{\eta_0}{\eta} = \frac{\Delta_1 + \eta(100 - \Delta_1)}{100\,\eta}. \qquad (50)$$

Коэффициент полезного действия η оросительной системы равен, как известно, произведению коэффициентов полезного действия отдельных звеньев системы. Понятно, что применить противофильтрационные мероприятия надо в первую очередь на том звене оросительной системы, где потери наиболее высоки, и там, где борьба с фильтрацией будет стоить дешевле.

Рассмотрим этот вопрос на примере. Пусть к. п. д. системы $\eta = 0{,}50$. Поставлена задача поднять его до величины $\eta = 0{,}75$, для чего необходимо провести противофильтрационные мероприятия.

Коэффициент полезного действия магистрального канала $\eta_м = 0{,}95$; межхозяйственной сети $\eta_{мх} = 0{,}73$; внутрихозяйственной сети $\eta_{вх} = 0{,}80$ и временной сети $\eta_{в.о} = 0{,}90$. Таким образом,

$$\eta = 0{,}95 \cdot 0{,}73 \cdot 0{,}80 \cdot 0{,}90 = 0{,}50.$$

Для того чтобы увеличить к. п. д. системы в $\frac{0{,}75}{0{,}50} = 1{,}5$ раза, необходимо, чтобы по системе в целом

$$\alpha_1 = \frac{S_0}{S} = \frac{1 - 0{,}75}{1 - 0{,}50} = \frac{0{,}25}{0{,}50} = 0{,}50,$$

$$\Delta_1 = \frac{0{,}75 - 0{,}50}{1 - 0{,}50} \cdot 100 = 50\%,$$

т. е. чтобы потери были снижены в 2 раза.

Если применить противофильтрационные мероприятия на магистральном канале, то даже при бетонировании, когда $\alpha_1 = 0{,}10$ и $\Delta_1 = 90\%$, к. п. д. канала увеличится в $n = \frac{90 + 0{,}95\,(100 - 90)}{100 \cdot 0{,}95} = \frac{99{,}5}{95} = 1{,}05$ раза, и к. п. д. составит только $0{,}50 \cdot 1{,}05 = 0{,}525$.

Применение противофильтрационных мероприятий только на временной оросительной сети (поливные трубопроводы вместо временных оросителей и выводных борозд) позволит при доведении к. п. д. ее до 0,97 поднять к. п. д. оросительной системы в целом лишь в $\frac{0{,}97}{0{,}90} = 1{,}08$ раза.

Борьба с фильтрацией из магистрального канала и одновременное применение поливных трубопроводов дадут возможность поднять к. п. д. в $1{,}05 \cdot 1{,}08 = 1{,}13$ раза, что также не удовлетворяет поставленной задаче.

Бетонирование межхозяйственной сети ($\alpha_1 = 0{,}10$ и $\Delta_1 = 90\%$) обеспечит повышение к. п. д. ее в $n = \frac{90 + 0{,}73\,(100 - 90)}{100 \cdot 0{,}73} = \frac{97{,}3}{73} = 1{,}33$ раза. Коэффициент полезного действия системы составит $0{,}50 \cdot 1{,}33 = 0{,}665$.

Если наряду с бетонированием межхозяйственной сети заменить временную оросительную сеть поливными трубопроводами, то к. п. д. оросительной системы может быть в нашем примере увеличен до $0{,}50 \cdot 1{,}33 \cdot 1{,}08 = 0{,}72$. Увеличение будет в $n = \frac{0{,}72}{0{,}50} = 1{,}44$ раза.

Для того чтобы добиться заданного к. п. д. системы, необходимо поднять также к. п. д. внутрихозяйственной сети в $\frac{1,5}{1,44}=1,04$ раза. Это требует уменьшения потерь в ней на

$$\Delta_1=\frac{100\eta\,(n-1)}{1-\eta}=\frac{100\cdot 0,80\,(1,04-1)}{1-0,80}=16\%.$$

Уплотнением русел каналов можно снизить потери на 50%. Следовательно, достаточно ограничиться уплотнением внутрихозяйственной сети на одной трети ее протяженности.

В результате к. п. д. системы после применения указанных выше противофильтрационных мероприятий составит

$$\eta_0=0,95\,(0,73\cdot 1,33)\cdot(0,80\cdot 1,04)\cdot(0,90\cdot 1,08)=0,75.$$

В решении приведенного примера возможны, конечно, и другие варианты. Вместо поливных трубопроводов можно было бы наметить уплотнение каналов внутрихозяйственной сети на большем протяжении.

Уплотнение каналов межхозяйственной сети вместо бетонирования их потребовало бы еще большего увеличения объема работ по внутрихозяйственной сети и т. п. Все эти вопросы должны решаться с учетом экономических факторов.

С. Л. Миркин считает, что устранение потерь воды из межхозяйственной сети является наиболее эффективным, так как, по его расчетам, до половины всех потерь воды в оросительной сети приходится на межхозяйственные каналы.

В таблице 25 приведены данные В. В. Пославского об относительной стоимости одежд каналов по американским источникам. За 100% принята стоимость бетонной неармированной облицовки.

Стоимость 1 $м^2$ бетонной облицовки в наших условиях может быть принята равной 4—6 руб.

Инж. В. Ф. Брусенцев предложил для определения экономической целесообразности антифильтрационных мероприятий в периодически действующих внутрихозяйственных каналах следующую зависимость:

$$M_0=\frac{k_{\text{ср}}\,TA\,\alpha\,C}{100}, \qquad (51)$$

где M_0 — допустимые затраты на устройство одежды канала в рублях;
$k_{ср}$ — коэффициент впитывания воды в *м/сутки* до проведения антифильтрационных мероприятий;
T — время работы канала за год в сутках;
A — число лет службы одежды;
α — ожидаемый процент снижения потерь воды;
C — стоимость 1 $м^3$ воды в рублях.

Таблица 25

Вид одежды	Относительная стоимость в % от стоимости бетонной одежды
Асфальтоторкрет—2,5—5 *см*	186—264
Асфальтобетон—5—7,5 *см*	112—123
Бетонная одежда—4—9 *см*	100
Торкрет—2,5 *см*	100—196
Бентонитовый экран	89
Асфальтовый экран из рулонного материала	45—134
Асфальтовый экран, уложенный на месте	38—134
Земляные экраны	37—163
Кольматаж	13

Для каналов постоянного действия С. Р. Оффенгенден предложил вместо коэффициента впитывания воды в формуле 51 принимать коэффициент фильтрации $k_ф$, отнесенный также к 1 $м^2$ смоченной поверхности канала. В этом случае, если известно значение потерь S на участке канала, где намечается проведение антифильтрационных мероприятий, экономическая целесообразность их может быть выражена следующей зависимостью:

$$M_0 = \frac{70{,}55STA\,\alpha\,C}{100pl}, \qquad (52)$$

где T, A, α и C — то же, что и в формуле (51);
S — потери воды из канала в $м^3/сек$;
p — смоченный периметр канала ($p = 4{,}44\sqrt{Q}$) в *м*;
l — длина канала в *км*.

Пример. Необходимо добиться снижения фильтрационных потерь в канале на $\alpha = 90\%$. Длина канала $l = 15$ *км*. Потери в канале составляют $S = 1{,}2$ *м³/сек*. Смоченный периметр $p = 20$ *м*. Канал работает в течение года 250 суток.

Намечается облицовка канала бетоном; срок службы облицовки $A = 20$ лет. Стоимость 1 *м³* воды 0,5 коп. = 0,005 руб.

Затраты на бетонирование 1 *м²* поверхности канала в соответствии с формулой (52) не должны превышать:

$$M_0 = \frac{70{,}55 \cdot 1{,}2 \cdot 250 \cdot 20 \cdot 90 \cdot 0{,}005}{100 \cdot 20 \cdot 15} = \frac{1\,904\,85}{30\,000} = 6 \text{ руб. } 35 \text{ коп.}$$

В таблице 26 приводятся данные об эффективности противофильтрационных мероприятий для сокращения потерь в каналах (в грунтах средней проницаемости).

Таблица 26

Антифильтрационные мероприятия	Размер потерь в %
Отсутствуют	100
Глубокое уплотнение русла канала	25
Мелкое уплотнение » »	60
Экранирование	50
Искусственная кольматация	60
Бетонная облицовка	10

Глава восьмая

СОДЕРЖАНИЕ СООРУЖЕНИЙ И КАНАЛОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ И ОБВОДНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

§ 49. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРАВИЛЬНОЙ РАБОТЫ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И ПОКАЗАТЕЛИ ИХ РАБОТЫ

Эффективное сельскохозяйственное использование мелиорированных земель колхозами, совхозами и другими хозяйствами может быть обеспечено лишь в том случае, когда гидромелиоративные системы находятся в исправном состоянии и все их части и узлы работают бесперебойно.

К основным техническим признакам, характеризующим исправное состояние гидромелиоративных систем, относятся следующие:

1) в оросительные системы не поступает излишнее количество воды и обеспечивается отвод отработанной воды за пределы системы для предохранения орошаемых земель от засоления и заболачивания;

2) осушительные системы поддерживают на осушенных землях необходимый водно-воздушный режим корнеобитаемого слоя в результате своевременного сброса излишних вод с осушенной территории и регулирования стока на осушенных землях;

3) водозаборные сооружения, водоприемники, каналы и линейные гидротехнические сооружения имеют необходимые размеры и габариты, нормированные глубины наполнения и расходы;

4) горизонты воды в оросительных каналах старших порядков командуют над горизонтами воды в каналах младших порядков и орошаемой территорией;

5) горизонты воды в осушительной сети не подпираются горизонтами воды каналов, в которые они впадают;

6) русла водоприемников и каналов свободны от растительности, они устойчивы — не размываются, не имеют оползней, трещин, свободны от наносов, камней и других предметов, затрудняющих движение воды;

7) все конструктивные части гидротехнических сооружений, их затворы и подъемные механизмы находятся в исправном состоянии, а их пропускные отверстия не засорены;

8) дорожная сеть на мелиорированной территории обеспечивает свободный проезд транспортных средств и сельскохозяйственных машин в период полевых работ и вывозки урожая.

В напряженные периоды работы оросительных систем — при пропуске форсированных расходов или при поддержании в каналах подпоров — превышение берм и бровок каналов над горизонтами воды не должно быть менее следующих величин:

Расход канала в $м^3/сек$	Минимальное превышение берм и бровок над горизонтом воды в $м$
Менее 1	0,2—0,3
1—10	0,4
10—30	0,5
30—50	0,6

Для каналов с расходом свыше 50 *м*³/*сек* запас высоты дамб или превышение берм над форсированным горизонтом устанавливается специальным расчетом, в котором учитывается возможная высота волны.

Особенно тщательно нужно следить за горизонтами воды в местах, где каналы проходят рядом с крупными сооружениями общегосударственного значения (железные дороги и др.); для таких каналов превышение бровок дамб над форсированными горизонтами воды устанавливается в каждом отдельном случае по согласованию с соответствующими организациями.

Превышение верха стенок над горизонтами воды в перепадах и быстротоках принимается по данным таблицы 27.

Таблица 27

Нормы превышения верха стенок над горизонтом воды в перепадах и быстротоках

Расход сооружения в *м*³/*сек*	Превышение верха стенок над горизонтом воды в *м*	
	перепады	быстротоки
Менее 0,5	0,30	0,30
0,5—1,0	0,40—0,45	0,40
1,0—5,0	0,55—0,60	0,55
5,0—20,0	0,65—0,75	0,65
20,0—50,0	0,80—0,90	0,80
50,0—100,0	1,00—1,10	0,90

Превышения подпорных стенок и верха затворов над форсированным горизонтом воды для верхних бьефов регулирующих сооружений приведены в таблице 28.

Таблица 28

Нормы превышения верха стенок и верха затворов над горизонтом воды для верхних бьефов регулирующих сооружений

Класс сооружения	Форсированный расход в *м*³/*сек*	Превышение верха стенок над горизонтом воды в *м*	Превышение верха затворов над горизонтом воды в *м*
IV	10	0,40	0,10
III	10—30	0,50	0,15
III	30—50	0,60	0,20
II	50—75	0,75	0,25
II	75—100	0,80	0,30

Превышение гребня плотины над горизонтом высоких вод зависит от класса сооружения, длины водохранилища и силы ветра; оно принимается от 0,7 до 1,5 *м*.

Для устойчивости каналов, проходящих в насыпях, должна быть обеспечена ширина дамб по верху. Эта ширина устанавливается в соответствии с техническими нормами:

Расход канала в $м^3/сек$	Ширина дамбы в *м*
Менее 0,5	0,5—0,8
0,5—1,0	0,8—1,0
1,0—5,0	1,0—1,25
5,0—10,0	1,25—1,5
10,0—30,0	1,5—2,0
30,0—50,0	2,0—2,5

При прохождении каналов в глубоких выемках следует опасаться обрушения откосов. Поэтому на таких участках канала через каждые 5 *м* по высоте выемки устраиваются бермы шириной не менее 1 *м*. Ширина этих берм, так же как и ширина дамб каналов, проходящих в насыпях, может быть увеличена в случаях, когда бермы или дамбы используются под дорогу или для прохода машин по очистке каналов от наносов или зарастания, в соответствии с габаритом дороги или габаритом машины.

Большое влияние на скорость воды в канале, а следовательно, на его пропускную способность оказывает состояние смоченного периметра канала — коэффициент шероховатости русла. Для обеспечения пропуска заданного расхода канал следует содержать в таком состоянии, чтобы фактический коэффициент шероховатости не превышал предельно допустимых величин (табл. 29).

Скорость воды в канале, ниже которой начинается осаждение взвешенных наносов и заиление канала, называется предельной незаиляющей скоростью. Чтобы не допустить заиления каналов, необходимо поддерживать в них скорость течения воды, которая превышала бы величину предельной незаиляющей скорости.

Для разработки мероприятий по борьбе с заилением каналов необходимо иметь данные исследований по режиму наносов в источнике орошения, знать характеристику этих наносов, а также способность всех звеньев

Таблица 29

Характеристика каналов	Коэффициент шероховатости
Каналы в земляном русле обычные, чистые, в связных, песчаных и гравелисто-галечных грунтах	0,0200—0,0275
Каналы в скале	0,0225—0,0300
Каналы с одеждой:	
а) цементная штукатурка по ровной поверхности, строганые доски	0,012—0,014
б) бетонная облицовка, нестроганые доски, торкрет, кладка кирпичная и тесовая	0,012—0,017
в) кладка бутовая на цементном растворе	0,0225

оросительной системы транспортировать их во взвешенном состоянии.

Способность потока перемещать во взвешенном состоянии наибольшее количество наносов данного состава по крупности называется критической мутностью потока, которая выражается количеством взвешенных наносов по весу в единице объема воды ($кг/м^3$).

При предельном состоянии — насыщении потока всеми необходимыми крупностями частиц — критическая мутность потока соответствует его транспортирующей способности.

Величина транспортирующей способности потока может быть определена по различным формулам (Е. А. Замарина, В. В. Пославского, А. Г. Хачатряна и др.).

Ниже приводится рекомендуемая государственным стандартом формула Е. А. Замарина:

$$\rho_0 = \frac{0{,}022 v_0}{U_0} \sqrt{\frac{Riv_0}{U}}, \qquad (53)$$

где:

ρ_0 — количество наносов, которое поток в состоянии транспортировать, в $кг/м^3$;

R — гидравлический радиус в $м$;

i — уклон поверхности воды;

v_0 — средняя по сечению скорость воды в канале в $м/сек$;

$U_0 = U$, если $U \geqslant 0{,}002$ *м/сек* и $U_0 = 0{,}002$ *м/сек*, если $U < 0{,}002$ *м/сек*, где U — средняя гидравлическая крупность взвешенных наносов в *м/сек*.

Как видно из приведенной формулы, транспортирующая способность канала, а следовательно, возможность его заиления зависят от гидравлической крупности наносов и гидравлической характеристики канала — скорости, уклона и гидравлического радиуса.

Для предварительных расчетов транспортирующей способности потока можно пользоваться упрощенной формулой Е. А. Замарина:

$$\rho_0 = \frac{9\,000}{U_0 - 1{,}25} Ri, \qquad (54)$$

где R и i имеют те же обозначения, что и в формуле (53), а U_0 выражена в *мм/сек*.

Чем больше значение транспортирующей способности потока в канале, тем большее количество наносов данной крупности в 1 $м^3$ воды может быть перемещено потоком во взвешенном состоянии. Поэтому для борьбы с заилением каналов необходимо стремиться к повышению транспортирующей способности каналов.

Скорости воды в каналах должны быть не только незаиляющими, но и неразмывающими, т. е. верхний предел средней скорости воды в канале не должен вызывать размыва дна и откосов.

Предельные скорости, рекомендуемые б. Среднеазиатским научно-исследовательским институтом ирригации (САНИИРИ), не должны превышать 0,37—0,57 *м/сек* для русел каналов Средней Азии, сложенных из песков и легких суглинков; 0,67—1,04 *м/сек* — из тяжелых суглинков, легких глин, плотного лесса и очень крупного песка; 1,26—1,90 *м/сек* — для каналов, проложенных в тяжелых глинах, крупной гальке и крупном гравии, при этом меньшие значения скоростей должны относиться к каналам с небольшой пропускной способностью.

При наличии одежды каналов скорости могут быть значительно повышены. Например, при облицовке канала дерном плашмя — до 0,6—1,0 *м/сек*, при облицовке хворостяным креплением — до 1,5—2,0 *м/сек*, одиночной мостовой — до 2,5—4,0 *м/сек* и бетоном — до 6,0—10,0 *м/сек*.

Размывы земляных откосов бывают и при крутых закруглениях каналов. Поэтому для предохранения вогнутого откоса от размыва радиусы закругления каналов должны быть не менее пятикратной ширины канала по урезу воды.

Для устойчивости каналов и защитных дамб большое значение имеет величина заложения откосов. Допустимая крутизна откосов зависит от геотехнических свойств грунтов, гидрогеологических условий, от глубины выемки, высоты дамбы и конструкции поперечного профиля каналов и дамб. Она устанавливается в пределах 1,0—2,25 (в соответствии с техническими указаниями и нормами проектирования каналов). При большом наполнении каналов водой, в глубоких выемках и при высоте дамб каналов более 3 *м* величина заложения откосов определяется расчетом.

Неправильное заложение внешних резервов грунта при строительстве каналов ведет к образованию очагов малярии. Если у каналов межхозяйственной сети имеются резервы, то нужно обеспечить отвод из них поверхностных и грунтовых вод.

Резервы у каналов внутрихозяйственного значения должны быть засыпаны; это необходимо для более полного использования мелиорируемых земель, уничтожения сорняков и повышения производительности сельскохозяйственных машин и орудий.

Следует, наконец, обращать внимание также и на расположение кавальеров по отношению к каналам. Во избежание оползания грунтов кавальеров в каналы и для того, чтобы иметь свободный проход вдоль каналов при их осмотре, необходимо принимать расстояние от бровки выемки до подошвы отвала не менее 3 *м*, а в случае необходимости прохода по берме машин и орудий это расстояние следует устанавливать в соответствии с габаритами машин и орудий.

Кавальеры у каналов внутрихозяйственного назначения, как правило, разравнивают для пропуска в каналы поверхностных вод с осушаемой территории; в спланированных кавальерах устраивают воронки.

Не все мелиоративные системы удовлетворяют указанным выше техническим условиям и нормам; это относится прежде всего к так называемым неинженерным системам, созданным населением в дореволюцион-

ный период. Поэтому необходимо на основе заранее разработанного перспективного плана систематически проводить работы по техническому улучшению систем.

Обязательным условием, обеспечивающим правильную эксплуатацию гидромелиоративных систем, является контроль за рациональным использованием оросительной воды в хозяйствах и за проведением культуртехнических и агромелиоративных работ на осушенных землях колхозов и совхозов.

Организуя эксплуатацию и планируя эксплуатационные мероприятия, нужно систематически снижать государственные затраты, удешевлять стоимость эксплуатации мелиорированных земель.

Показателями хорошей работы гидромелиоративных систем служат:

1) полное освоение мелиорированных земель и высокий коэффициент земельного использования;

2) хорошее мелиоративное состояние площадей, обслуживаемых системой;

3) техническая оснащенность системы, хорошее состояние водоприемников, каналов и сооружений, отсутствие повреждений и аварий;

4) уменьшение стоимости эксплуатации на 1 *га* мелиорированных земель.

Для оросительных систем показателями хорошей эксплуатации их являются также высокий коэффициент полезного действия системы в целом и ее отдельных звеньев, выполнение плана распределения воды по системе и величина коэффициента использования воды, близкая к единице. В конечном итоге показателем работы гидромелиоративной системы является количество сельскохозяйственной продукции, полученной с 1 *га* орошенных, обводненных или осушенных земель.

§ 50. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГОЛОВНЫХ ВОДОЗАБОРНЫХ И ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Гидротехнические сооружения оросительных и обводнительных систем по своему назначению разделяются на две основные группы. К первой группе относятся головные сооружения на водоисточнике, возводимые для забора воды в систему, и линейные, или внутрисистемные сооружения, предназначенные для транспортировки и распределения во-

ды,— водопроводящие сооружения (каналы, лотки, акведуки, дюкеры, туннели), отстойники, регуляторы (вододелители, водовыпуски), сооружения по сопряжению бьефов (перепады, быстротоки), водомеры, водопойные пункты, мосты и переезды.

Головной участок системы

Поступление воды в магистральный канал системы в необходимом количестве и в установленные сроки обеспечивается комплексом гидротехнических сооружений, возводимых у места водозабора. Этот комплекс вместе с подсобными сооружениями и устройствами называется головным участком системы.

К головному участку системы относятся:

1) отрезок реки, непосредственно прилегающий к голове системы, вместе с установленной для этого отрезка полосой отчуждения;

2) все сооружения, обеспечивающие и регулирующие поступление воды в магистральный канал;

3) сооружения, предотвращающие поступление наносов в систему;

4) участок магистрального канала (с полосой отчуждения) до гидрометрического створа, где измеряется

поступление воды в систему;

5) головной регулятор и другие сооружения на головном участке магистрального канала (отстойники, сбросные сооружения и др.);

6) вспомогательные устройства — подъездные пути, связь, служебные и жилые здания, материальные склады, геодезические знаки и контрольно-измерительные устройства.

Акад. И. А. Шаров рекомендует определять длину отрезка русла реки, входящего в состав головного участка системы, следующим образом.

1. При плотинном водозаборе длина отрезка с верховой стороны принимается по формуле:

$$l = \frac{H}{2i}, \tag{55}$$

где l — длина распространения подпора;
H — расчетная глубина воды у плотины при закрытых щитах;
i — уклон реки.

Длина отрезка русла реки с низовой стороны определяется для каждого головного участка исходя из условий, обеспечивающих полный отвод сбрасываемых вод в нижний бьеф, без подпора их снизу.

2. При бесплотинном водозаборе или механическом водоподъеме отрезок русла реки, входящий в состав головного участка системы, устанавливается из соображений полного размещения на этом отрезке всех защитных, выправительных, регулирующих и других вспомогательных сооружений, но не менее 200 *м* вверх и 200 *м* вниз по реке от головного регулятора.

Для рек с неустойчивыми, размываемыми берегами длина русловой части должна быть не менее $20a$, где a — ширина русла реки.

Границей головного участка по магистральному каналу служит главный гидрометрический пост системы, который размещается за рисбермой головного регулятора, а при наличии отстойника с промывным сооружением — за рисбермой промывного узла.

Ширина полос отвода для головного участка системы устанавливается в соответствии с «Положением о землях, предоставленных органам водного хозяйства для специальных нужд».

Для проведения систематических замеров по определению основных гидрометрических величин в районе водозабора и проверки устойчивости сооружений головной участок системы оборудуется необходимыми геодезическими знаками и устройствами, к которым относятся:

1) опорный репер, закладываемый вне зоны затопления, для привязки всех высотных измерений;

2) промерные поперечные створы в русле реки выше и ниже головного водозабора для наблюдения за горизонтами и расходами воды в реке, а также движением донных наносов и деформацией ложа реки;

3) рабочие реперы-марки для фиксации максимальных, нормальных и минимальных горизонтов воды в реке;

4) рабочие марки и измерительная аппаратура, закладываемые в сооружения для наблюдения за высотным и вертикальным положениями отдельных частей сооружений, фильтрацией и т. п.;

5) осевые линии главных гидротехнических соору-

жений, закрепленные знаками, связанными с опорным репером;

6) береговые знаки, определяющие распространение кривой подпора (при плотинном водозаборе), границы головного участка, а также размываемых участков и мест, опасных в отношении образования баров или кос, уменьшающих пропускную способность русла реки ниже плотины. Головной участок магистрального канала оснащают километровыми знаками и реперами, а также донными реперами, расположенными через 200 *м*.

На главном гидрометрическом посту устанавливаются две рейки с отметками рабочих и предельно допустимых горизонтов воды в канале.

На отстойнике закрепляются поперечные створы для определения объема задержанных в нем наносов.

Установленные на сооружениях головного участка реперы, знаки и измерительные приборы заносятся с их описанием, указанием местоположения и начальными данными в особый журнал; в этом журнале фиксируются и результаты всех последующих контрольных замеров.

Все водопропускные отверстия сооружений головного участка должны быть протарированы, т. е. построены графики пропускной способности сооружений (тарировочные кривые), в зависимости от уровней верхних и нижних бьефов у сооружений и величины открытия отверстий. По этим графикам определяют расходы воды на орошение, сброс и другие нужды. Также должен быть протарирован главный гидрометрический пост системы, т. е. установлена графическая зависимость между величинами уровней воды на гидрометрической рейке главного поста и расходов магистрального канала.

На складах головного участка и у сооружений в угрожаемых местах должны находиться аварийные запасы материалов и необходимых инструментов и оборудования на случай повреждения или аварии сооружений. Расходование аварийных запасов на текущие работы не допускается.

Склады у сооружений и подъезды к ним располагают в незатопляемых местах, удобных для быстрой доставки материалов к месту работ. Запасы таких материалов, как хворост, жерди, в связи с их порчей от

действия солнца и других причин по мере необходимости заменяют новыми.

Головной участок системы обеспечивают спасательными и противопожарными средствами. В ночное время все основные сооружения и прилегающая к ним территория должны быть освещены.

Помимо постоянной охраны, на головном участке устанавливают ночные дежурства технического персонала, а в период прохождения паводка — круглосуточные дежурства на всех опасных местах.

Эксплуатация головного участка системы ведется по инструкции, в которой в зависимости от типа водозабора и местных условий даются исчерпывающие указания по производству регулировочных работ для поддержания перед головным регулятором необходимых горизонтов воды, пропуску воды через головной регулятор в магистральный канал, промывке донных наносов. В этой инструкции даются также указания по эксплуатации отстойников, пропуску паводков, льда и шуги, производству гидрометрических работ и наблюдений за движением наносов, деформацией сооружений узла и др.

На головном участке должны находиться следующие технические документы:

1) инструкция по эксплуатации головного участка;

2) план участка в масштабе 1:500 — 1:1000 с указанием всех сооружений, зданий, устройств и сети геодезических знаков и контрольно-измерительных приборов;

3) технический паспорт участка и паспорта всех его сооружений;

4) исполнительные чертежи сооружений;

5) продольные профили и поперечники в характерных местах участка реки, каналов (в пределах головного участка), отстойников, защитных валов с нанесением характерных горизонтов воды;

6) кривые зависимости расходов от горизонтов воды для контрольных гидрометрических створов реки и сооружений головного участка;

7) график подачи воды в систему;

8) журнал геодезических опорных знаков и измерительных приборов с результатами контрольных замеров;

9) журнал всех ремонтно-строительных работ, выполняемых на участке.

Поперечные и продольные профили, кривые зависимости, планы, а также графики подачи воды в систему должны систематически корректироваться, а журналы регулярно заполняться.

Типы головных водозаборных сооружений

Забор воды в оросительные и обводнительные системы в зависимости от местных условий осуществляется самотеком или машинным (насосным) способом. Самотечный способ забора воды без создания подпора применяется при обеспеченном превышении горизонтов воды в водоисточнике над горизонтом воды в магистральном канале оросительной или обводнительной системы и при небольшом заборе воды из источника (10—15%). В зависимости от устойчивости русла реки и размываемости берегов водозаборное сооружение устраивается непосредственно на берегу, у самой реки или на некотором расстоянии от нее, с подачей воды к головному регулятору через один или несколько подводящих каналов.

В ирригационной практике в низовьях рек с неустойчивым руслом применяют неошлюзованный водозабор, осуществляемый без специального сооружения. При этом наименее совершенном способе водозабора вода подается в магистральный канал обычно несколькими подводящими каналами-отстойниками, расположенными на разных отметках.

Наиболее совершенным типом водозабора является самотечный, осуществляемый при помощи подпорных сооружений — глухих или водопропускных плотин на водотоках постоянного или временного действия.

В комплекс головных гидротехнических сооружений для забора воды, называемый гидроузлом, входят, кроме плотины и головного регулятора, выправительные сооружения, ограждающие дамбы, водосбросы, а также отстойники и другие сооружения по борьбе с наносами. При машинном водоподъеме в состав гидроузла входят насосные станции.

Гидротехнические узлы на реках возводятся с учетом интересов не только орошения и обводнения, но и других отраслей народного хозяйства — энергетики,

водного транспорта, рыбоводства и др. В состав таких узлов входят гидроэлектростанции, судоходные шлюзы, рыбоходы.

В зависимости от гидрологических условий и размера водопотребления плотинный гидроузел возводится или только для водоподъема, или, кроме того, для аккумулирования воды с последующим ее использованием в соответствии с графиком водопотребления. В последнем случае при плотинном гидроузле образуется водохранилище необходимой емкости.

Среднее положение между плотинным и бесплотинным типами водозабора занимает так называемый шпорный водозабор, применяемый на предгорных участках небольших рек. Выдвижением шпоры в реку навстречу течению можно обеспечить частичное регулирование горизонтов воды у места водозабора.

Работа и содержание головных водозаборных сооружений

Работа и содержание водозаборных гидроузлов, в зависимости от их типа, имеют свои особенности.

При плотинном водозаборе с аккумулированием стока в водохранилище важнейшее значение имеет водохозяйственный баланс гидроузла, состоящий из приходной части — стока реки (балки) и расходной — водопотребления на орошение, энергетику, обязательные попуски, сбросы излишков воды, а также потерь на испарение и фильтрацию.

В проекте гидроузла элементы водохозяйственного баланса определяются на основе ограниченного срока наблюдений и без учета возможных изменений состава водопотребителей и других условий, связанных с эксплуатацией гидроузла. Поэтому данные проекта гидроузла могут служить лишь основой для определения общего режима гидроузла. Для диспетчерского управления стоком воды и подачей ее потребителям на каждый год и в различные периоды года проектный режим гидроузла нужно корректировать на основе гидрометеорологических прогнозов, заявок потребителей на воду, а также накопленных данных по эксплуатации регулирующих и водопропускных сооружений в фактических условиях.

Работа водохранилища осуществляется по заранее разработанному на данный год графику, основанному на водохозяйственном балансе. При этом необходимо предусматривать варианты сброса воды из водохранилища, в зависимости от фактической водоносности водоисточника.

При разработке графика работы водохранилища необходимо предусматривать сброс санитарного минимума расхода воды в низовье реки, а при судоходстве — создание в нижнем бьефе необходимых судоходных глубин.

При эксплуатации водохранилища должны быть зафиксированы следующие отметки горизонтов воды:

1) нормальная подпорная отметка у сооружений водохранилища и отметки сработки;

2) допускаемые подпорные отметки при пропуске паводка и ледохода;

3) наивысшие (предельные) горизонты воды у сооружений;

4) отметки горизонтов воды в подводящих и водосбросных каналах в условиях нормального и предельно допустимого их наполнения, а также при промывке, пропуске шуги и т. п.

Отметки горизонтов воды наносят несмываемой краской непосредственно на сооружениях водохранилища, при этом превышение наивысших (предельных) горизонтов воды категорически запрещается.

Границы затопления при наивысшем горизонте воды в водохранилище должны быть нанесены в натуре путем запашки или установки столбовых знаков.

Для удобства учета объема воды в водохранилище составляют таблицу или строят кривую зависимости объемов воды в водохранилище от отметок горизонта воды в нем. При интенсивном заилении водохранилища в таблицу или кривую систематически вносят поправки на заиление.

Водохранилище наполняется водой в период прохождения весеннего паводка. До наступления паводка водохранилище должно быть опорожнено до отметок, обеспечивающих его последующее заполнение паводковыми водами до нормальной подпорной отметки. После заполнения водохранилища излишки сбрасываются до нормального подпорного горизонта (н.п.г).

В многоводные годы сброс можно начать раньше. Это позволяет снизить максимальный сбросной расход воды и тем самым уменьшить возможность размывов и затоплений в нижнем бьефе. Однако заблаговременный сброс воды из водохранилища допускают только при условии полной гарантии его последующего заполнения паводковыми водами до нормальной подпертой отметки.

После заполнения водохранилища водопропускные отверстия плотины открывают полностью или с таким расчетом, чтобы не допустить превышения горизонтов воды в водохранилище выше максимальных (м. п. г.).

По мере спада паводка постепенно закрывают отверстия водопропускных сооружений. Отверстия закрывают полностью после установления в водохранилище нормального подпертого уровня.

Пропуск паводка является наиболее ответственным периодом в работе гидроузла, так как в это время сооружения работают с наибольшей нагрузкой.

Для пропуска паводков на крупных гидроузлах организуются паводковые комиссии, в задачу которых входит организация аварийных бригад с привлечением на работы в случае необходимости местного населения.

До наступления паводка тщательно осматривают и при необходимости ремонтируют сооружения гидроузла, проверяют их готовность к пропуску максимальных расходов, исправность и надежность работы затворов и подъемных механизмов, ограждают складские и другие территории от затопления и проводят работы по предупреждению повреждения сооружений от подвижки льда.

Воду через водопропускные отверстия сооружений нужно сбрасывать постепенно, без образования больших волн, и равномерно по всему водопропускному фронту, чтобы обеспечить наименьший удельный расход и затопление гидравлического прыжка в пределах водобойной части сооружения.

При неправильном маневрировании затворами — одностороннем сбросе — может образоваться завихрение потока за водобойной частью сооружения и размыв, а также подмыв береговых креплений.

Равномерность открытия отверстий достигается последовательным подъемом затворов, начиная со средних

пролетов, ступенями высотой около 0,5 *м*, впредь до выхода затворов из воды, после чего их поднимают на полную высоту.

При наличии льда в водохранилище высота ступени должна назначаться так, чтобы не происходило подсасывания льда под затворы во избежание повреждения брусьев уплотнения.

Закрывать отверстия нужно в обратном порядке, т. е. начиная с крайних пролетов, при этом нельзя допускать резкого снижения горизонтов воды в нижнем бьефе во избежание оползней и обрушений откосов отводящего русла.

Если водопропускные сооружения оборудованы донными и поверхностными отверстиями, воду сбрасывают в первую очередь через поверхностные отверстия, так как такой порядок маневрирования затворами обеспечивает лучшее гашение энергии потока в нижнем бьефе.

При необходимости резких изменений величины сброса воды в нижний бьеф своевременно извещают об этом нижерасположенные водохозяйственные предприятия, а при аварийных сбросах — и населенные пункты.

Сработка водохранилища осуществляется до горизонта мертвого объема (г. м. о.), который не участвует в регулировании стока водоисточника. Мертвый объем в водохранилище, предназначенном для орошения или обводнения, устанавливается в проекте из условий командования (при самотечной подаче воды) или предельной высоты водоподъема (при механическом водоподъеме), а также исходя из санитарных требований.

При малых глубинах водохранилище зарастает, вода в нем цветет и загнивает, т. е. создаются благоприятные условия для размножения малярийного комара. Поэтому глубина воды мертвого объема перед плотиной не должна быть менее 2,0—2,5 *м*.

Мелководные участки водохранилища должны находиться под постоянным наблюдением, подвергаться санитарной обработке, а растительность на них систематически уничтожаться.

Срок службы водохранилища зависит от насыщенности водного потока, поступающего в водохранилище, донными и взвешенными наносами и емкости водохранилища. Поэтому для удлинения срока эксплуатации водохранилища необходимо поддерживать в нем такие

горизонты воды, которые обеспечивали бы замедленное движение крупных наносов к плотине, и сбрасывать воду из верхнего бьефа в нижний, что способствует промывке наносов.

При бесплотинном водозаборе основные работы на головном участке состоят из регулировочных работ в русле реки для подвода потока к головному регулятору, поддержания перед регулятором необходимых рабочих горизонтов и защиты системы от поступления в магистральный канал донных и придонных наносов.

Впуск воды через головное сооружение должен проводиться постепенно и при малых скоростях у входа в регулятор. В многопролетных сооружениях пропуск воды осуществляют равномерно по всему фронту, не допуская образования сбойного течения в нижнем бьефе. При расположении сооружения непосредственно у реки и боковом заборе воды затворы поднимают, начиная с отверстий, расположенных ниже по течению.

В системах с неошлюзованным или шпорным водозабором, помимо общего надзора за сооружениями, повседневно проводятся работы, связанные с поддержанием на головном участке магистрального канала в поливной период необходимых горизонтов воды и защитой его от повреждений в результате переполнения паводковыми водами.

При машинном (насосном) водозаборе содержание насосных станций разделяется на три периода — подготовительный, рабочий и нерабочий. Состав работ и мероприятий каждого периода зависит от режима работы насосных станций, их конструкции и местоположения. По режиму работы насосные станции подразделяются на круглогодовые и сезонные, по конструкции — на стационарные и плавучие, по местоположению — на береговые и зональные, по источнику энергии — на тепловые (дизельные) и электрифицированные. На рисунке 9 показана стационарная перекачечная (зональная) насосная станция с круглогодовым режимом работы, а на рисунке 10 показаны плавучие электрифицированные насосные станции с сезонным режимом работы.

В последнее время для орошения небольших участков, расположенных вблизи рек или водоемов со зна-

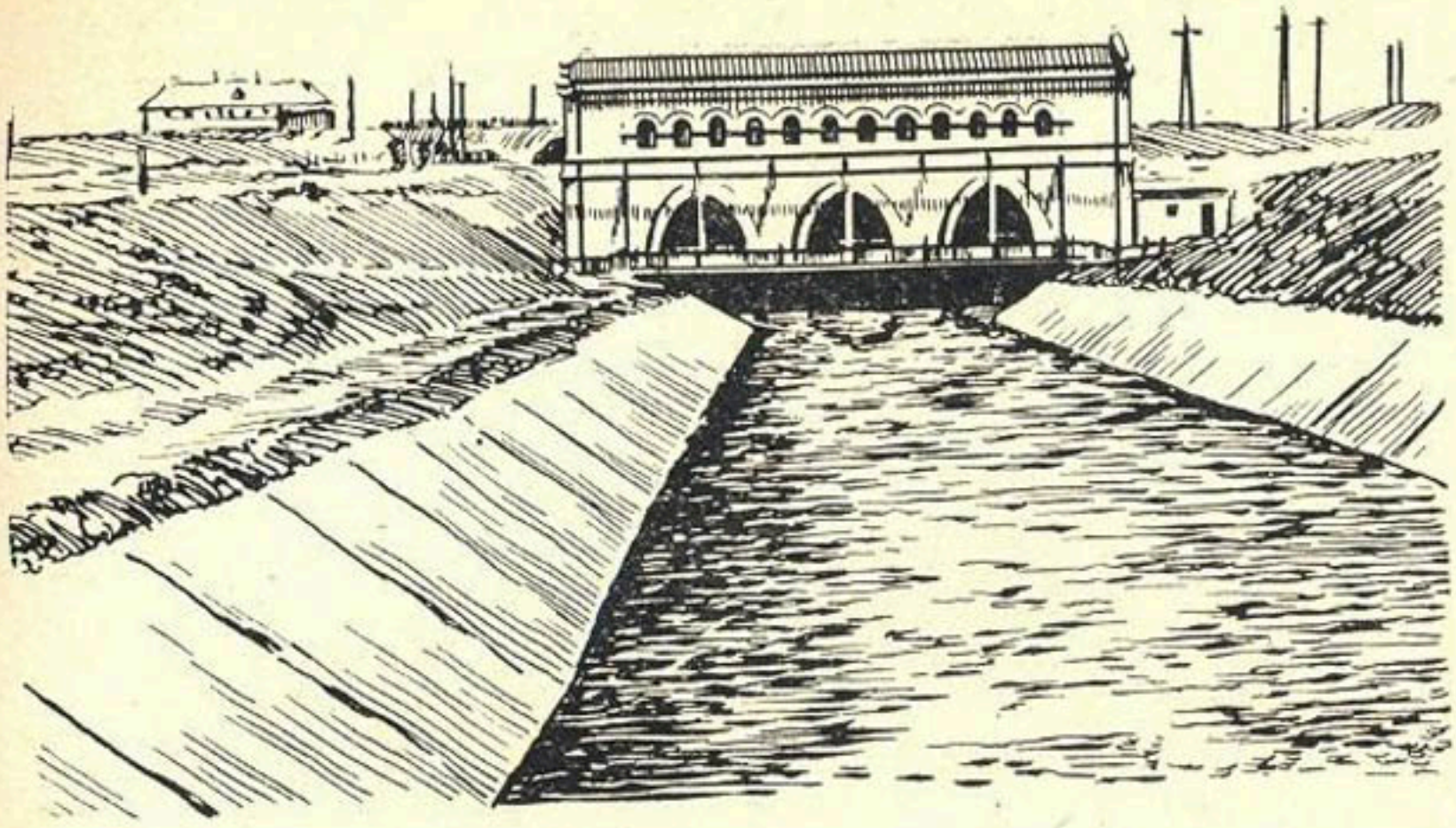


Рис. 9. Стационарная зональная станция.

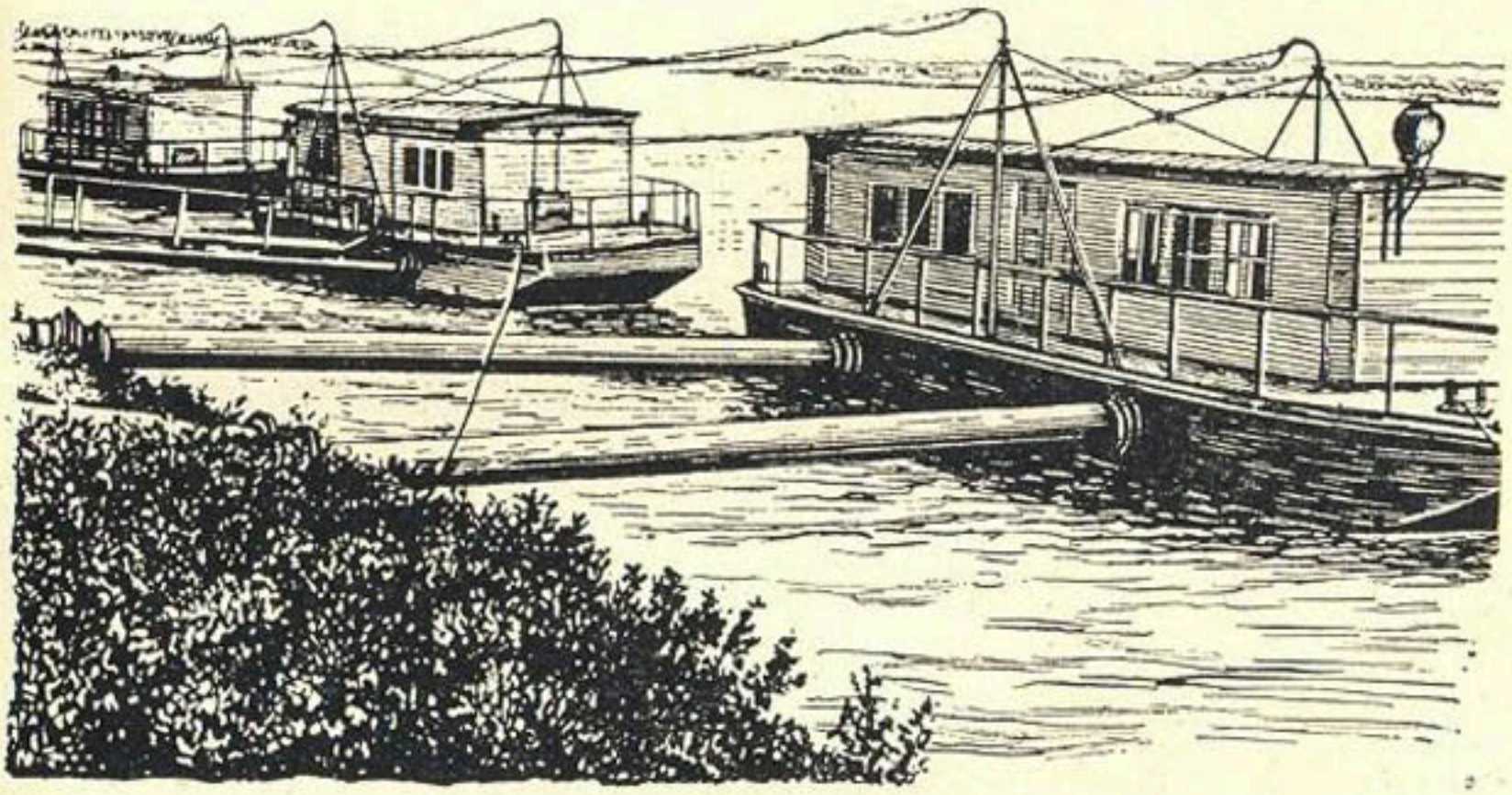


Рис. 10. Плавучие электрифицированные насосные станции.

чительным колебанием горизонтов воды в них, а также для обслуживания дождевальных установок применяются передвижные береговые и плавучие насосные станции.

На рисунке 11 показана передвижная береговая насосная станция на раме-салазках. На салазках установлены два центробежных насоса с приводом от трактора

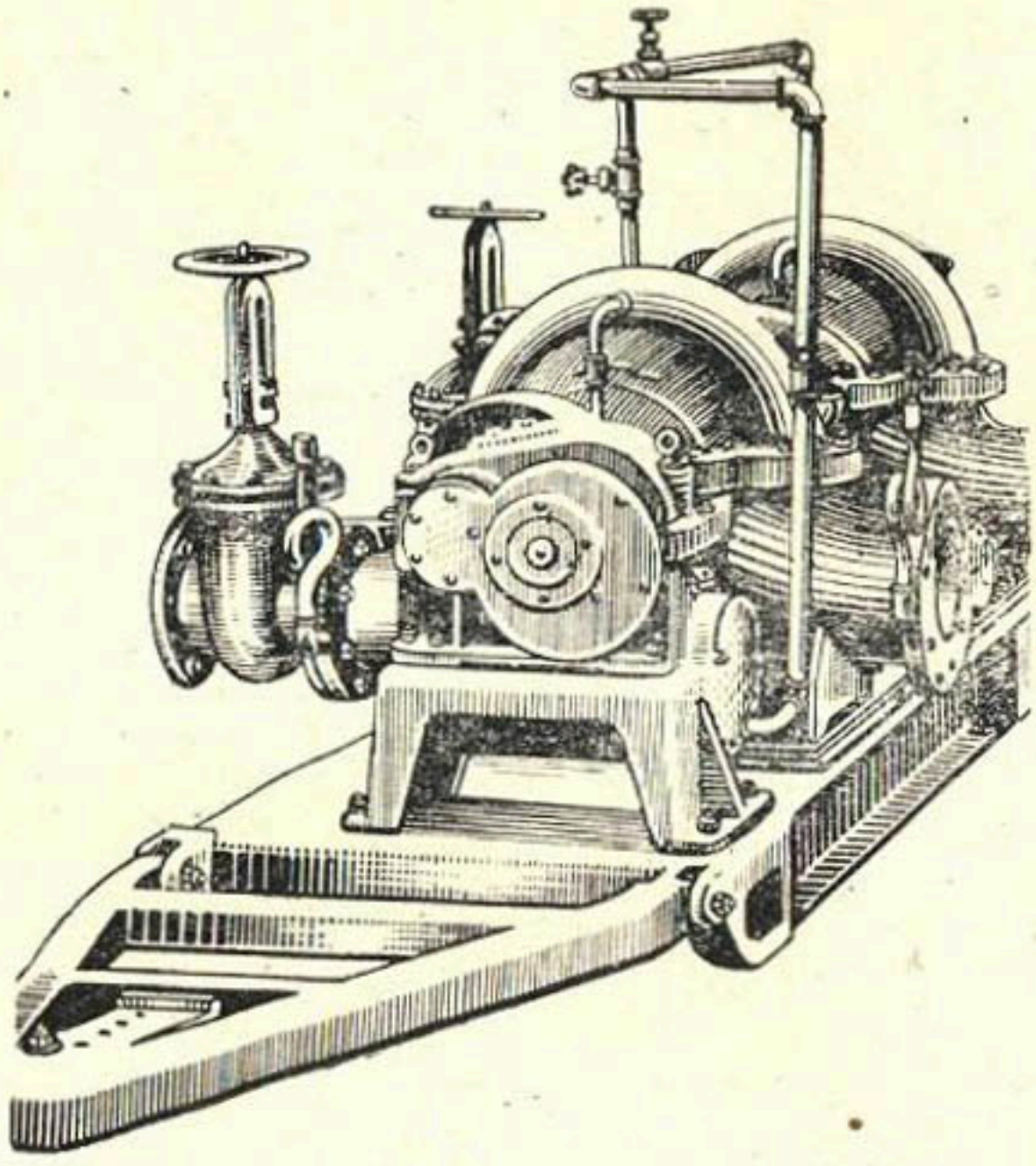


Рис. 11. Передвижная насосная станция.

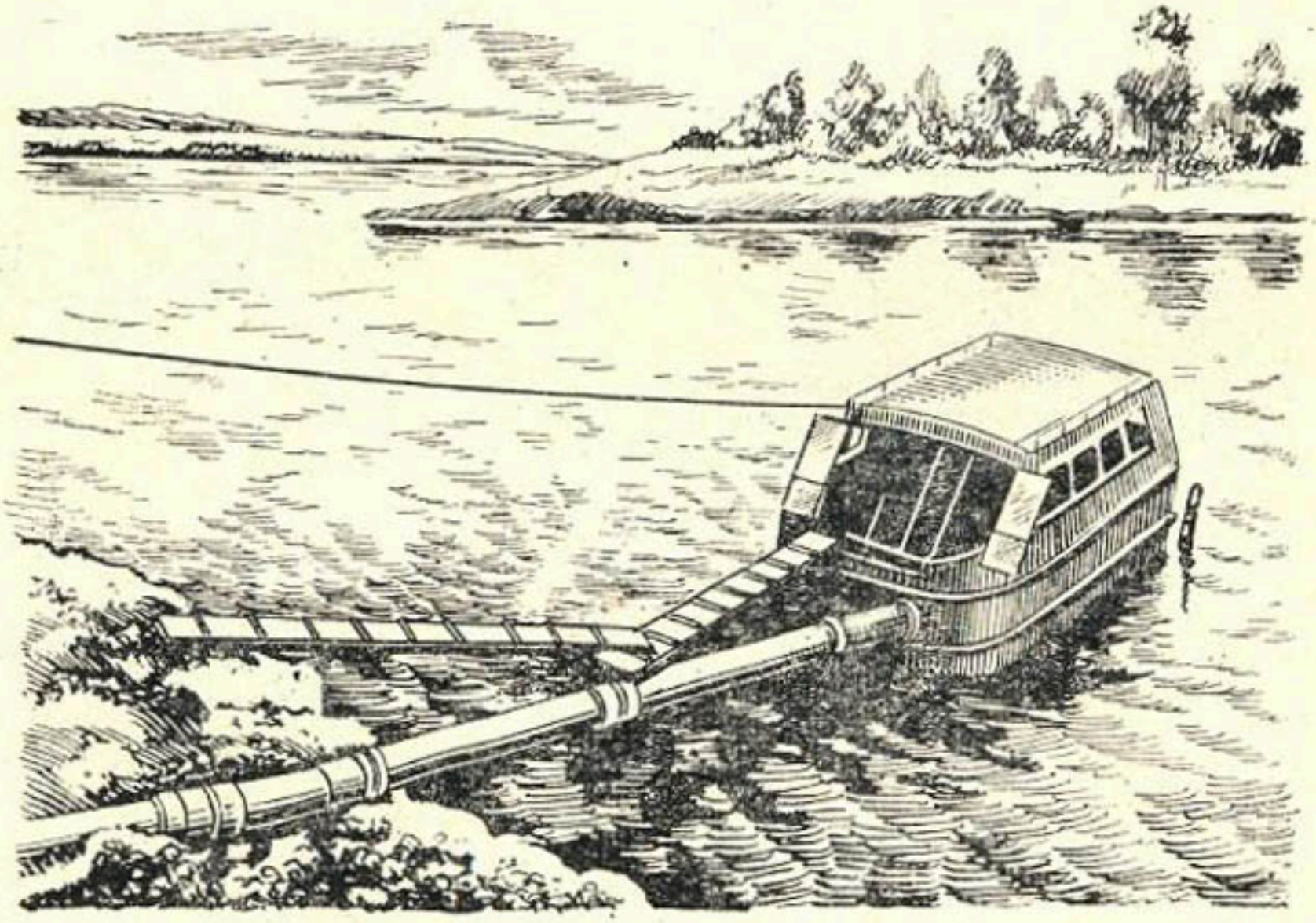


Рис. 12. Самоходная плавучая насосная станция СПНС-4.

ДТ-54 с помощью вала отбора мощности, карданного вала и редуктора. Такая насосная станция, снабженная быстросборным трубопроводом, может обеспечить в сутки полив 6—7 *га* при орошении из каналов и до 10 *га* при дождевании. На расстояние до 10 *км* станция транспортируется на прицепе к трактору, при бóльших расстояниях — на автомашине; вес ее 1105 *кг*.

На рисунке 12 представлена самоходная плавучая станция СПНС-4, смонтированная на понтоне. Станция имеет разборный трубопровод длиной 100 *м;* она передвигается по водоему при помощи реактивной силы струи, выпускаемой в воду из напорного трубопровода. Наличие двух насосов позволяет работать насосной станции в широких диапазонах расхода воды от 45 до 169 *л/сек* и напоров от 35 до 12 *м*. Вес станции (без разборного трубопровода) 3560 *кг;* она может перевозиться с одного водоема на другой на автомашине в собранном виде.

Основные работы подготовительного периода заключаются в защите стационарных береговых и плавучих насосных станций, расположенных на реках и других водоисточниках, от повреждений при пропуске паводка и льда, а также приведении всех станций в рабочее состояние, с пробным пуском и проверкой надежности работы всех агрегатов и устранением обнаруженных дефектов и неполадок. До наступления паводка окалывают и удаляют лед вокруг водоприемника или оголовка самотечных труб и вокруг водозаборных колодцев. Плавучие стационарные насосные станции ограждают отбойными барьерами и крепят дополнительными швартовыми тросами. Во время прохождения паводка на насосной станции организуется круглосуточное дежурство.

После прохождения паводка проверяют техническое состояние подводящего канала, водоприемника, самотечной линии, водозаборного колодца, всасывающего трубопровода и здания насосной станции и устраняют обнаруженные повреждения. На плавучих насосных станциях проверяют техническое состояние понтонов, тросы и их крепление.

При проверке надежности агрегатов станции тщательно осматривают двигатели, насосы, арматуру и болтовые соединения, проверяют и испытывают состояние

изоляции электродвигателей и при необходимости просушивают обмотку.

В рабочий период режим работы насосной станции должен устанавливаться с учетом месячных графиков нагрузки станции, разработанных в соответствии с планом подачи воды на орошение, обводнение или откачку и перекачку воды, технической характеристики насосных агрегатов и планов ремонта двигателей, насосов и другого оборудования.

В период работы насосной станции организуется постоянный надзор за исправностью силового и насосного оборудования, систематически очищаются подводящий канал, водоприемник, сороудерживающая решетка, приемный клапан и промываются самотечные трубы.

Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания осуществляется по инструкциям, выпускаемым заводами-изготовителями для каждого двигателя. Насосные станции, оборудованные двигателями внутреннего сгорания, должны иметь складское хозяйство для хранения топлива и смазочных масел. Расположение склада согласуется с органами пожарной охраны.

Эксплуатация электрохозяйства насосных станций и воздушных линий электропередачи проводится на основе действующих правил технической эксплуатации электроустановок промышленных предприятий.

Все электроизмерительные приборы, установленные на насосных станциях, подлежат проверке и клеймению органами Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР. Резервные электродвигатели подлежат периодическому опробованию по графику, утверждаемому главным механиком системного управления. Автоматические устройства электродвигателей — автоматика пуска, защита и другие — также опробуют не реже одного раза в год.

Воздушные пусковые баллоны, трубопроводы и аппараты, находящиеся под давлением выше атмосферного, а также подъемные механизмы и такелажные устройства освидетельствуют и испытывают в сроки, устанавливаемые инспекцией котлонадзора. Резервные насосы проверяют не реже одного раза в 10 дней.

На каждой насосной станции ограждают движущиеся части машин, заземляют корпусы электродвигателей и пусковых устройств, а также принимают другие меры,

обеспечивающие безопасность работы обслуживающего персонала.

Насосные станции должны иметь полный набор средств огнетушения в соответствии с противопожарными правилами.

После остановки насосной станции — в нерабочий период — проводится технический осмотр и необходимый ремонт сооружений и насосно-силового оборудования. В этот период очищается подводящий канал, водоприемник и напорный бассейн; освобождается от воды всасывающий трубопровод, причем в случае опасности его повреждения в период ледохода он демонтируется; ремонтируется приемный клапан, с заменой прокладок и смазкой подвижных частей; освобождается от воды напорный трубопровод.

После ремонта оборудования его приводят в состояние, обеспечивающее сохранность при консервации, — смазывают маслом все полированные части (цилиндры, поршни и т. п.), спускают воду из системы охлаждения, рубашки двигателя и т. д. Если насосная станция расположена в затопляемой зоне, производят ее демонтаж. Зимняя стоянка плавучих насосных станций должна осуществляться в соответствии с правилами плавания по внутренним водным путям СССР.

На насосной станции должны находиться следующие технические документы, в которых фиксируются повседневная работа станции, а также ремонт насосного и энергетического оборудования:

а) журнал работы насосной станции;

б) журнал осмотров и ремонтов оборудования насосной станции;

в) паспортные книги насосов и двигателей;

г) шнуровая книга наблюдений за шатунными болтами;

д) шнуровая книга воздушных пусковых баллонов.

Работа и содержание линейных гидротехнических сооружений

Линейные (внутрисистемные) гидротехнические сооружения вместе с каналами служат средством для транспортировки воды от головного участка системы на орошаемые и обводняемые земли и ее распределения

между хозяйствами-водопользователями в соответствии с установленными планами. Эти функции могут быть выполнены при условии бесперебойной работы сооружений головного участка системы, исправного состояния линейных сооружений и надлежащей их эксплуатации, что, в свою очередь, достигается надежной связью между головным участком системы и узлами линейных сооружений, а также путем постоянного надзора и охраны их.

Каждый распределительный узел на канале и точка выдела воды хозяйству оборудуют водомерными устройствами; в верхнем бьефе должна быть гидрометрическая рейка.

На стенках понурной части распределительного узла и других сооружений наносят несмываемой краской красную черту, определяющую уровень катастрофического горизонта, превышение которого не допускается.

При начальном пропуске воды в систему все отверстия перегораживающих сооружений оставляют открытыми до тех пор, пока канал в нижнем бьефе не заполнится до рабочего горизонта, после чего затворами регулируют уровень воды в верхнем бьефе сооружения и плановые расходы воды по каждому выделу. Расходы воды определяют по водомерным устройствам, установленным на выделах, или по тарировочным кривым.

О всех изменениях расходов воды в голове системы — плановых и тем более неплановых — линейный персонал ставится в известность заблаговременно.

В случае аварии одного из отводов узла и необходимости временного выключения его из работы сбрасывают излишнюю воду или перераспределяют поступающую к узлу воду между другими действующими отводами, впредь до отрегулирования расхода воды, поступающей к узлу.

Подобным образом маневрируют затворами распределительного узла и в случаях внезапного поступления увеличенного расхода воды к узлу и повышения горизонта воды в нижнем бьефе сооружения.

Надзор за расходами и горизонтами воды распределительных узлов и подпорных перегораживающих сооружений должен быть очень тщательным, так как до-

пущение сверхмаксимальных расходов и горизонтов может повлечь за собой прорыв канала, разрушение сооружения с выводом из строя на длительный срок нижерасположенных участков системы.

Дюкеры, сифоны, акведуки и трубы должны иметь огражденные входы и устройства для улавливания плавающих предметов. Высота засыпки над железобетонными трубами должна быть не менее 0,6 *м* и над асбестоцементными — не менее 1,5 *м*. Между металлическими трубопроводами дюкеров, проложенными по поверхности земли, и поверхностью земли должны оставаться просветы не менее 0,6 *м* вдоль всей трассы для осмотра и ремонта трубопроводов в процессе их эксплуатации. Особое внимание нужно обращать на сопряжение верхних бьефов этих сооружений с каналом для предупреждения возможной фильтрации; нельзя допускать образования подпоров у входных частей этих сооружений. На перепадах и быстротоках ни в коем случае нельзя допускать размывающих скоростей в местах сопряжения нижних бьефов сооружений с каналом.

Вдоль стенок регулирующих сооружений устраивают площадки шириной до 3 *м* с поперечным уклоном от стенок и устройством кюветов для отвода атмосферных вод.

На всех сооружениях нужно систематически проверять состояние обратной засыпки за стенками сооружений; просадка обратной засыпки сигнализирует об опасной фильтрации и выносе грунта.

При осмотре гидротехнических сооружений проверяют: образование поверхностных трещин в бетонных и железобетонных сооружениях, обнажение арматуры и состояние швов; заклепки и болтовые соединения в металлических конструкциях, стыки и металлические крепления в деревянных конструкциях, защиту их от гниения, работу щитовых устройств и подъемных механизмов, утечку воды через уплотняющие устройства затворов.

Состояние подводных частей сооружений проверяют промерами и зондированием.

На каждом узловом сооружении, расположенном на канале межхозяйственного назначения, устанавливают постоянный репер для проведения контрольных инструментальных замеров.

§ 51. УХОД ЗА ЗАТВОРАМИ, ПОДЪЕМНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ И МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Затворы, перекрывающие водопропускные отверстия гидротехнических сооружений, механизмы для их подъема и опускания, ремонтные и аварийные затворы, шандоры и спицы, а также всякого рода металлические ограждения (на служебных мостиках и др.) необходимо всегда содержать в исправном состоянии.

Затворы считаются в исправном состоянии, если при работе под напором они не имеют перекосов, движение их совершается плавно, а в местах прилегания к опорным боковым поверхностям и брусу на пороге сооружения отсутствует утечка воды.

Затворы, опорные и ходовые части, а также всякого рода металлоконструкции нужно регулярно очищать от грязи, снега и льда; трущиеся во время работы детали, тросы и цепи периодически смазывают, а наружные (нешлифованные) поверхности оборудования и металлоконструкций окрашивают.

Шандоры и спицы должны быть пронумерованы и сложены в местах хранения в порядке, обеспечивающем их последовательную укладку в отверстия сооружения. Деревянные конструкции должны быть защищены от непосредственного воздействия солнца и атмосферных осадков.

Подъемные механизмы снабжают тормозными приспособлениями, чтобы поддерживать их в необходимом положении. Трущиеся части должны быть защищены кожухом от пыли и осадков, а также ограждены в соответствии с требованиями техники безопасности.

Работу подъемных механизмов периодически проверяют путем подвижки затворов; замеченные при этом неполадки немедленно устраняют. Перед каждым подъемом или опусканием затворов и заграждений осматривают механизмы, тормозные устройства, пазы и уплотнения.

Чистку подъемных механизмов и их ремонт проводят при опущенных щитах, соблюдая правила техники безопасности.

Маневрирование затворами головных гидроузлов и крупных водораспределительных узлов производят ли-

ца, отвечающие за работу всего узла сооружений, в соответствии с инструкцией по эксплуатации этих сооружений.

§ 52. СОДЕРЖАНИЕ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ И ПОЛИВНЫХ МАШИН

Дождевальные машины и установки по способу действия подразделяются на позиционные и самоходные, а по дальности действия струи — на короткоструйные, среднеструйные и дальнеструйные.

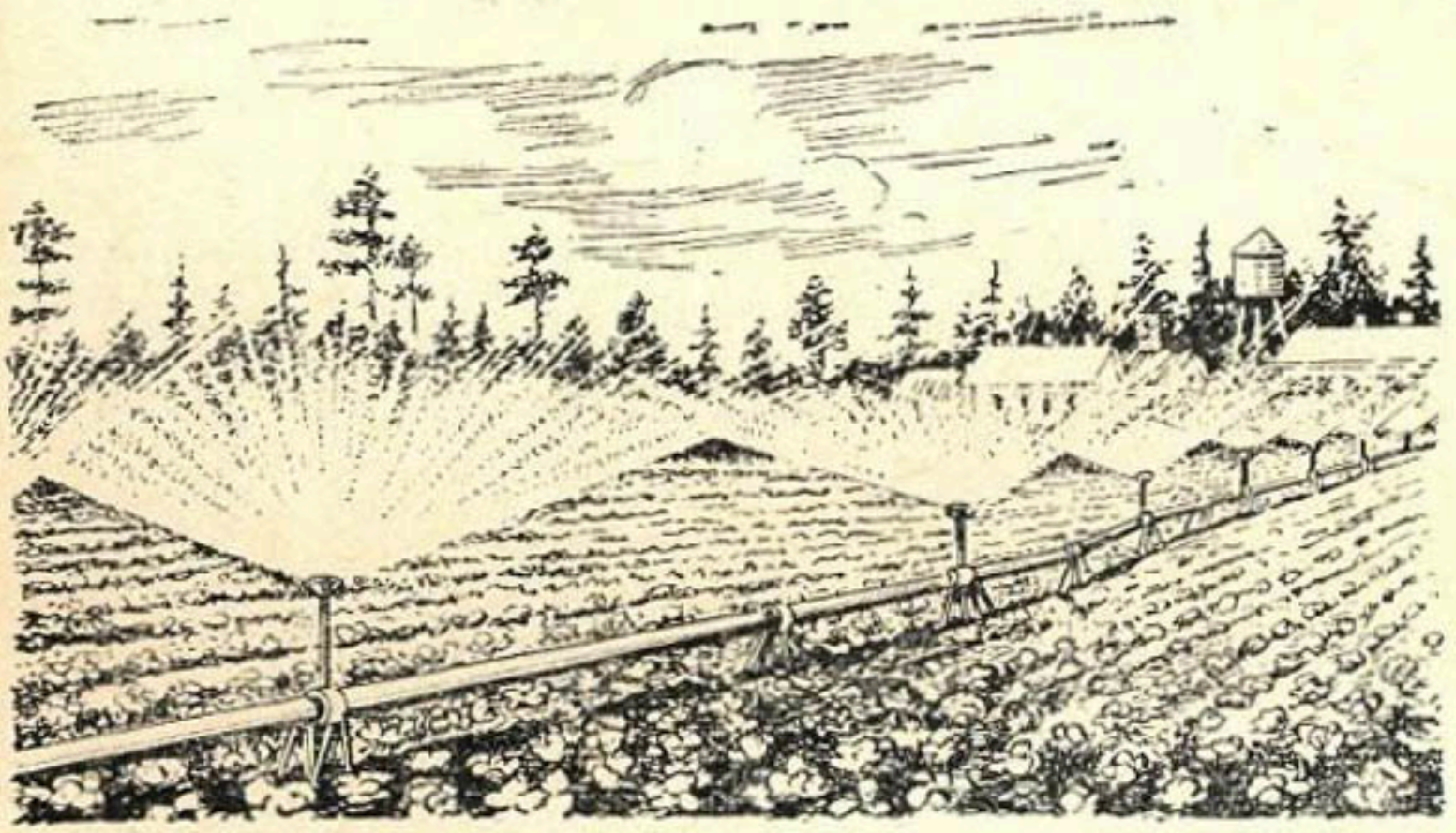


Рис. 13. Короткоструйная дождевальная установка КДУ-55 в работе.

Образцом короткоструйной дождевальной установки позиционного действия может служить установка типа КДУ-41, а также улучшенная модель КДУ-55 или КДУ-55М (рис. 13).

Это низконапорная установка разборного переносного типа, предназначенная для полива сельскохозяйственных культур преимущественно от закрытой сети. В комплект КДУ-55М входят алюминиевые трубы длиной 5 *м* — 57 штук, алюминиевые трубы длиной 2,5 *м* — 2, присоединительные тройники — 2, рабочие муфты в сборе — 24, проходные муфты в сборе — 41, колена в

сборе (правое и левое) — 2, хомуты с петлями — 61, хомуты без петель — 65, заглушки в сборе — 4 и насадки — 24 штуки.

При помощи перечисленных деталей собираются вспомогательный трубопровод длиной 55 *м* и два дож-

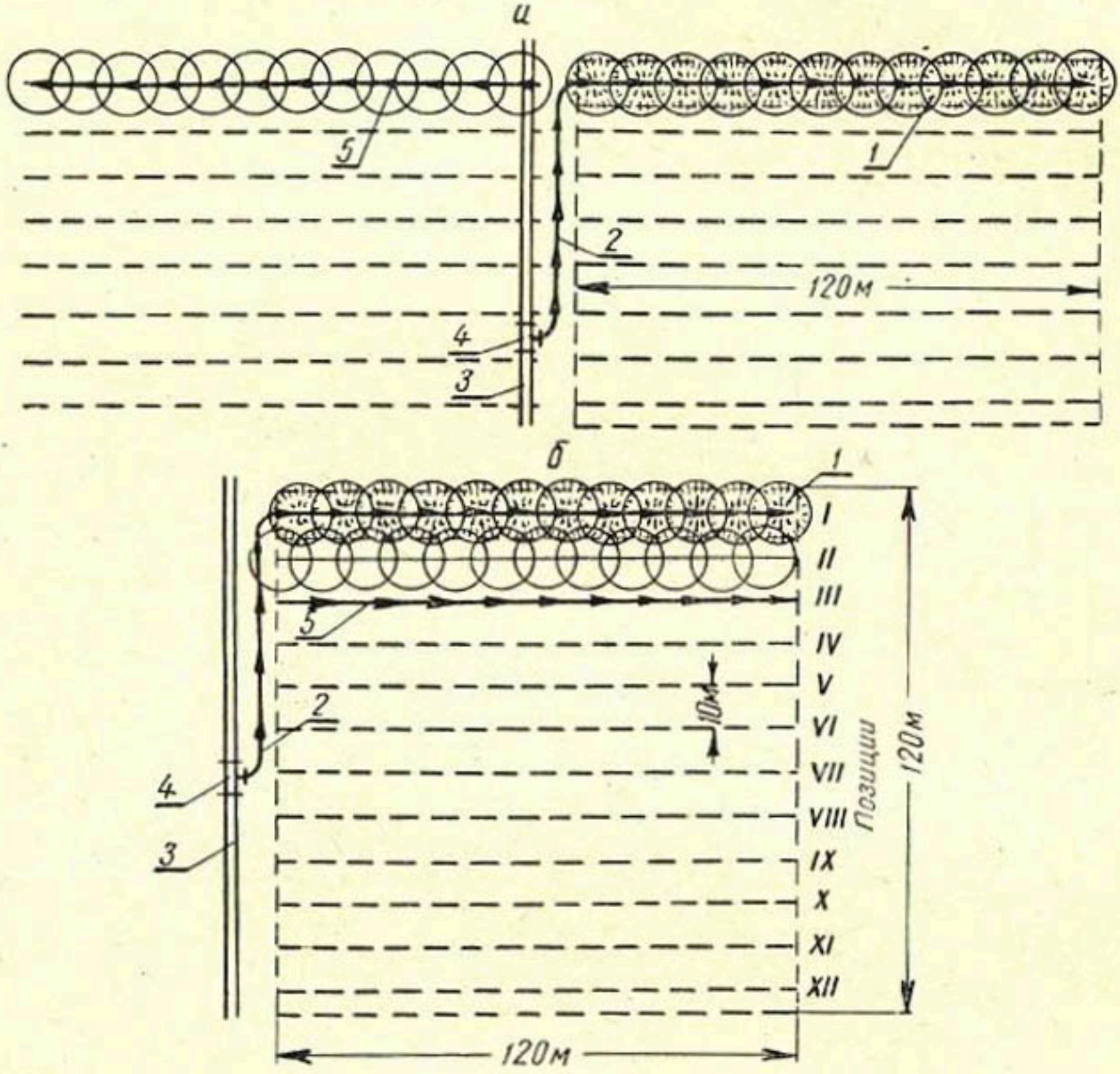


Рис. 14. Схемы перестановки дождевальных крыльев КДУ-55:

а — двусторонняя; *б* — односторонняя. *1* — действующее дождевальное крыло; *2* — вспомогательный трубопровод; *3* — магистральный трубопровод; *4* — гидрант; *5* — дождевальное крыло, подготавливаемое к работе.

девальных крыла длиной 120 *м* каждое; на каждом крыле имеется 12 насадок с расстоянием между ними 10 *м*.

Схемы работы КДУ показаны на рисунке 14. Производительность установки КДУ-55 — 2,4 *га/смену;* расход воды — 25 *л/сек;* обслуживающий персонал — 2 человека; вес одного звена — 19,4 *кг* ($m = 300$ *м*^{3}*/га*).

На рисунке 15 показан дальнеструйный дождевальный агрегат типа ДДА, предназначенный для полива овощных, плодово-ягодных и других сельскохозяйственных культур. Агрегаты подобного типа навешиваются на трактор. Они состоят из насосов с редукторами, предназначенными для увеличения числа оборотов рабочего

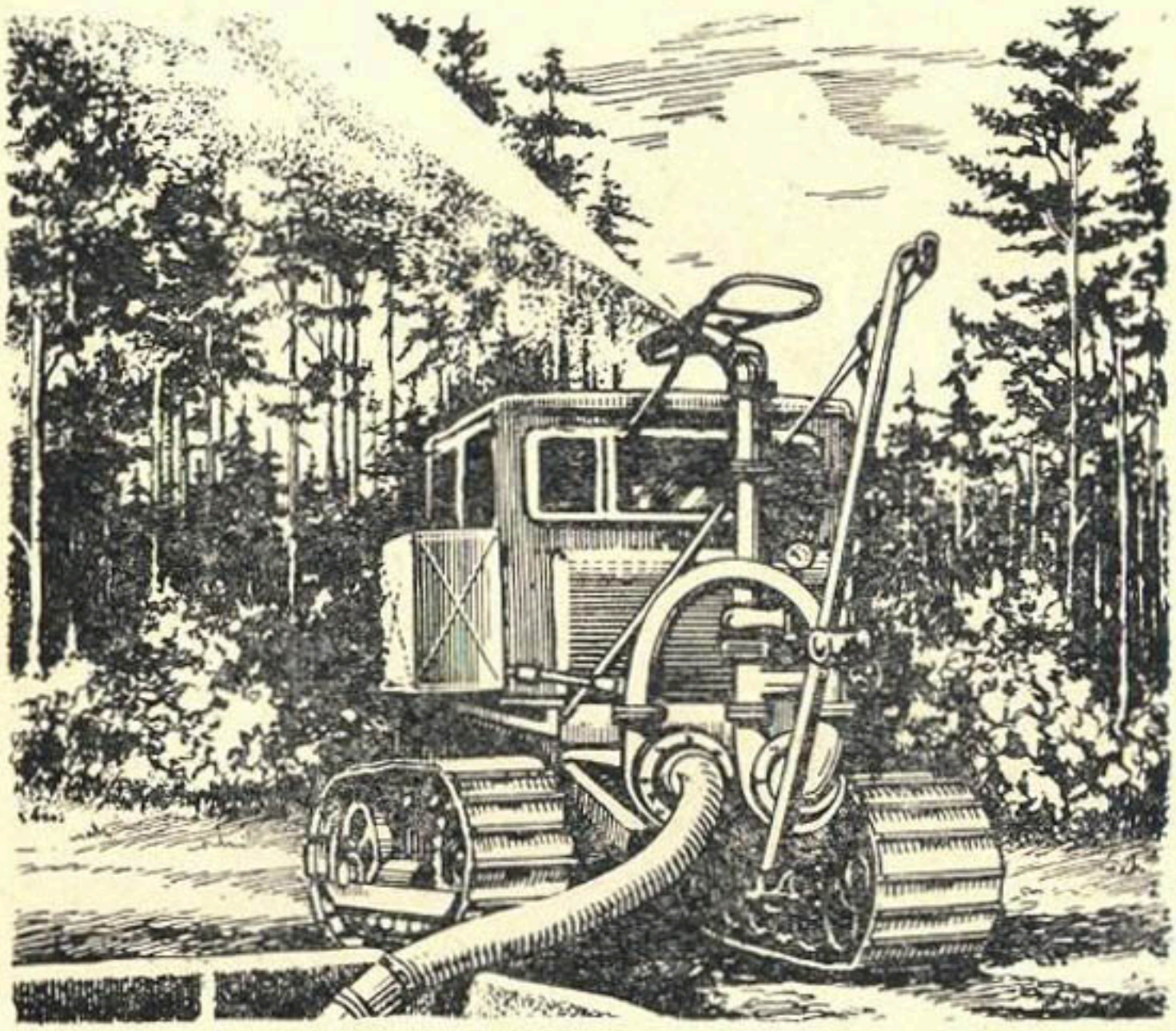


Рис. 15. Дальнеструйный дождевальный агрегат ДДА.

колеса насоса и дождевальных аппаратов. Агрегат работает позиционно, с питанием водой из временных оросителей. Дождевальный аппарат — насадка — может подавать струю, вращаясь вокруг вертикальной оси как вкруговую, так и с регулируемой величиной угла поворота — по сектору. На рисунке 16 показана схема орошения ДДА при полном вращении насадки — вкруговую.

Дальнеструйный дождевальный агрегат подобного типа — ДДН-45, навешенный на трактор ДТ-54, может оросить в час 0,36 *га* при норме полива 300 $м^3/га$; сред-

ний радиус действия 60 *м;* площадь полива с одной стоянки 1 *га.*

Наиболее распространенной самоходной дождевальной машиной является дождевальный агрегат ДДА-100М (рис. 17), состоящий из трактора ДТ-54,

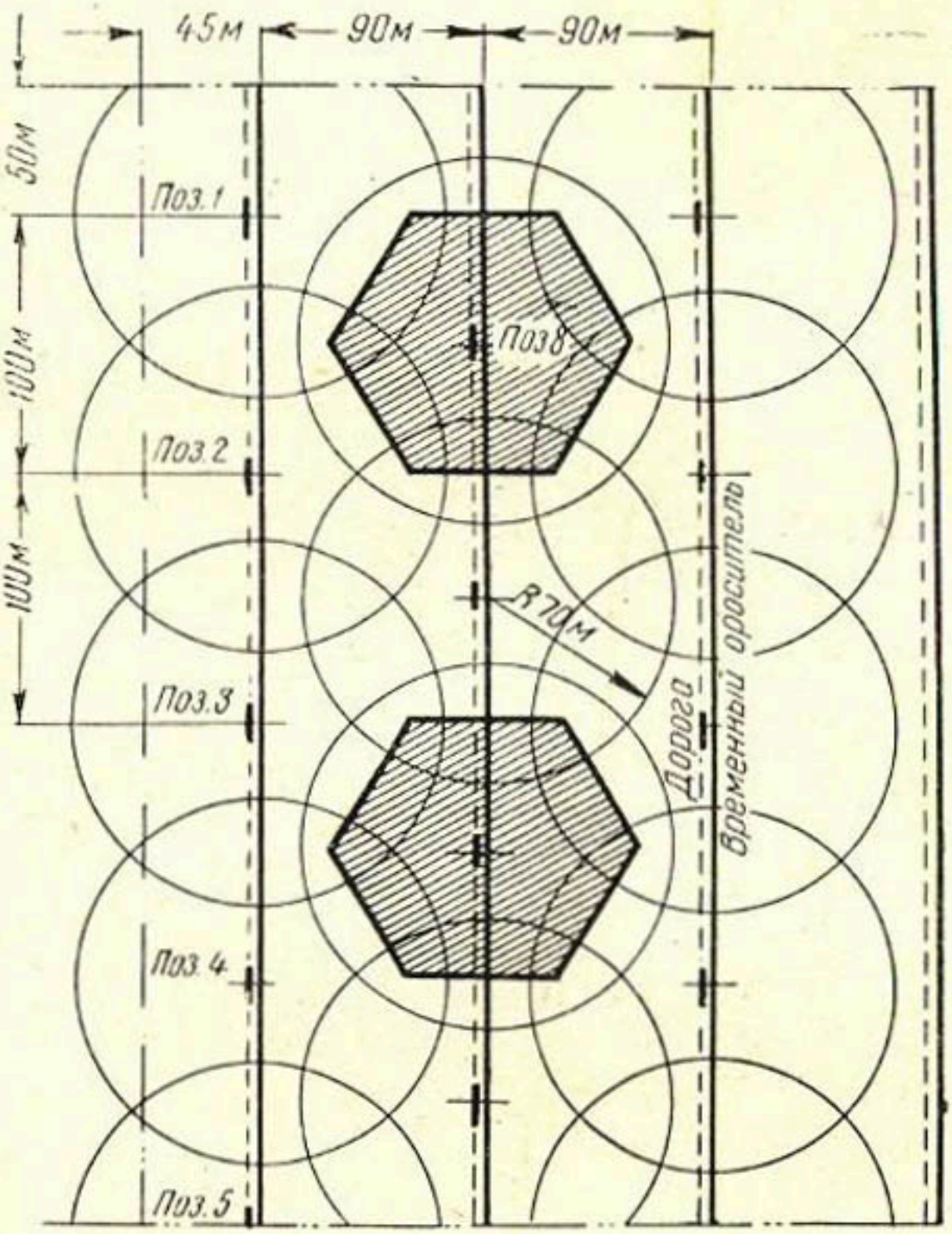


Рис. 16. Схема орошения дальнеструйным дождевальным агрегатом при полном вращении насадки.

двухконсольной фермы (дождевальное крыло), дождевальных короткоструйных насадок, центробежного насоса 8К-12 с редуктором и всасывающим устройством для забора воды из оросительного канала при движении вдоль него (рис. 18).

Производительность машины ДДА-100М при норме полива 300 *м*^{3}*/га* составляет 1 *га/ч;* расход воды

100 *л/сек;* ширина захвата (расстояние между каналами) 120 *м;* скорость движения агрегата 360 *м/ч;* машина обслуживается одним трактористом.

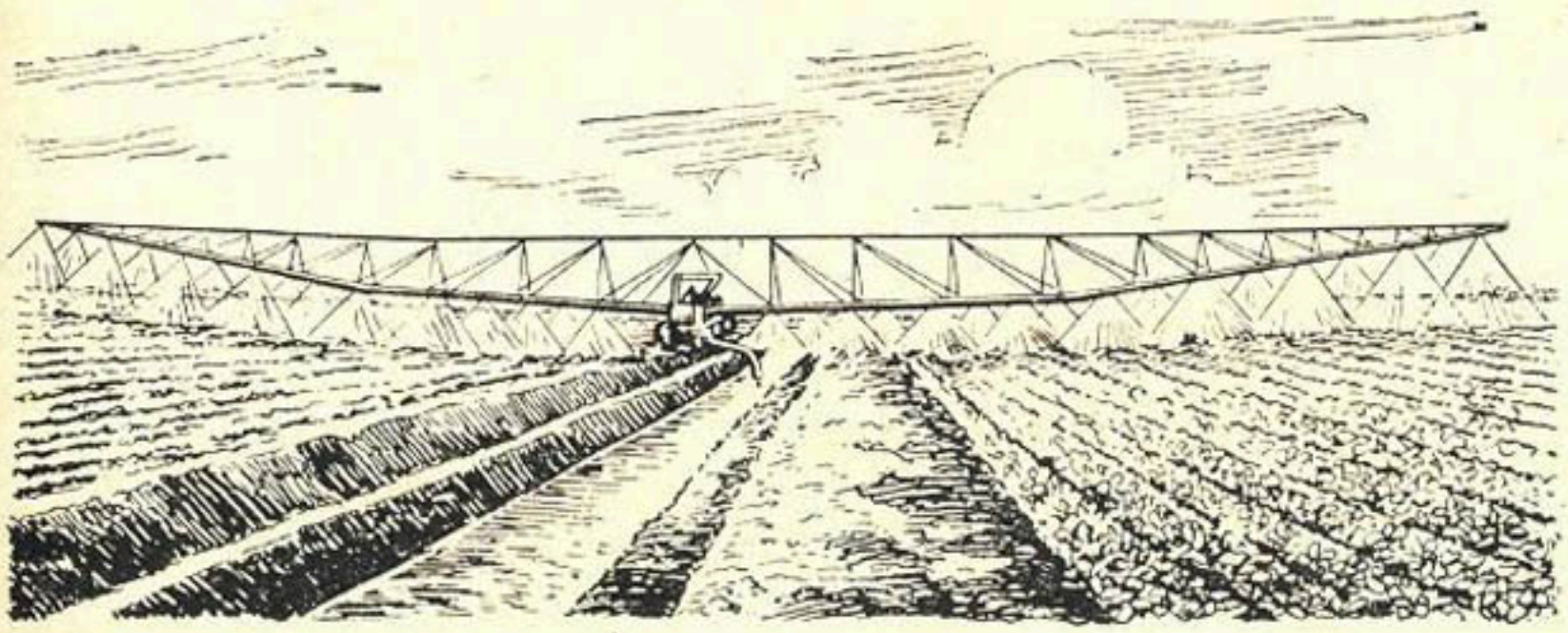


Рис. 17. Двухконсольная дождевальная машина ДДА-100М в работе.

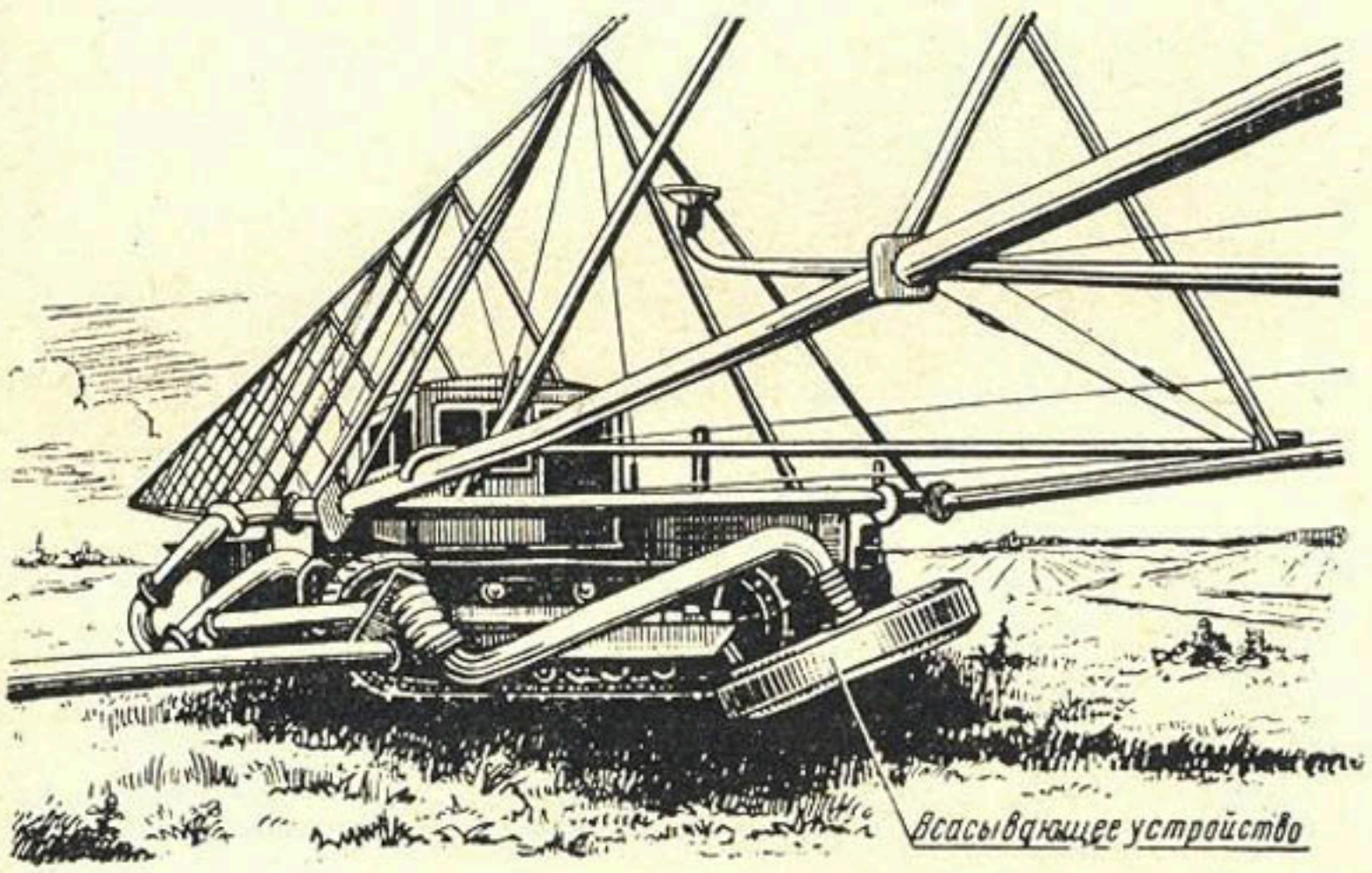


Рис. 18. Центральная часть двухконсольной дождевальной машины ДДА-100М.

В отличие от дождевальных машин и установок самоходная поливная машина СПМ-200 производит полив сельскохозяйственных культур не искусственным дождем, а струей через короткие шланги, расположенные через 60 *см* и присоединенные к нижнему водопроводя-

щему поясу фермы (рис. 19). На каждой ферме расположено 80 водовыпусков. Таким образом, полив производится одновременно по 160 бороздам при общей ширине захвата 100 *м*. Машина движется не сбоку канала, а над ним, по дамбам. Для удобства забора воды к корпусу насоса, рабочая часть которого погружена в воду, прикреплена перемычка, которая передвигается вместе с машиной и создает подпор воды в оросительном канале; нижняя часть перемычки выполнена в форме лыжи, скользящей по дну канала. Расход воды через один водовыпуск до 1,5 *л/сек*.

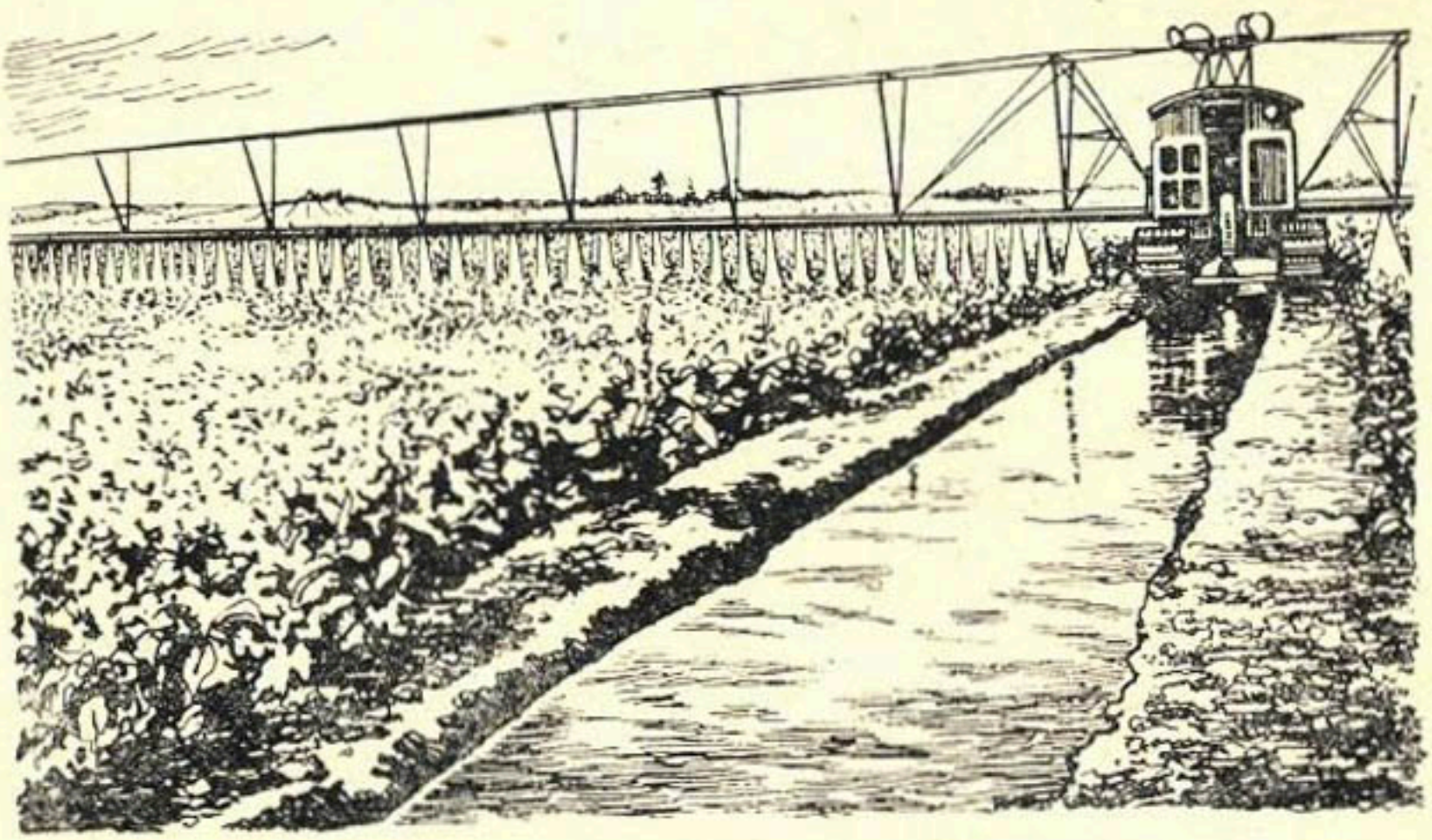


Рис. 19. Самоходная поливная машина СПМ-200.

Дождевальные и поливные машины ремонтируют осенью на основе дефектных ведомостей, которые составляют в результате технического осмотра машин и установок после окончания поливного сезона. Качество ремонта проверяют опробованием машин и установок; затем их ставят на хранение, частично разбирая и смазывая все части, подверженные коррозии.

§ 53. СОДЕРЖАНИЕ ГИБКИХ ПОЛИВНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Для полива сельскохозяйственных культур при помощи гибких пластифицированных трубопроводов (рис. 3) применяют различные схемы их расположения,

в зависимости от размера поливных участков, уклонов, расположения постоянных каналов и их пропускной способности. На рисунке 20 показана одна из наиболее распространенных схем расположения транспортирующих и поливных трубопроводов. Транспортирующий трубопровод укладывается вдоль поливных борозд или полос длиной на 80—100 *м* меньше длины поливного участка. Верхний (головной) конец трубопровода подключают к сифону, установленному на постоянном распределительном канале, а нижний конец закрывают рычажным зажимом. Затем при помощи навесного к трактору намоточного устройства (см. рис. 22) укладывают перпендикулярно к транспортирующему поливной трубопровод, присоединяя его к нижнему, наиболее удаленному от сифона, гибкому гидранту. К концу полива первым трубопроводом подключают для полива второй поливной трубопровод, соединенный со следующим гибким гидрантом; нижний гидрант перекрывают, и первый поливной трубопровод устанавливают на следующей позиции. Полосу, прилегающую к распределительному каналу, можно полить, присоединяя поливной трубопровод к сифону или к небольшому отрезку транспортирующего трубопровода, снабженного отводом.

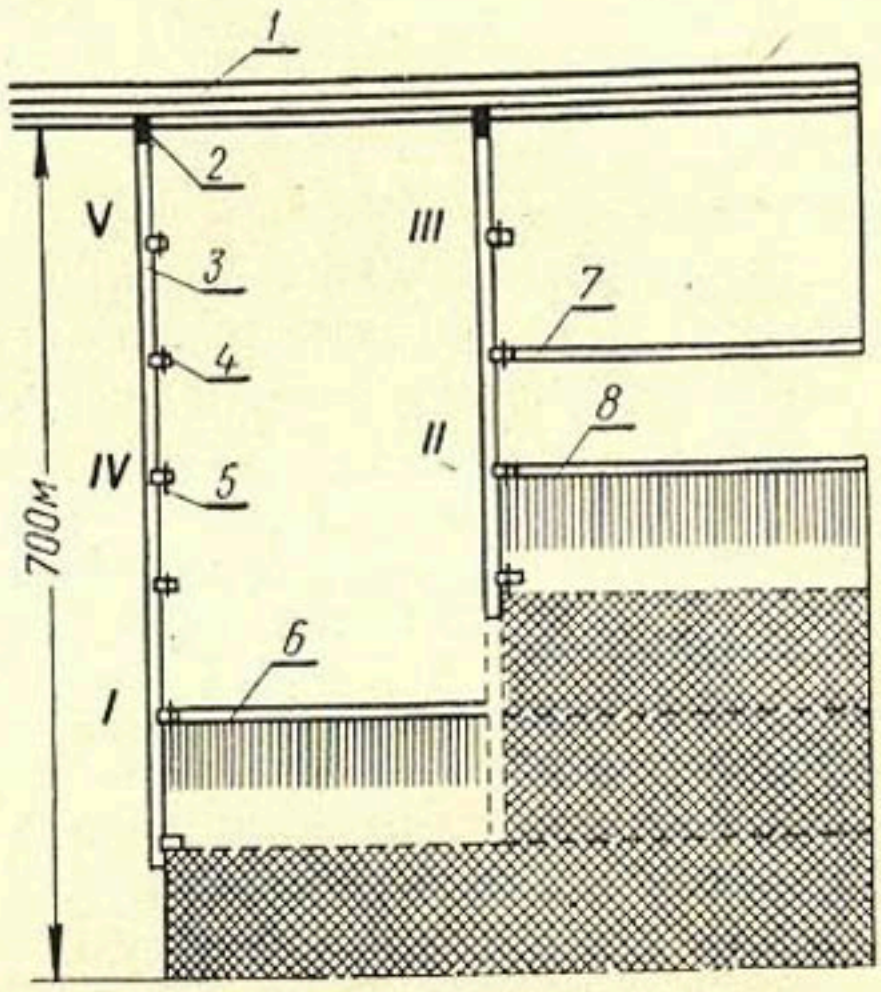


Рис. 20. Схема расположения транспортирующих и поливных трубопроводов:

1 — распределительный канал; *2* — водозаборное устройство; *3* — транспортирующий трубопровод; *4* — гибкий гидрант; *5* — съемный рычажный зажим; *6* — поливной трубопровод № 3; *7* — поливной трубопровод № 2; *8* — поливной трубопровод № 1.

Через 10—20 часов после начала полива первой секции начинают поливать вторую, для чего укладывают второй транспортирующий трубопровод с питанием его от второго сифона, расположенного рядом с первым. Для полива второй секции используют только один

поливной трубопровод, а вторым — резервным — обслуживают обе секции. Практически поливные трубопроводы 1, 2, 3 не разделяются на основные и резервные, а поочередно переключаются из одной секции в другую и таким образом обеспечивается непрерывная работа двух секций. После работы поливных трубопроводов в двух положениях освободившийся нижний отрезок транспортирующего трубопровода отключают и перемещают на новую позицию — к третьему сифону; в таком порядке постепенно монтируют транспортирующий трубопровод на новой позиции и к нему приключают освободившийся очередной поливной трубопровод, начиная с нижнего гибкого гидранта. Таким образом, при одновременной работе двух секций третья подготавливается к работе.

При трехсекционной схеме комплект поливного устройства обслуживается двумя поливальщиками и одним трактористом.

Гибкие пластифицированные трубопроводы изготовляют отрезками длиной по 40—50 *м;* для использования их в качестве транспортирующих трубопроводов отрезки сшивают, доводя длину до 100 и 200 *м*. Например, при длине транспортирующего трубопровода 1000 *м* целесообразно иметь семь секций: три по 200 *м* и четыре по 100 *м*.

Поливные трубопроводы также сшивают из 5—6 отрезков разного диаметра с конусными переходами. При диаметре первого отрезка 440 *мм* длина секций составляет обычно 250—300 *м,* а при диаметре 350 *мм* — 150—250 *м*. Отдельные секции транспортирующих трубопроводов соединяют изготовленными из листового железа отъемными цилиндрическими муфтами, на которые одевают оба конца трубопроводов по линии движения воды; концы стягивают сверху ремнями из пластифицированной ткани.

Секции поливных трубопроводов также соединяют отъемными муфтами или надвигают один трубопровод на другой на 50—60 *см* по линии движения воды.

На транспортирующем трубопроводе через каждые 80—100 *м* устраивают отводы для подключения к ним поливных трубопроводов. По всей длине поливных трубопроводов пробивают отверстия с интервалом между ними, равным расстоянию между поливными бороздами.

Все работы, связанные с подготовкой пластифицированных трубопроводов к поливу, следует производить под навесом или в тени, так как в первые две-три недели эти трубопроводы подвержены значительному размягчению под действием солнечных лучей. Все места на трубопроводах, где выступает пропиточный состав, следует присыпать земляной пылью; этой же пылью после предварительного прогрева на солнце обсыпают внутреннее сечение концов трубопроводов во избежание их склеивания.

Чтобы обеспечить пропуск максимального расхода воды через гибкие трубопроводы и их устойчивость, трубопроводы нужно укладывать в небольшое ложе глубиной 5—10 *см*. Для этой цели лучше всего использовать поливную борозду, выровняв в ней все встречающиеся перекаты. Поливной трубопровод укладывают поперек поливных борозд, гребни которых срезают специальным плужком, укрепленным на раме навесного намоточного устройства. Поливной трубопровод располагают так, чтобы водовыпускные отверстия были расположены сбоку, в сторону полива. Для компенсации потерь напора в поливном трубопроводе его укладывают с уклоном, т. е. головной участок его располагают выше остальной части; небольшие местные подъемы могут быть преодолены наличием запаса в напоре.

Расход поливных трубопроводов регулируют централизованно (рычажные и винтовые зажимы, перетяжка поливных трубопроводов ремнем или шнуром) или через каждое водовыпускное отверстие с помощью затягиваемых клапанов из пластифицированной ткани (рис. 21).

Трубопроводы укладывают намоточным устройством, навешенным на трактор (рис. 22). В начальный период, когда на катушке намотано большое количество трубопровода, ее вращение осуществляется от вала отбора мощности трактора; после укладки 60—100 *м* привод катушки отключают от вала и трубопровод сматывают при свободном вращении катушки.

Гибкие трубопроводы собирают, наматывая их на катушку при движении трактора вдоль трубопровода, если путь движения намоточного устройства остается сухим. В случае увлажненного поля производится дистанционная сборка с помощью троса (рис. 22) при стационарном положении трактора.

Во избежание заиления трубопроводов их сечение должно подбираться с таким расчетом, чтобы скорости течения воды в них превышали предельные незаиляющие скорости, т. е. не допускали осаждения взвешенных наносов; практически средняя скорость в них должна быть не менее 0,7—0,8 *м/сек.*

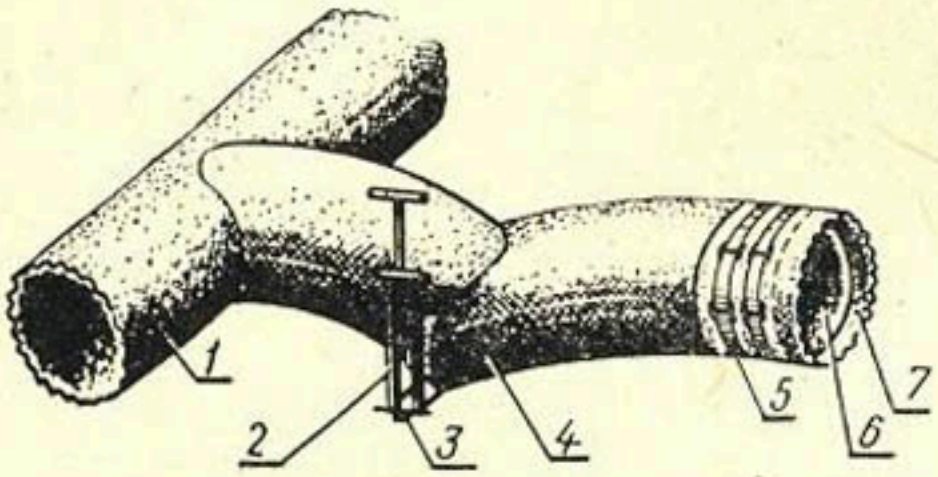


Рис. 21. Регулировка воды через гибкие трубопроводы:

1 — транспортирующий трубопровод; *2* — винтовой зажим; *3* — рычажный зажим; *4* — гибкий гидрант; *5* — пояс; *6* — кольцо; *7* — поливной трубопровод.

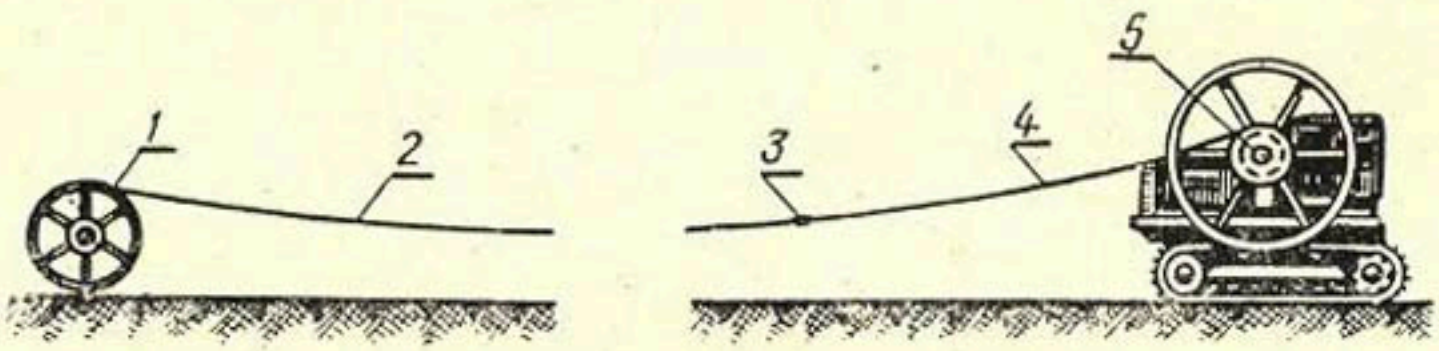


Рис. 22. Дистанционная намотка гибкого трубопровода:

1 — направляющая катушка; *2* — поливной трубопровод; *3* — рычажной зажим; *4* — трос; *5* — навесное намоточное устройство.

При наличии в распределительных каналах придонных наносов в виде песка принимают меры, не допускающие его проникновения в трубопроводы. Для этого при заборе воды из канала нижнюю кромку входной части сифона или трубы располагают выше дна канала не менее чем на 35 *см.* В случае проникновения песка через сифон или трубчатый водозабор его улавливают, создавая в головной части транспортирующего трубопровода ложе длиной 3—4 *м,* заглубленное на 25—30 *см* ниже остальной части трубопровода.

Сифоны, подающие воду в транспортирующие трубопроводы, заряжают при помощи трактора или ручного

вакуум-насоса. Для зарядки сифона трактором пользуются дроссельной насадкой, надеваемой на трубу трактора для всасывания воздуха, и автоматическим вакуум-бачком.

Для поддержания необходимой глубины воды в канале перед сифоном устанавливают гибкие перемычки. В месте их установки дно и откосы канала очищают от растительности и выравнивают. Перемычку с продетыми в верхней части ее трубой и тросом растягивают над каналом, не погружая в воду. После закрепления концов троса в дамбах канала специальными стержнями перемычку опускают в воду и закрепляют шпильками по всему периметру к дну и откосам канала.

Гибкие пластифицированные трубопроводы и перемычки в случае их повреждения ремонтируют, зашивая их прочными хлопчатобумажными нитками, натертыми пластифицирующим составом. Поврежденное место перед зашивкой очищают от грязи, высушивают и смазывают пластифицирующим составом.

При крупных повреждениях трубопроводов отдельные участки их вырезают и заменяют новыми.

Для сохранения прочности пластифицированной ткани, из которой изготовлены гибкие трубопроводы и перемычки, необходимо обязательно периодически ее просушивать. Просушка в поливной период должна производиться в течение 4—6 часов не реже чем через 10—15 дней.

После окончания поливов трубопроводы должны быть тщательно промыты и просушены в течение 2—3 дней. Они должны храниться в сухом месте.

Для увеличения срока службы пластифицированных трубопроводов целесообразно через каждые 1—2 года покрывать их внутри и снаружи лаком.

§ 54. СОДЕРЖАНИЕ КАНАЛОВ И ЗАЩИТНЫХ ВАЛОВ

Эксплуатация каналов оросительных и обводнительных систем и защитных валов осуществляется в соответствии с техническими условиями, основные требования которых изложены в § 50.

Для предупреждения повреждений и аварий на каналах и защитных валах ведется систематическое на-

блюдение за их работой (объезд и осмотр). Результаты объезда и осмотра фиксируются в специальных журналах, хранящихся у лиц, ответственных за работу данного канала или защитного вала.

Особо тщательное наблюдение ведется на участках каналов в высоких дамбах, на крутых косогорах, а также на участках каналов, проходящих в просадочных грунтах. В наиболее напряженный период работы каналов на ответственных участках организуется охрана.

Отвод воды из каналов для орошения и обводнения и постройка различных сооружений на магистральном канале и межхозяйственных распределителях каждый раз согласуются с управлением мелиоративной системы во избежание нарушения нормальной работы системы. Особо тщательно следят за тем, чтобы на каналах не устраивали каких-либо перемычек, подпруд и других преград.

Пастьба скота на орошенных землях, а также перегон его через каналы и дамбы ведут к разрушению откосов, дна, кавальеров и креплений. Для предупреждения этих разрушений скот надо пасти загонами, устраивая вдоль каналов и валов постоянные или переносные изгороди, электропастухи, скотоперегонные мосты, водопойные площадки и т. п.

Для предохранения каналов от разрушений при переходах и переездах необходимо устраивать достаточное количество мостов, труб-переездов, переправ, бродов и пешеходных мостиков.

Не допускается также загрязнение каналов сточными водами.

Наполнение и опорожнение каналов производят в определенном порядке, в зависимости от размеров и расходов каналов. Увеличение и уменьшение расходов должно быть постепенным, с интервалами между изменениями не менее 2 часов. В этих интервалах расходы воды в крупных каналах следует изменять не более чем на 10%, а в малых каналах — на 20%. Необходимость постепенного изменения уровня воды в канале вызывается тем, что установившийся в теле канала уровень грунтовых вод не успевает снизиться вместе с резким снижением горизонта воды в канале; вследствие образующейся разности уровней появляется гидродинамическое давление на откос канала со стороны грунтовых

вод, которое вызывает оползни грунта или разрушение облицовки канала.

Не допускается пользование форсированными расходами воды в новых каналах в первый год их работы.

На участках каналов с одеждами и креплением устанавливают систематический надзор за состоянием облицовок, температурных швов и дренажей.

На всех каналах межхозяйственного назначения, подлежащих очистке от наносов, устанавливают по оси канала через каждые 200 *м* донные репера на глубину не менее 1 *м;* головку репера закладывают на 5 *см* выше проектного дна канала.

Ответственным периодом в эксплуатации оросительных и обводнительных систем является период прохождения паводков. При прохождении паводков усиливают охрану валов, защищающих от затопления населенные пункты, дороги, промышленные объекты и сельскохозяйственные угодья. В этот период особенно следует опасаться оползания низового откоса вала в результате фильтрации, размыва верхового откоса волнами, продольным течением, а также ледоходом, перелива воды через гребень вала и размыва береговой полосы вместе с расположенными на ней валами.

На период прохождения паводков дополнительно к штату охраны обвалования организуются аварийные бригады рабочих. Заблаговременно, для обеспечения быстрой ликвидации возможных прорывов валов, в опасных местах обвалования сосредоточивают аварийные запасы материалов.

По защитным валам нельзя пасти скот. Если имеется крайняя необходимость прогонять скот по отдельным участкам валов, то их необходимо оборудовать ограждениями и пологими подходами и спусками. Нельзя вырубать лес и кустарник, разводимый для защиты береговой полосы между рекой и валами.

Значительные повреждения валов, особенно на второй линии обвалования, в междупаводковые периоды наносят землеройные животные, устраивающие свои норы и ходы в теле вала. Для предупреждения прорывов валов необходимо постоянно следить за появлением этих повреждений и принимать меры для их устранения.

§ 55. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДРЕНАЖНЫХ КАНАЛОВ

Содержание и ремонт открытых и закрытых дренажных каналов имеют свои особенности.

Открытые дренажные каналы, как правило, проходят в понижениях, в выемках и в грунтах, насыщенных водой. Вследствие снижения горизонтов грунтовых вод происходит оседание почвогрунтов. Неравномерная осадка приводит к деформации сечения дренажных каналов и уменьшению их глубин, что может вызвать повышение уровня грунтовых вод.

При наличии в дренажных каналах разжиженных грунтов происходит их вытекание из-под откоса; это приводит к сползанию и обрушению верхних слоев грунтов и к заилению каналов.

Дренажные каналы, проходящие в понижениях, принимают насыщенные наносами поверхностные воды с водосборной площади. Эти воды, сливаясь в каналы, заиляют их и размывают откосы. Заиление и размыв дренажных каналов происходят также при сбрасывании в них неиспользованной воды из оросительной сети.

Следует также отметить еще одну особенность открытых дренажных каналов. Дренажные каналы в условиях нормальной эксплуатации работают при малой глубине наполнения их водой. Это диктуется необходимостью не допускать повышения уровня грунтовых вод выше определенной отметки. Ввиду малого наполнения дренажных каналов откосы их в большей мере, чем откосы оросительных каналов, подвержены выветриванию, растрескиванию под воздействием мороза, размыву водой, стекающей с водосборной площади, а также интенсивному зарастанию болотной растительностью, главным образом камышом.

Дополнительному заилению каналов способствует также развевание кавальеров, расположенных вдоль дренажных каналов. Оно происходит особенно интенсивно в тех случаях, когда кавальеры размещены вблизи канала и сложены из несвязных грунтов (песков).

Дренажные каналы имеют значительную глубину и зимой заносятся снегом; весной этот снег превращается в лед, образуя в каналах подпоры, что может вызвать подтопление или затопление прилегающей территории.

При плохом надзоре за открытыми дренажными каналами происходит разрушение откосов канала, завалы его и заиление в результате пастьбы скота у канала, устройства водопоев, переезда через канал подвод и тракторов, перегона через него скота, запруживания канала гатями и других причин.

Повреждения открытых дренажных каналов нарушают их нормальную работу, приводят к уменьшению их водоотводящей способности и к повышению уровня грунтовых вод. Достаточно небольшое обрушение с образованием перемычки в канале или умышленное устройство перемычки или гати для переезда или водопоя, как весь выше расположенный участок канала выключается из работы и создаются условия для заболачивания земель и образования очагов развития малярии.

Надзор за работой дренажных каналов и их охрана осуществляются линейными работниками управления оросительной системы.

Ежедневно необходимо проверять горизонты воды в дренажных каналах и уровни грунтовых вод в смотровых колодцах; нельзя допускать повреждения каналов людьми и скотом; из каналов надо извлекать мусор и другие посторонние предметы, способствующие образованию заторов и перемычек. При обнаружении застоев воды в дренажных каналах нужно принимать немедленные меры к устранению причин их возникновения.

Систематически, в порядке планового ремонта следует очищать каналы от заиления и зарастания, ремонтировать крепления дна и откосов каналов и в случае деформаций и осадок приводить профиль их к проектным размерам.

Долговечность работы закрытых дренажных каналов (траншейный дренаж) в значительной степени зависит от дренажных материалов и качества строительных работ. При хорошем качестве работ и систематическом надзоре траншейный закрытый дренаж из гончарных труб может проработать без ремонта 25—30 лет и более. Менее долговечны (10—15 лет) дренажные системы, в которых в качестве дренирующего материала использованы хворост или жерди. Причина недолговечности — загнивание этих материалов, особенно при

периодическом опорожнении дрен, а также постепенное заиление дренажа.

Основной причиной нарушения нормальной работы закрытых дрен является их заиление ввиду расстройства швов или деформации траншеи, а также вследствие ненадежности фильтра и прорастания в дрены корней деревьев.

Устранение повреждений в закрытых дренах связано с трудностью нахождения места повреждения. Для

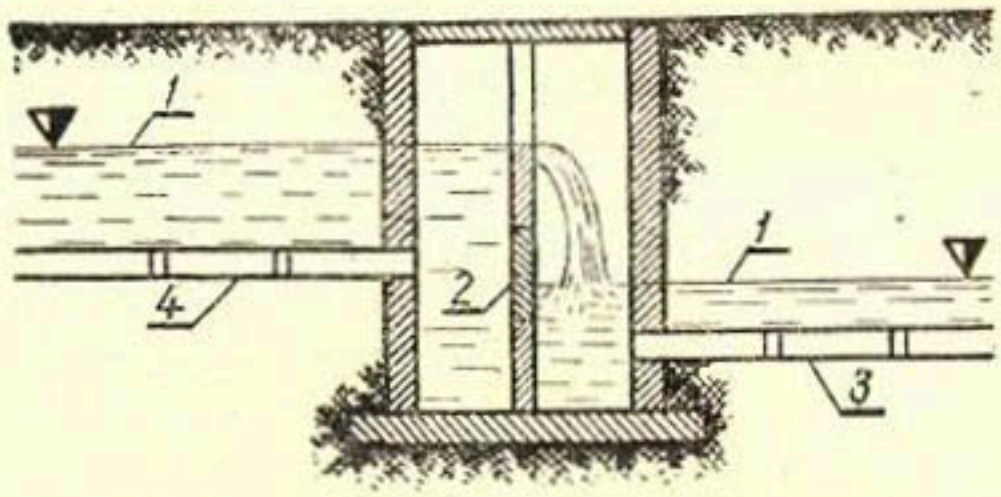


Рис. 23. Колодец-регулятор:
1 — горизонт грунтовых вод; *2* — шандоры; *3* — отводящая дрена; *4* — подводящая дрена.

того чтобы было возможно обнаружить места повреждения закрытых дрен и наблюдать за их работой, устраивают смотровые колодцы (рис. 23).

Смотровые колодцы располагают вдоль закрытых дрен.

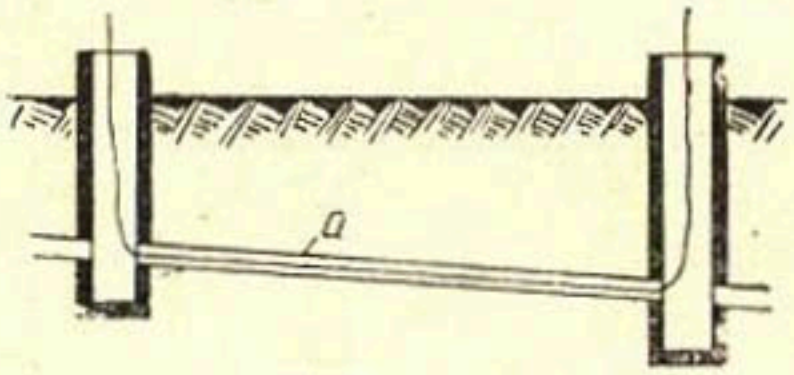


Рис. 24. Прочистка дрен от наносов металлической щеткой.

Они позволяют не только обнаружить заиленную дрену, но и прочистить ее круглой щеткой, насаженной на проволоку, которая протаскивается между двумя колодцами (рис. 24).

Смотровые колодцы служат одновременно и илоуловителями, так как дно их закладывается ниже дрен,

§ 56. БОРЬБА С НАНОСАМИ

Образование наносов в водном потоке

В реках имеется большое количество наносов. Эти наносы являются продуктом смыва почв в бассейне реки талыми и ливневыми водами, а также продуктом размыва ложа и берегов реки. Разрушенные горные породы, образующиеся в результате деятельности ветра, передвижные пески в пустынных районах и оползни служат дополнительными источниками насыщения водного потока наносами.

Механический и химический состав наносов и их количество зависят от многих факторов: состава почв в бассейне реки, топографических и климатических условий, характера поверхности бассейна, грунтов ложа реки, скорости течения воды.

Чем меньше залесенность поверхности бассейна и сопротивляемость почв и грунтов размыву, чем больше уклоны поверхности бассейна, величина стока и скорость течения воды в реке, тем большее количество наносов содержится в водном потоке.

Насыщенность потока наносами, т. е. мутность потока, изменяется в зависимости от расхода воды: чем больше расход воды, тем больше мутность потока. Наибольшее количество наносов (до 90% годового стока) река проносит в паводковый период.

Бóльшая часть наносов перемещается потоком вместе с окружающими их массами воды; такие наносы называются *взвешенными*. Перемещение взвешенных наносов происходит вследствие турбулентного движения воды в потоке, при котором возникает интенсивное перемешивание слоев воды и содержащихся в них наносов.

Другая, меньшая часть наносов, называемая *донными*, перемещается потоком прерывисто, с непостоянными скоростями. На различных участках реки одни и те же наносы, в зависимости от их состава и гидравлических условий потока, могут перемещаться в виде взвешенных или в виде донных наносов. Соотношение между донными и взвешенными наносами для различных рек изменяется в широких пределах; наибольшую насыщенность потока донными наносами имеют горные участки рек (15—23%), наименьшую — равнинные (1—9%).

При боковом отводе воды из реки в систему в водном потоке возникает естественная поперечная циркуляция, в результате которой в канал поступает больше насыщенных наносами донных токов, чем осветленных поверхностных. Так как скорости течения воды в канале обычно меньше, чем в реке, транспортирующая способность потока в канале уменьшается и поступившие в систему донные и придонные наносы оседают на начальном участке магистрального канала. Отложение этих наносов приводит к уменьшению пропускной способности канала.

По мере удаления от пункта головного водозабора уменьшаются размеры каналов оросительной или обводнительной системы и их транспортирующая способность. Если при этом не обеспечены условия незаиляемости каналов, в них будет происходить осаждение взвешенных наносов.

Кроме наносов, поступающих в систему извне, в ней образуются наносы внутреннего происхождения вследствие размыва дна и откосов каналов, оползней и обрушений. Резкие колебания расходов и горизонтов воды в каналах, пропуск форсированных расходов с размывающими скоростями, отсутствие надлежащего надзора за работой каналов и несвоевременный их ремонт приводят к увеличению такого рода наносов.

Не все наносы, поступающие в систему, оказываются вредными. Илистые наносы с диаметром частиц 0,005—0,001 *мм* и меньше весьма ценны как удобрения; поэтому целесообразно, чтобы такие наносы проносились по каналам системы во взвешенном состоянии на орошаемые поля.

Если каналы проходят в песчаных, гравелистых и трещиноватых породах, мелкие наносы могут быть использованы в качестве материала для кольматации каналов, т. е. для снижения потерь воды из каналов на фильтрацию.

Питательная ценность более крупных наносов, состоящих из частиц размером 0,005—0,1 *мм*, незначительна. Крупные же наносы с диаметром частиц 0,1—0,15 и более, как правило, не могут транспортироваться каналами; они откладываются, как указано выше, в начальных участках магистральных каналов, уменьшая их пропускную способность, и являются безусловно вредными.

Поэтому необходимо по возможности создавать такой режим работы системы, при котором все мелкие (полезные) наносы, поступившие в систему, должны выноситься на поля, а крупные (с частицами диаметром более 0,1 *мм*) не допускаться в систему или задерживаться на головном участке и удаляться гидравлическим или механическим путем.

Основные меры борьбы с заилением каналов

Работы по очистке оросительных и обводнительных систем от заиления и растительности являются самыми трудоемкими из всех ремонтных работ, выполняемых ежегодно для поддержания систем в исправном состоянии. По отчетным данным, в 1959 г. было выполнено земляных работ по очистке оросительно-обводнительных систем около 162 млн. $м^3$.

Объемы наносов, приходящихся на 1 *га* орошаемой площади, для отдельных бассейнов рек и оросительных систем изменяются в больших пределах. Так, например, на оросительных системах бассейна р. Или объем наносов, приходящийся на 1 *га* орошаемой площади в год, составляет немногим более 6 $м^3$, в бассейне р. Сырдарьи — 12—26 $м^3$ и более, а в бассейне р. Аму-Дарьи 14—80 $м^3$ и более на 1 *га*.

На системах с малыми продольными уклонами наибольшее количество наносов откладывается в магистральном канале и крупных распределителях; на системах с большими уклонами наносы выносятся на поля или откладываются в каналах внутрихозяйственного назначения.

Методы борьбы с наносами, в зависимости от природных условий, характера источника орошения или обводнения, состояния системы и ее оснащенности, различны и могут быть сведены к следующим мерам:

а) сокращению объема наносов, поступающих в систему;

б) недопущению донных и придонных наносов к головному водозабору;

в) транспортированию поступивших в систему мелких наносов во взвешенном состоянии на поля и аккумулированию крупных наносов, с удалением их гидравлическим или механическим способами.

Мероприятия по сокращению объема наносов, поступающих в систему, заключаются в строгом нормировании расхода и продолжительности поступления воды в систему. Чем меньше сток воды в системе, тем меньшее количество наносов поступит в нее. Поэтому необходимо точно соблюдать график забора воды в систему, особенно в паводковый период, не допуская поступления излишков воды, и систематически повышать коэффициенты полезного действия каналов.

Мероприятия по борьбе с наносами на головном участке

Защита систем от донных и придонных наносов осуществляется в зависимости от оснащенности головных водозаборов сооружениями и от конструкции этих сооружений.

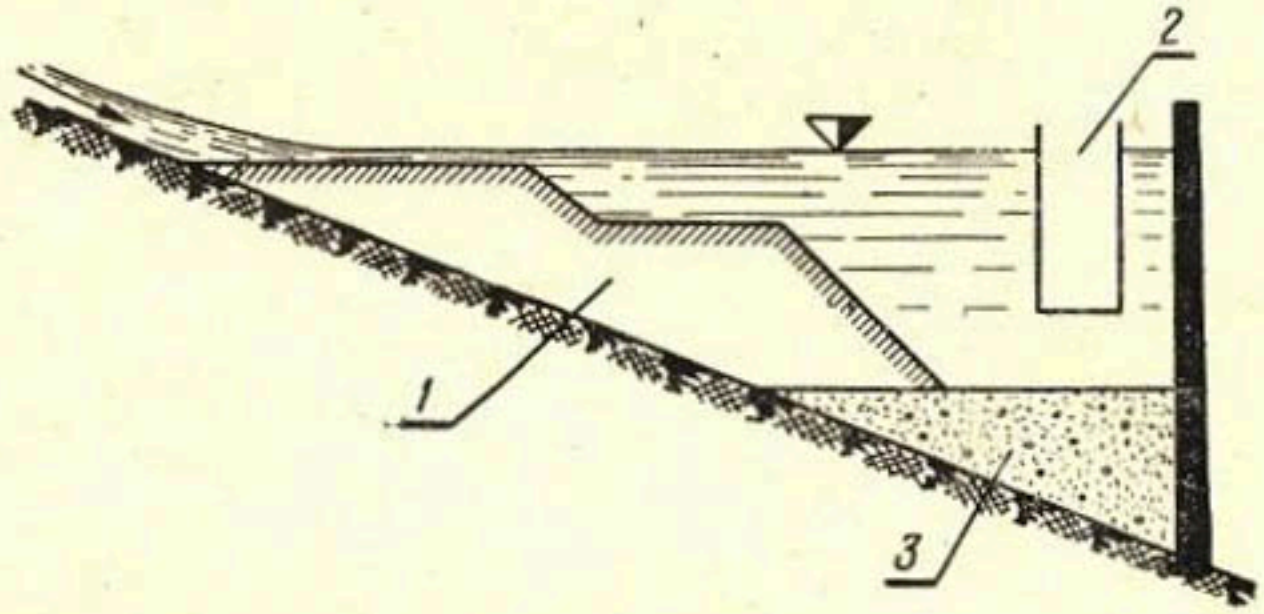


Рис. 25. Схема заполнения бьефа наносами:
1 — донные и придонные наносы; *2* — водоприемник; *3* — взвешенные наносы.

При заборе воды из водохранилища донные и придонные наносы в головной регулятор системы не поступают; они полностью осаждаются в водохранилище. Взвешенные наносы вследствие резкого снижения скоростей потока также в значительной степени осаждаются в водохранилище и вместе с донными и придонными наносами заполняют его мертвый объем (рис. 25). Мертвый объем водохранилища является его отстойником, после заполнения которого начинается ежегодное уменьшение полезной емкости водохранилища вплоть до полного его заиления, если оно не промывается или не очищается механическим способом.

Процесс оседания взвешенных наносов в водохранилище происходит тем интенсивнее, чем больше соотношение емкости водохранилища и годового стока водоисточника, т. е. чем меньше емкость водохранилища по отношению к объему годового стока водоисточника, тем большее количество взвешенных наносов пройдет через водохранилище в нижний бьеф. Таким образом, по мере заиления водохранилища выпадение взвешенных наносов будет уменьшаться.

Для увеличения срока работы водохранилища рекомендуется поддерживать в верхнем бьефе максимально допустимые уровни воды. При высоких уровнях удлиняется кривая подпора, выпадение крупных наносов происходит выше кривой подпора и, следовательно, продвижение гряды наносов к плотине будет замедлено.

Частичного уменьшения объема наносов в водохранилище можно достичь промывкой их в нижний бьеф через промывные отверстия плотины. Такая промывка целесообразна при большой разности горизонтов воды в верхнем и нижнем бьефах, при режиме незатопленного водослива. Эффективность промывки увеличивается с увеличением промывного расхода и снижением напора в верхнем бьефе. Промывка осуществляется путем попеременного открытия промывных отверстий сооружения.

Механическая очистка водохранилища от наносов неэффективна и применяется главным образом для водохранилищ малого объема (прудов и водоемов).

При плотинном водозаборе с низким напором промывка верхнего бьефа является основным мероприятием, обеспечивающим нормальную работу гидроузла (рис. 26). Современные инженерные гидроузлы плотинного типа оснащены необходимыми устройствами, не допускающими донные и придонные наносы к головному регулятору и смывающими их в реку, в нижний бьеф.

Промывку нужно проводить большими расходами, при опущенном верхнем бьефе, чтобы приблизить режим водного потока к бытовым условиям. Такой режим обеспечивает создание больших скоростей, в результате чего не только не происходит выпадения наносов, но и смываются наносы, отложившиеся ранее, при работе гидроузла с подпертым бьефом. Величина промывного

расхода и длительность промывки устанавливаются опытным путем.

Хорошие результаты промывки получаются в период прохождения паводка. Промывку верхнего бьефа в поливной период увязывают с графиком подачи воды в систему.

Непрерывная промывка длится не более нескольких часов (6—8), так как дальнейший сброс воды не дает эффективных результатов. Поэтому при возможности использования для промывки более длительного срока ее осуществляют тактами: производят промывку, затем поднимают горизонт в верхнем бьефе до максимальной отметки; за этот период происходит разжижение оставшихся наносов; после этого воду сбрасывают; далее цикл повторяется. Длительность сброса воды и время, назначаемое на разжижение наносов при подпертом бьефе, устанавливаются опытным путем.

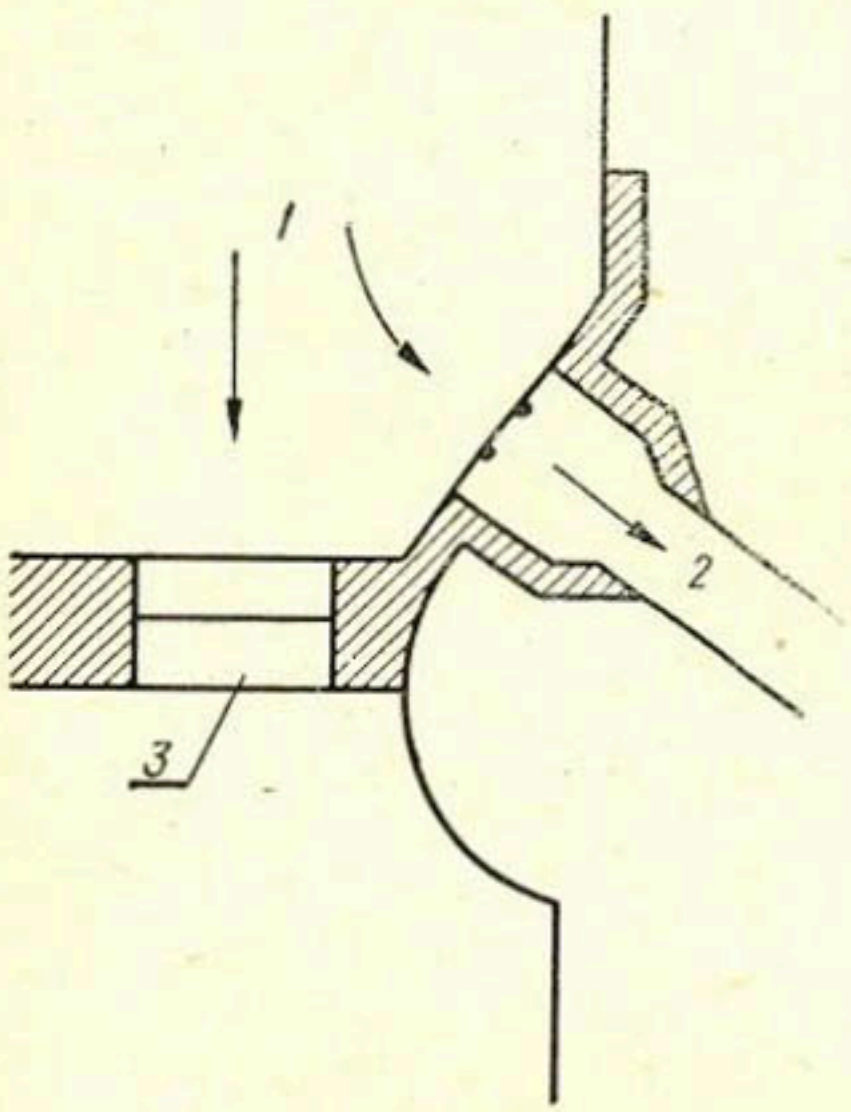


Рис. 26. Плотинный водозабор с промывным шлюзом:
1 — река; *2* — канал; *3* — промывной шлюз.

Для смыва прибрежных, наиболее уплотненных наносов устраивают ряд широких параллельных траншей глубиной до 0,5 *м*, что способствует разжижению наносов и их обрушению в период подпертого верхнего бьефа.

Если промывные отверстия расположены по обе стороны плотины, то промывку производят поочередно через каждое отверстие, так как разделение потока на обе стороны плотины ослабляет его смывающую способность. Смыв заканчивают через отверстие, расположенное у водоприемника, чтобы поступившие сверху наносы не задержались перед ним.

При разборчатой плотине в том случае, если по ус-

ловиям водозабора нельзя обеспечить полный спуск верхнего бьефа, промывают зону, прилегающую к плотине и водоприемнику. Промывку проводят поочередно, начиная с пролета, примыкающего к водоприемнику. При этом уровень воды в верхнем бьефе поднимают до максимальных отметок для разжижения наносов и последующего их смыва.

При коротких верхних бьефах и их интенсивном заилении целесообразно проводить кратковременные и частые промывки участков, прилегающих к плотине и водоприемнику.

При глухой плотине и односторонней промывке наносы в зоне, прилегающей к плотине, нужно смывать, используя обходные сбросы, если они расположены с противоположной стороны плотины. Такой порядок промывки способствует ограждению водоприемника от попадания в него наносов. Если водоприемник имеет донные промывные галереи, то промывку следует проводить, создавая такой напор над галереями (т. е. такие промывные скорости), при котором исключается возможность забивки галерей наносами.

При бесплотинном водозаборе и головном регуляторе, расположенном на берегу реки и не имеющем специальных устройств для борьбы с наносами, сократить поступление в систему донных наносов можно при соблюдении определенных условий забора воды, а именно, забор воды нужно осуществлять широким фронтом из верхних слоев потока. Для этого отверстия сооружения перекрывают шандорами и превращают в водосливы. Не следует допускать поступления воды в канал из-под щитов и создания перед входом в отверстия регулятора водоворотов. Водовороты обычно образуются при неплавном подходе потока к сооружению. При входе в регулятор во избежание образования местных донных струй, насыщенных наносами, надо добиваться малых и одинаковых скоростей течения воды.

При неошлюзованном одноголовом водозаборе наносы поступают в подводящий канал и быстро заиляют его, поэтому для поддержания его пропускной способности необходимо систематически очищать канал.

При многоголовом водозаборе (рис. 27) подводящие каналы-отстойники используются последо-

вательно по мере их заиления, что облегчает подачу воды в систему и позволяет очищать заиленные подводящие каналы, не прерывая подачи воды в систему. При наличии на магистральном канале головного регулятора со сбросом представляется возможным удалять на-

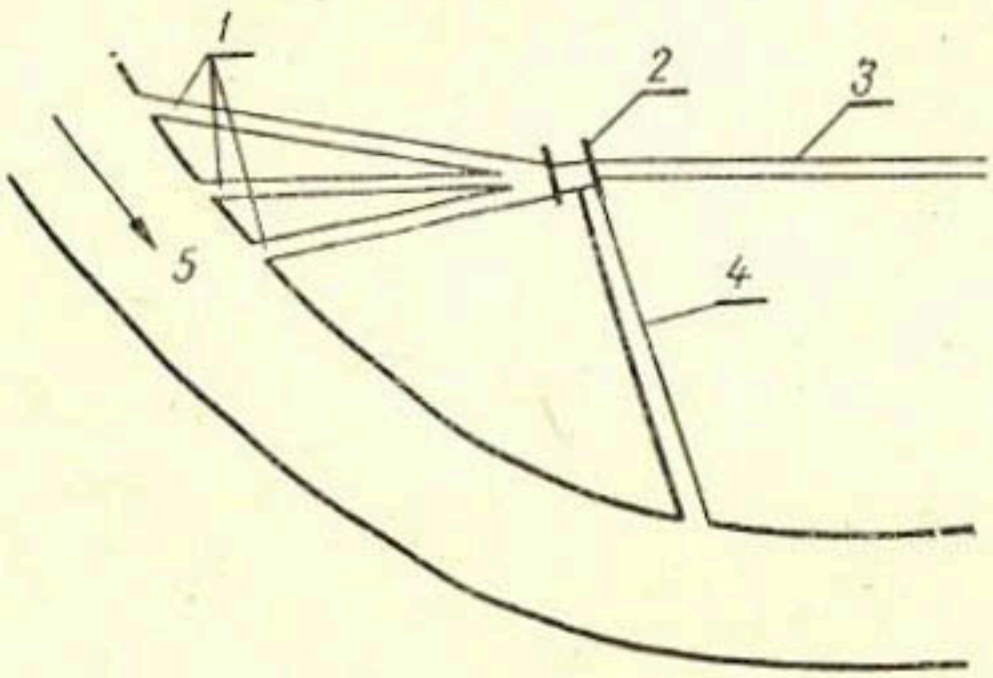


Рис. 27. Бесплотинный многоголовый водозабор:

1 — подводящие каналы-отстойники; *2* — водозаборное сооружение; *3* — магистральный канал; *4* — сбросной канал; *5* — река.

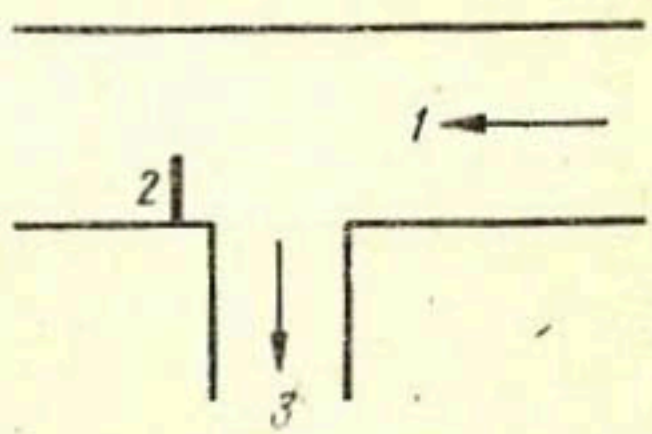


Рис. 28. Водозахватная шпора простейшего типа:

1 — река; *2* — шпора; *3* — канал.

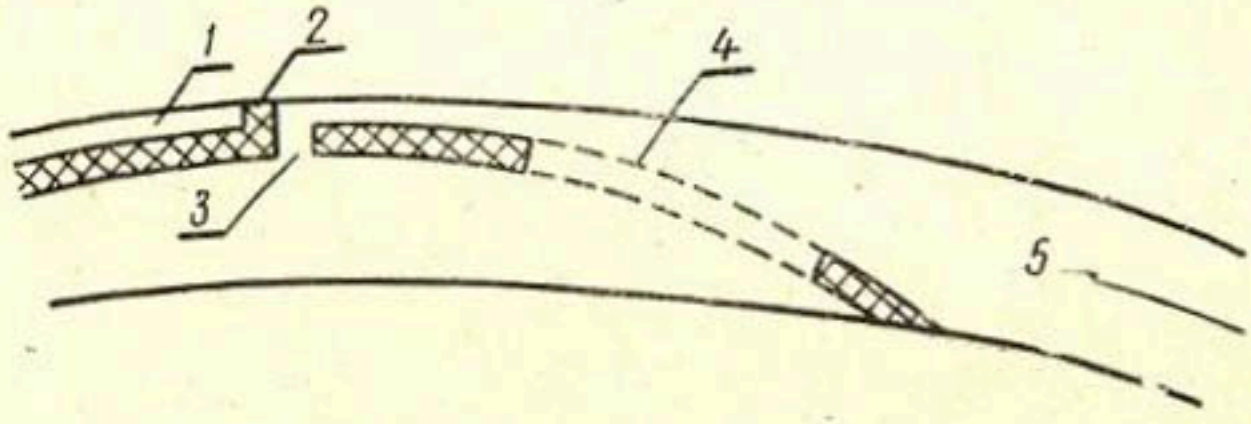


Рис. 29. Схема водозабора на горных и предгорных участках реки при помощи водозахватной дамбы (шпоры улучшенного типа):

1 — магистральный канал; *2* — головной регулятор; *3* — сброс; *4* — дамба; *5* — река.

носы из подводящих каналов не только механическим, но и гидравлическим способом.

При шпорном водозаборе простейшего тила (рис. 28) водозахватная шпора, создавая подпор, увеличивает забор воды в систему и одновременно способствует отклонению части потока, а вместе с ним и донных наносов от места водозабора.

В более совершенном типе шпорного водозабора (рис. 29) шпоре придано криволинейное очертание, выпуклостью в сторону потока, со сбросным отверстием

перед головным регулятором. Такое очертание шпоры способствует образованию в потоке поперечной циркуляции, вследствие которой донные слои потока вместе с донными наносами отклоняются от головного регулятора к сбросному отверстию, а в регулятор поступают верхние, осветленные слои воды.

Струенаправляющие системы

Существенной мерой, позволяющей значительно сократить поступление донных наносов в системы, не оборудованные специальными головными устройствами,

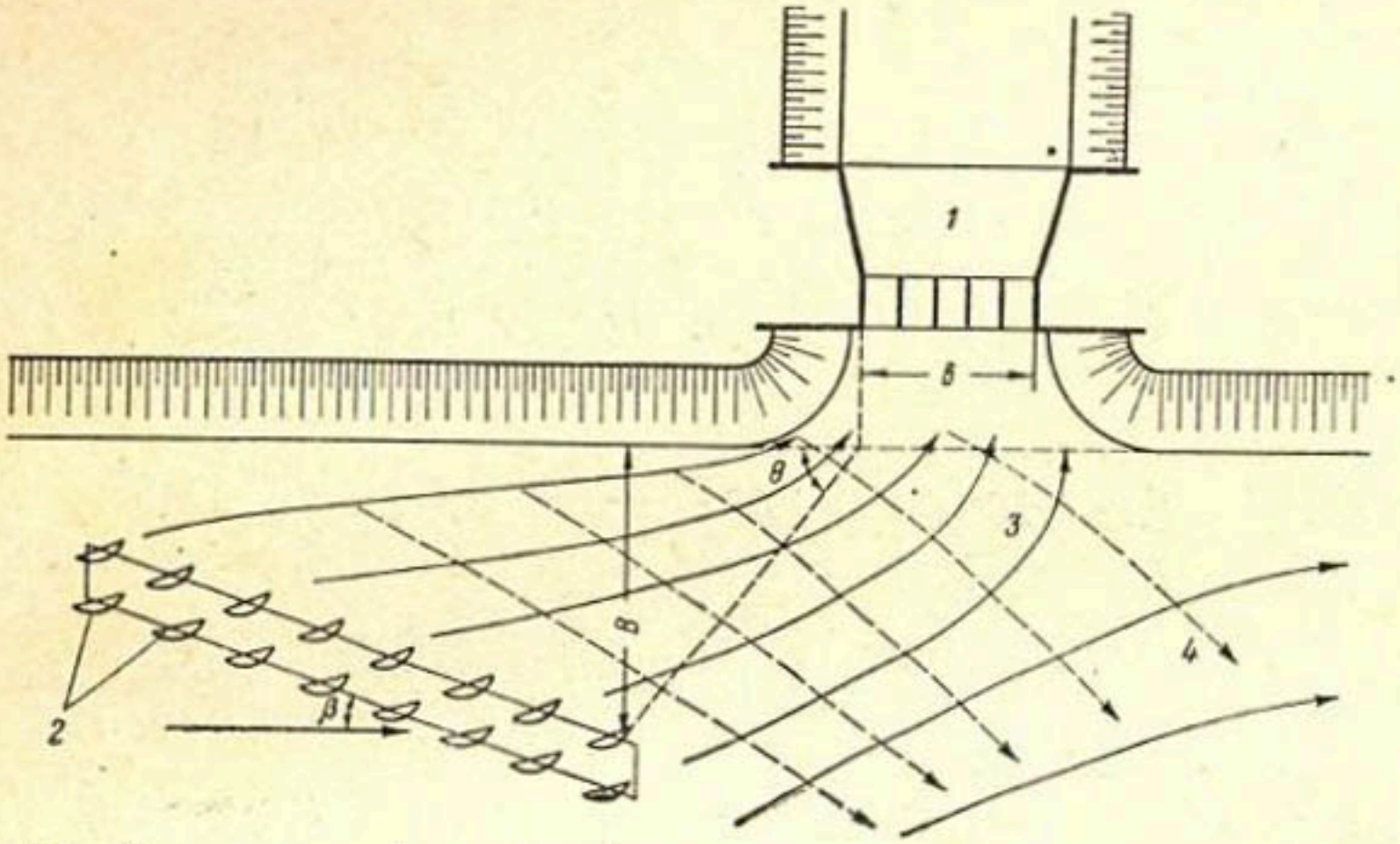


Рис. 30. Бесплотинный водозабор с регулятором на берегу реки со струенаправляющей системой:

1 — головной регулятор; *2* — струенаправляющая система; *3* — поверхностные струи; *4* — донные струи.

является применение плавучих струенаправляющих систем.

Работа струенаправляющих систем основана на методе искусственной поперечной циркуляции потока, разработанном проф. М. В. Потаповым. Этот метод заключается в следующем. Если у входа в канал под определенным углом к направлению течения реки расположить струенаправляющую систему, водный поток будет расслаиваться. Верхние, осветленные слои воды будут направляться в канал, а нижние, насыщенные донными и придонными наносами, — к середине реки (рис. 30).

Двухрядная, шарнирная струенаправляющая система, разработанная Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации (ВНИИГиМ), состоит из двух рядов щитов, благодаря чему обеспечивается ее остойчивость (рис. 31).

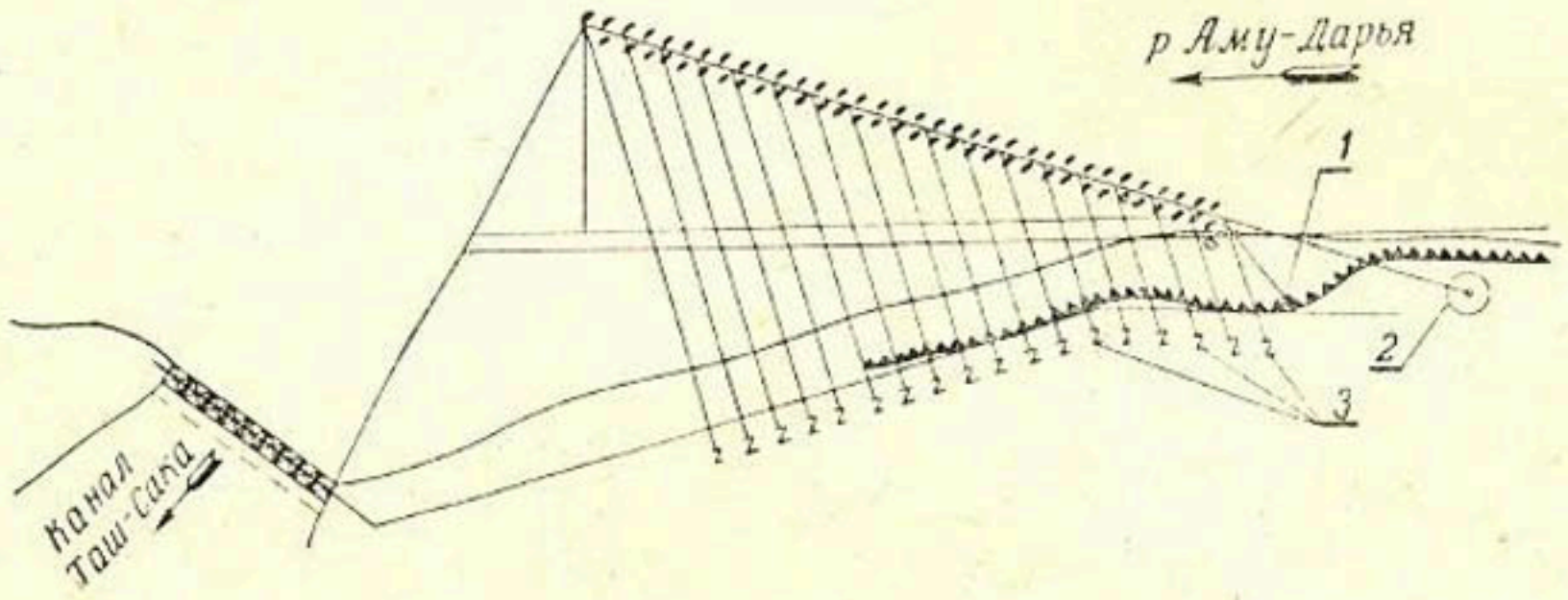


Рис. 31. Двухрядная струенаправляющая система в голове канала Таш-Сака:

1 — анкерная опора; *2* — ворот; *3* — лебедки.

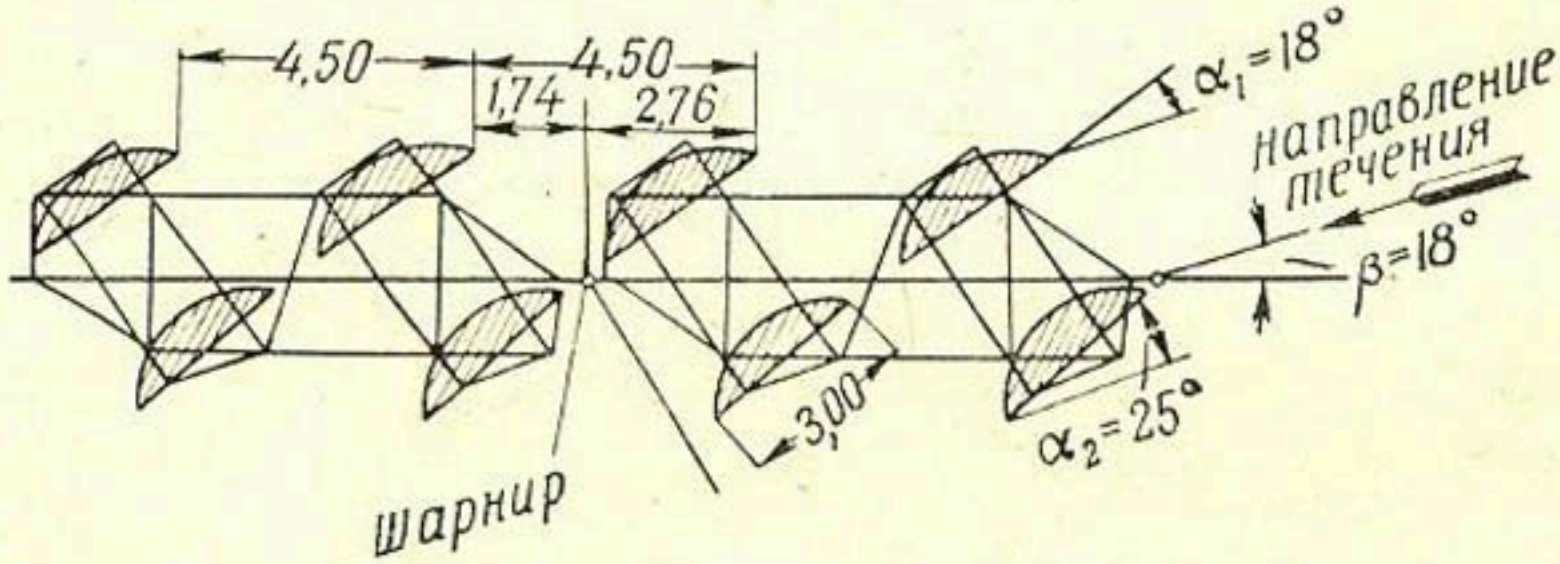


Рис. 32. Схема верхнего строения двухрядной струенаправляющей системы.

Возможность установки щитов под разными углами к течению реки способствует лучшему обтеканию щитов водным потоком. Щиты, устроенные в виде металлических понтонов, соединены в секции; в каждой секции 4 щита, по 2 в ряду (рис. 32), соединение секций шарнирное (рис. 33); размеры щита: длина 3 *м*, высота 1,8 *м*, длина секции 9 *м*.

На рисунке 34 показаны параметры планового расположения струенаправляющей системы:

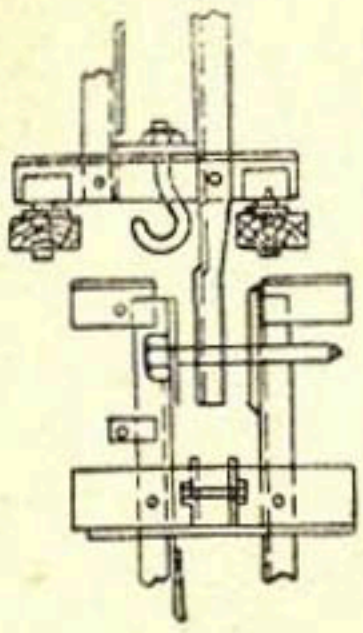


Рис. 33. Шарнирное соединение секций струенаправляющей системы.

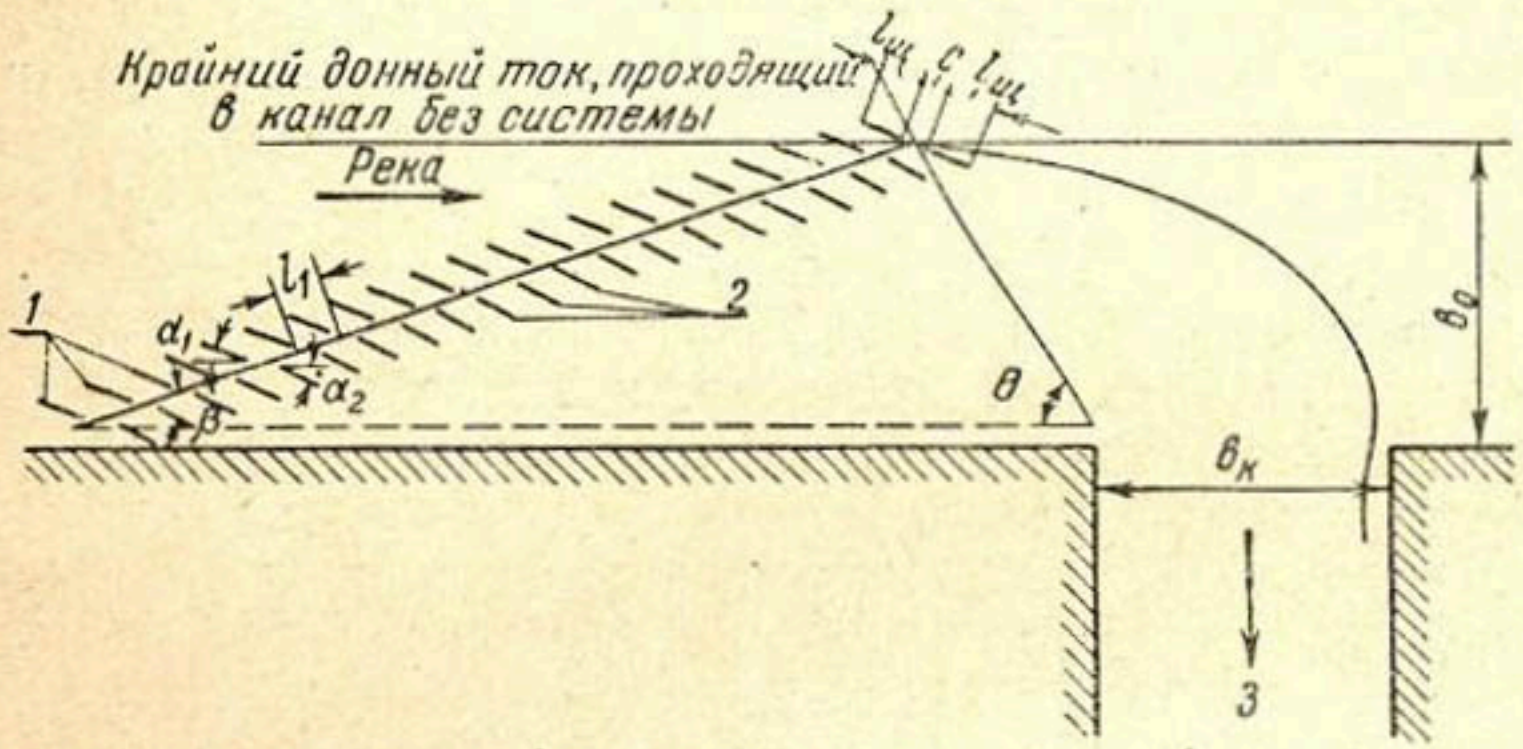


Рис. 34. Схема расположения двухрядной струенаправляющей системы перед входом в канал:
1 — щиты первого ряда; *2* — щиты второго ряда; *3* — канал.

α — угол между направляющими плоскостями щитов и направлением течения реки, равный 16—25°;

β — угол между осью системы и направлением течения реки, равный 16—20°;

Θ — угол между направлением течения реки и линией, соединяющей точку отклонения крайнего донного тока с началом отвода воды. При отводе воды под острым углом $\Theta = 40—45°$, под прямым углом $\Theta = 60°$ и при отводе под тупым углом $\Theta = 75°$.

Длина струенаправляющей системы, размеры щитов, величина зазора между рядами щитов, расстояние между щитами вдоль оси системы определяются в спе-

циально разрабатываемом проекте, с учетом местных условий. Число секций устанавливается для каждой системы в зависимости от ее длины.

Для сборки струенаправляющей системы на берегу реки устраивают специальную площадку; сборку и спуск производят на лагах, отдельными секциями (рис. 31). Перед спуском на воду к верховому концу продольной балки верхнего строения первой секции прикрепляют два троса — поперечный, идущий к лебедке № 1, и продольный (вспомогательный) от ворота, устанавливаемого выше расположения системы.

После спуска на воду секцию указанными тросами подводят к месту установки и закрепляют к тросу, идущему к анкерной опоре. Затем освобождают вспомогательный трос и прикрепляют его ко второй секции; с помощью вспомогательного и поперечного троса, идущего к лебедке № 2, вторую секцию подводят к первой и скрепляют с ней шарниром. Так же поступают с третьей и последующей секциями.

По мере спуска секций на воду их подтягивают поперечными тросами к берегу, и после спуска на воду всех секций струенаправляющая система оказывается расположенной около береговой линии. Затем, начиная с последней секции, постепенно ослабляют натяжение поперечных тросов, и щиты вследствие гидродинамического давления на них отходят от берега. Натяжение тросов ослабляют до тех пор, пока каждая секция и вся система в целом не займут проектного положения.

При установке секций в рабочее положение выравнивают погружение верхнего (по течению) ряда щитов, заливая их водой. После того как вся система будет установлена в проектное положение, измеряют глубину потока вдоль системы и наполняют водой щиты обоих рядов до погружения их на проектную глубину.

Струенаправляющая система действует при погружении щитов на величину $h=0{,}2—0{,}5H$, где H — глубина потока.

Наибольшее эффективное действие струенаправляющей системы при $h=0{,}25—0{,}33\ H$.

После окончания поливного периода струенаправляющую систему подтягивают к берегу, освобождают щиты от воды и при помощи крана отдельными секциями поднимают на берег в безопасное место.

Щиты второго ряда (по отношению к течению воды в реке) освобождают полностью от воды до подтягивания системы к берегу, а в щитах первого ряда оставляют лишь то количество воды, которое необходимо для выравнивания секции; щиты первого ряда полностью освобождают от воды после подтягивания системы к берегу. Систему подтягивают постепенно, начиная с первых (по течению) тросов. После подъема системы на берег щиты очищают от песка и тщательно осматривают систему для установления объема ремонтных работ. Для обеспечения бесперебойной и эффективной работы струенаправляющей системы эксплуатационный штат должен:

а) тщательно наблюдать за состоянием конструктивных узлов системы, своевременно устраняя возникающие незначительные повреждения и неполадки (пробоины и течи в щитах, заедание шарнирных соединений и др.);

б) очищать систему от мусора;

в) проверять при помощи поплавков направление поверхностных токов в реке и в случае необходимости изменять плановое расположение системы, с тем чтобы угол β (угол между осью системы и направлением течения) оставался в пределах 16—20°;

г) ежедневно замерять глубины потока и в зависимости от результатов замера регулировать глубину погружения щитов первого и второго рядов при изменении скоростей потока в реке.

В случае крупной аварии, как, например, разрыва шарнирного соединения и выхода одной или нескольких секций из рабочего положения, затопления одной или нескольких секций, вследствие крупных пробоин, струенаправляющую систему для устранения аварии подтягивают к берегу.

Струенаправляющие системы описанной конструкции рекомендуются для рек глубиной до 8 *м* и скорости течения до 3 *м/сек*.

Аккумулирование наносов в отстойниках

Устройство отстойных бассейнов (отстойников) на каналах оросительно-обводнительных систем — эффективная мера борьбы с наносами в тех случаях, когда

донные и крупные взвешенные наносы нельзя задержать у головного водозабора и они полностью или частично поступают в систему.

Наличие отстойника позволяет аккумулировать поступающие в систему наносы и удалять их гидравлической промывкой или высокопроизводительными машинами.

С помощью отстойного бассейна можно «сортировать» наносы: осаждать в бассейне крупные — вредные наносы и пропускать в каналы системы мелкие — полезные наносы. Осаждать в отстойнике мелкие наносы нецелесообразно, так как при этом исключается возможность использования их в качестве сельскохозяйственных удобрений или материалов для кольматации каналов и увеличивается объем очистки отстойника.

Кроме того, полное осветление потока при выходе из отстойника может привести к размыву каналов.

Крупность наносов, которые не следует задерживать в отстойнике, должна соответствовать транспортирующей способности каналов.

Объем взвешенных наносов, поступающих в отстойник, можно определить по следующей формуле:

$$W_в = 86{,}4 Q_г \rho \frac{t}{\gamma_1}, \qquad (56)$$

а объем наносов, которые поступят из отстойника в каналы системы:

$$W_{мк} = 86{,}4 Q_г \rho_0 \frac{t}{\gamma_1}, \qquad (57)$$

Следовательно, количество взвешенных наносов, осаждающихся в отстойнике, может быть выражено формулой:

$$W_0' = W_в - W_{мк},$$

т. е.

$$W_0' = 86{,}4 Q_г \frac{(\rho - \rho_0)}{\gamma_1} t. \qquad (58)$$

В формулах (56) — (58):

W_0' — объем наносов, осаждающихся в отстойнике за период t суток, в $м^3$;

$Q_г$ — средний расход воды, проходящей через отстойник, в *м³/сек;*

ρ — мутность потока, поступающего в отстойник за указанный период, в *кг/м³*;

ρ_0 — критическая мутность по выходе из отстойника (содержание наносов в воде, выходящей из отстойника) в *кг/м³*;

γ_1 — вес единицы объема наносов, осажденных в отстойнике, в *т/м³*.

Объем отстойника должен быть таким, чтобы обеспечивался пропуск в систему расходов воды в соответствии с графиком водозабора при наибольшем заилении отстойника в поливной период.

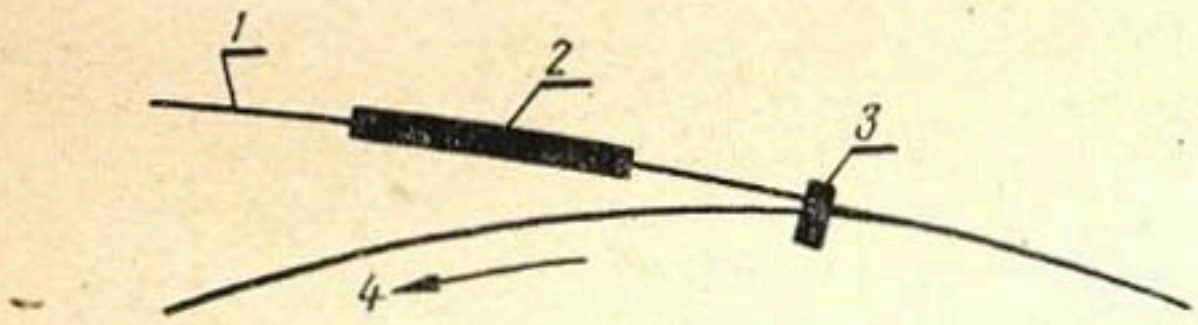


Рис. 35. Однокамерный отстойник за головным регулятором:

1 — магистральный канал; *2* — отстойник; *3* — головной регулятор; *4* — река.

Отстойники должны располагаться по возможности так, чтобы удаляемые из них наносы направлялись в реку ниже водозабора и уносились течением воды. Если этого добиться не удается, то вблизи отстойника должна быть достаточно свободная, не используемая для других нужд территория для складирования в течение длительного срока извлеченных из отстойника наносов.

Отстойник может быть расположен за головным регулятором, который находится у реки (рис. 35). В этом случае горизонты и расходы воды в отстойнике полностью зависят от графика водоподачи в систему. Если отстойник не имеет сооружений для регулирования режима потока и сброса для промывки, его очищают от наносов только механическим путем.

При использовании в качестве отстойника подводящего канала к головному регулятору, расположенному вдали от реки, при неустойчивости береговой полосы (рис. 36), регулирование режима наносов более слож-

но, так как расходы воды в нем зависят от графика водоподачи, а горизонты — от горизонтов воды в реке. При отсутствии сброса очистка такого отстойника возможна также только механическим путем.

Если головной регулятор такого отстойника снабжен сбросом (рис. 37), то горизонты воды в отстойнике будут зависеть от горизонтов воды в реке, но расходы

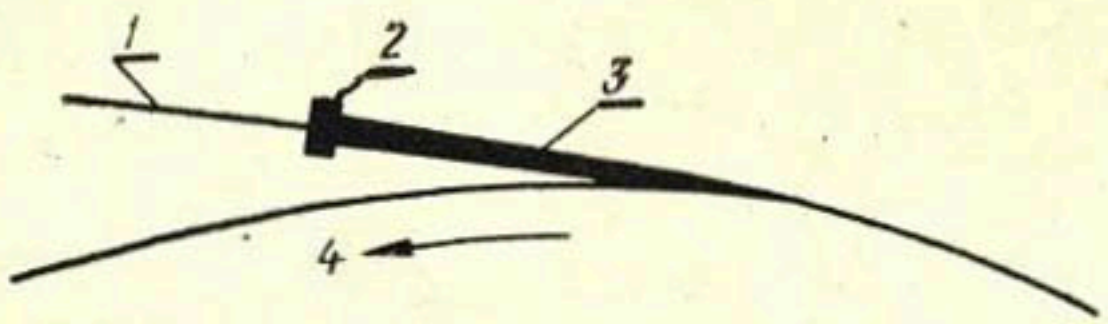


Рис. 36. Подводящий канал-отстойник к головному регулятору, расположенному вдали от реки:

1 — магистральный канал; *2* — головной регулятор; *3* — подводящий канал-отстойник; *4* — река.

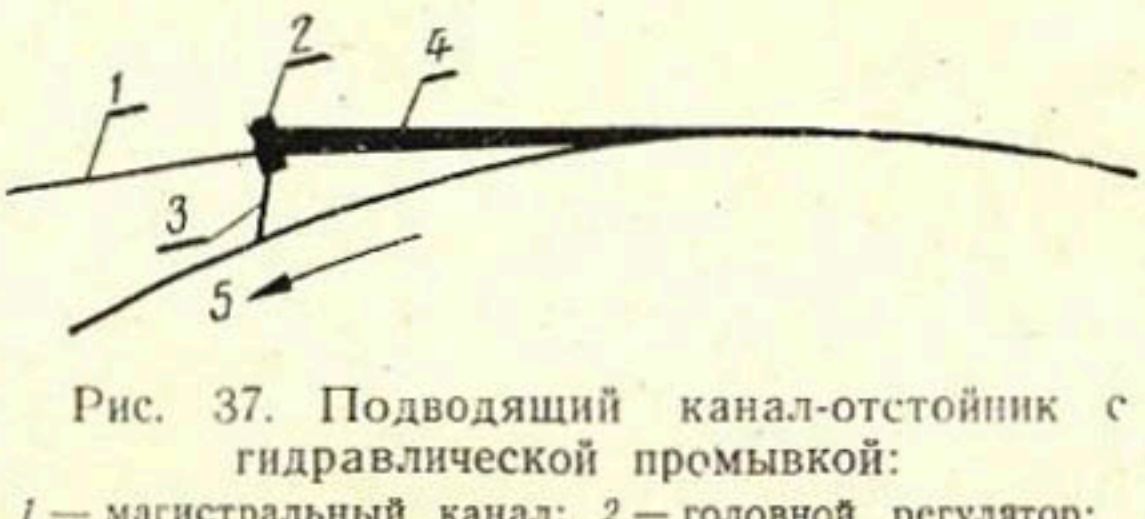


Рис. 37. Подводящий канал-отстойник с гидравлической промывкой:

1 — магистральный канал; *2* — головной регулятор; *3* — сброс; *4* — подводящий канал-отстойник; *5* — река.

его могут регулироваться сбросом при головном регуляторе. Очистку такого отстойника можно производить как механическим способом, так и гидравлической промывкой. Промывка осуществляется большими расходами при закрытых щитах головного регулятора. Поэтому в поливной период отстойник нужно промывать в короткий срок.

Отстойники располагают не только на магистральном канале, но и на его ветвях и крупных распределителях.

При прохождении трассы канала вблизи значительных понижений последние можно эффективно использовать в качестве отстойников. Такие отстойники не очищают; для продления срока их службы следует

обеспечить равномерное распределение поступающих в понижения наносов.

Отстойники могут быть однокамерными или многокамерными. Однокамерный отстойник можно промы-

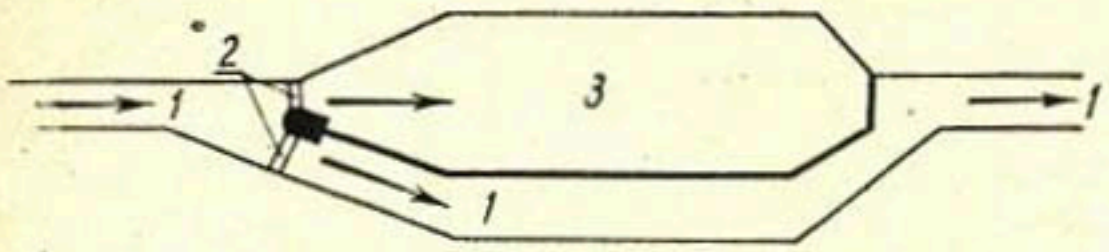


Рис. 38. Однокамерный отстойник с обводным каналом:
1 — канал; *2* — щиты; *3* — бассейн.

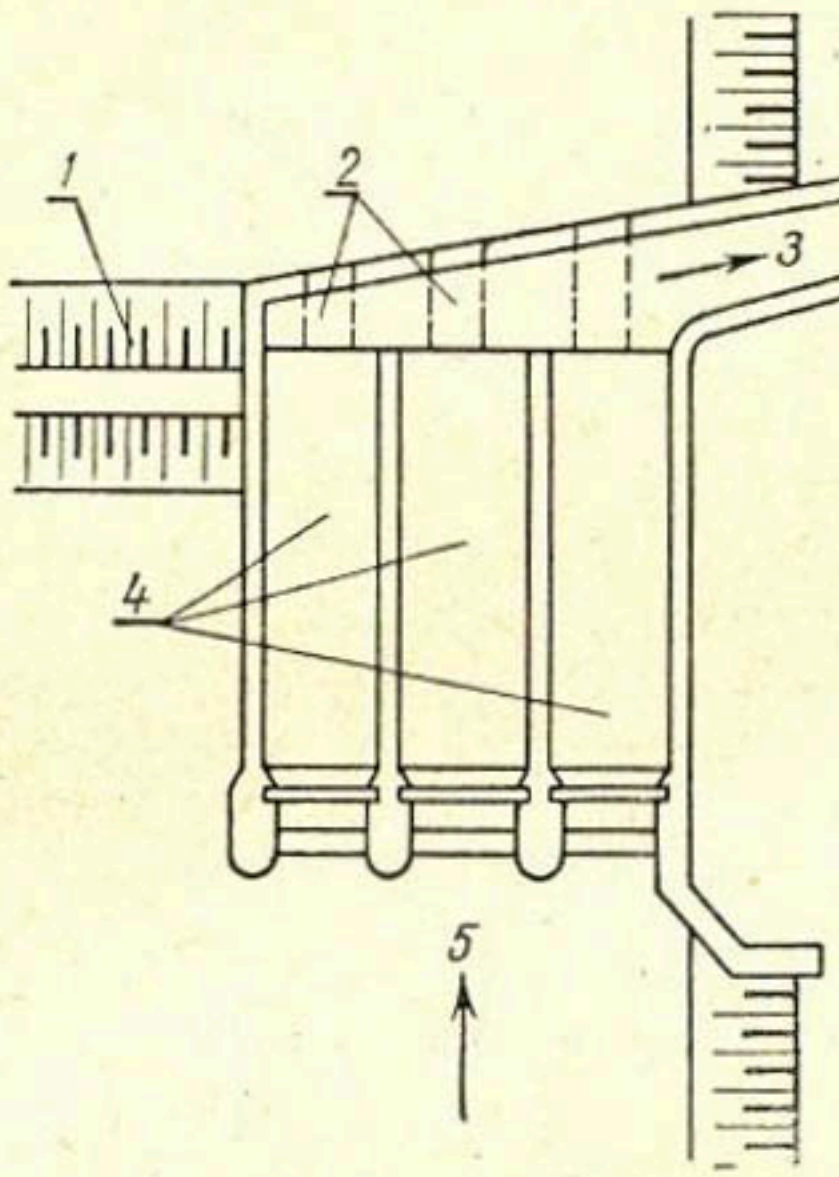


Рис. 39. Плотинный гидроузел с многокамерным отстойником:
1 — плотина; *2* — промывные отверстия; *3* — канал; *4* — отстойные камеры; *5* — река.

вать в любое время при устройстве его с обводным каналом (рис. 38). Во время промывки такого отстойника вода в систему подается по обводному каналу, но при этом ее мутность одинакова с мутностью воды в реке.

В многокамерных отстойниках (рис. 39) можно вы-

ключать из работы каждую камеру и, следовательно, производить промывку в любое время.

При устройстве многоголового водозабора подводящие каналы его могут служить камерами отстойника.

Гидравлическая промывка отстойников

Использовать энергию воды для промывки отстойника возможно в таких случаях: 1) если имеется разность уровней воды в отстойнике и в реке в месте впадения в нее сбросного канала; 2) при транспортирующей способности промывного тракта в 1,20—1,35 раза большей, чем мутность воды в реке.

Объем наносов, который можно смыть гидравлическим путем за время t при транспортирующей способности потока в отстойнике $\rho_{пр}$ и при полной пропускной способности отстойника за этот период $Q_{пр}$ (при закрытых отверстиях головного регулятора и открытых в сбросе), определяется по формуле:

$$W_{пр} = 86{,}4 \frac{Q_{пр}\,(\rho_{пр} - 1{,}2\rho)}{\gamma_1}\,t, \qquad (59)$$

где ρ — мутность потока в реке в $кг/м^3$;

γ_1 — вес 1 $м^3$ промываемых наносов в $т/м^3$.

Гидравлическая промывка отстойников, основанная на использовании энергии воды,— самый эффективный способ их очистки. Эффективность гидравлической промывки возрастает, если она производится в периоды наименьшей мутности воды в реке.

При заилении отстойника наносы средней крупности распределяются в нем в форме трапеции, с понижением слоя наносов от головы отстойника к его концу, а при относительно однородном составе наносов, с преобладанием мелких частиц — более или менее равномерно по длине отстойника. Теоретические расчеты заиления весьма сложны, так как при заилении отстойника и его очистке происходит непрерывное изменение живых сечений, уклонов и скоростей воды в отстойнике. Для практических целей отстойники по заилению рассчитывают упрощенным методом, корректируя полученные результаты данными многолетних исследований режима наносов в источнике.

Заиление и очистку отстойника — подводящего ка-

нала с головным регулятором и сбросом, расположенным ниже отстойника, можно упрощенно рассчитывать по методу В. А. Шаумяна. Объем донных наносов, которые могут поступить из реки в отстойник за t суток, определяют по формуле:

$$W_д = 86{,}4 Q_г \rho \frac{t}{\gamma_2} (K + 0{,}4) \tau. \qquad (60)$$

Объем взвешенных наносов $W_в$, которые поступают в тот же период в отстойник, можно определить по формуле:

$$W_в = 86{,}4\, Q_г \rho \frac{t}{\gamma_1}.$$

Полный объем наносов, поступающих в отстойник, составляет:

$$W = W_в + W_д = 86{,}4 Q_г \rho t \left[\frac{1}{\gamma_1} + \frac{\tau}{\gamma_2} \left(K + 0{,}4 \right) \right], \qquad (61)$$

где $Q_г$ — средний расход воды, поступающей в отстойник за t суток, в $м^3/сек$;

ρ — средняя мутность воды в реке за t суток в $кг/м^3$;

γ_1 и γ_2 — вес 1 $м^3$ взвешенных и донных наносов в $т/м^3$;

$$K = \frac{q_к}{q_р};$$

$q_к$ и $q_р$ — удельные расходы в канале и реке;

τ — отношение количества донных наносов к взвешенным.

Донные наносы осядут в отстойнике полностью, а взвешенные лишь частично, в зависимости от величины транспортирующей способности потока в отстойнике в рассматриваемый период. Часть взвешенных наносов не будет осаждаться в отстойнике и во взвешенном состоянии поступит в каналы системы. Этот объем наносов можно определить по формуле (57).

Значение ρ_0 определяют по формуле (53). Скорость в отстойнике v_0 находят из равенства:

$$v_0 = \frac{Q_г}{\omega} = \frac{Q_г}{H_0(b + mH_0)}, \qquad (62)$$

где H_0 — глубина воды в отстойнике с учетом подпора, создаваемого для того, чтобы не допустить в систему излишки воды сверх расхода $Q_г$ предусмотренного по графику водоподачи за t суток, в *м*;

b — ширина отстойника по дну в *м*;

m — заложение откосов отстойника.

Величину H_0 можно приближенно определить из уравнения:

$$H_0 = H + \frac{iL}{2} + h_к, \tag{63}$$

где H — средняя многолетняя глубина воды над порогом входа в подводящий канал-отстойник в *м*;

L — длина отстойника в *м*;

i — уклон дна отстойника;

$h_к$ — глубина кармана отстойника в *м*.

В подводящих каналах-отстойниках обычно $h_к = 0$.

Объем осажденных в отстойнике взвешенных и донных наносов в $м^3$ составит:

$$W_0 = W - W_{мк} = 86{,}4\, Q_г \rho t \left[\frac{1}{\gamma_1} + \frac{\tau}{\gamma_2}\left(K + 0{,}4\right)\right] -$$

$$- 86{,}4 Q_г \rho_0 \frac{t}{\gamma_1} = 86{,}4 Q_г \rho t \left[\frac{1}{\gamma_1} - \frac{\rho_0}{\rho\gamma_1} + \frac{\tau}{\gamma_2}\left(K + 0{,}4\right)\right]. \tag{64}$$

Толщину слоя осажденных наносов в отстойнике $h_з$ можно определить из равенства:

$$h_з = \frac{W_0}{F}. \tag{65}$$

В этом случае для упрощения принято, что распределение наносов по площади отстойника происходит равномерно.

Величина слоя заиления отстойника $h_з$ не должна превышать величины $h_д$, при которой обеспечивается пропуск через отстойник расхода $Q_г$ при минимальной глубине воды в отстойнике.

Минимальная глубина воды в отстойнике соответствует минимальному многолетнему горизонту воды в реке.

Величину $h_д$ в *м* определяют подбором из равенства:

$$Q_г = \omega C \sqrt{Ri},$$

где

$$\omega = H_{мин}(b + mH_{мин}) - h_д(b + mh_д), \text{ а } R = H_{мин} - h_д.$$

Подставляя эти величины в указанную формулу, получим:

$$Q_г = [H_{мин}(b + mH_{мин}) - h_д(b + mh_д)]\, C\sqrt{(H_{мин} - h_д)i}, \quad (66)$$

где b — ширина отстойника по дну в *м*;

m — заложение откосов отстойника;

i — уклон отстойника;

C — скоростной коэффициент (табл. 30).

При $h_д < h_з$ необходимо принять срочные меры по очистке отстойника во избежание нарушения графика подачи воды в систему.

Если транспортирующая способность потока в отстойнике больше транспортирующей способности потока в каналах системы ($\rho_0 > \rho_c$), то в систему будут поступать наносы в количестве большем, чем их может транспортировать поток в каналах, и часть наносов будет откладываться в каналах и заилять их.

Создание любого подпора в отстойнике уменьшает транспортирующую способность потока воды в нем. При $\rho_0 < \rho_c$ возможно частичное оседание в отстойнике тех наносов, которые могут и должны транспортироваться каналами системы. Поэтому необходимо проверять режим работы отстойника при условии пропуска через него расходов, больших, чем это требуется по графику водозабора, с отводом излишков воды через сброс. Такой режим работы отстойника позволяет увеличить транспортирующую способность потока. Чтобы добиться этого, необходимо обеспечить соответствующую скорость воды в отстойнике $v_к$.

По формуле (53):

$$\rho_c = 0{,}022 \frac{v_к}{U_0} \sqrt{\frac{Riv_к}{U}},$$

откуда (при $U_0 = U$)

$$v_к = 12{,}8U \sqrt[3]{\frac{\rho_c^2}{Ri}}. \quad (67)$$

Таблица 30

Значения коэффициента C в формуле Н. Н. Павловского:

$$C = \frac{1}{n} R^y, \text{ где } y = 2{,}5\sqrt{n} - 0{,}13 - 0{,}75\sqrt{R}\,(n - 0{,}10)$$

R в $м$	n									
	0,012	0,014	0,017	0,020	0,0225	0,025	0,0275	0,030	0,035	0,040
0,10	60,3	49,4	38,0	30,9	26,2	22,5	19,5	17,5	14,0	11,4
0,20	66,5	55,2	43,4	35,7	30,7	26,8	23,6	21,2	17,3	14,5
0,30	70,4	58,9	46,8	38,9	33,7	29,6	26,3	23,8	19,7	16,5
0,40	73,3	61,7	49,4	41,3	36,0	31,8	28,4	25,8	21,5	18,3
0,50	75,7	63,3	51,6	43,3	37,9	33,6	30,1	27,5	23,1	19,8
0,60	77,6	65,9	53,4	44,9	39,5	35,2	31,7	28,9	24,4	21,0
0,70	79,3	67,5	55,2	46,4	40,9	36,6	33,0	30,3	25,6	22,2
0,80	80,8	68,9	56,4	47,7	42,2	37,8	34,3	31,3	26,7	23,2
0,90	82,2	70,2	57,6	48,9	43,4	39,0	35,3	32,4	27,7	24,1
1,00	83,3	71,4	58,8	50,0	44,4	40,0	36,4	33,3	28,6	25,0
1,50	87,8	75,6	62,5	53,4	47,6	43,2	39,4	36,3	31,4	27,7
2,00	91,2	78,7	65,3	55,9	50,0	45,6	41,8	38,6	33,5	29,7
2,50	93,9	81,2	67,5	57,9	51,9	47,6	43,7	40,4	35,2	31,4
3,00	96,1	83,3	69,4	59,6	53,6	49,3	45,3	42,0	36,7	32,8
4,00	99,8	86,7	72,4	62,4	56,3	51,3	47,2	43,8	38,1	33,9
5,00	102,8	89,5	74,9	64,7	58,4	52,5	48,3	44,9	38,8	34,7

Пропуск воды через отстойник при указанном выше режиме, т. е. со сбросом излишней воды, будет происходить при уменьшенном подпоре $H_к$, величину которого можно приближенно определить из равенства (при $h_к = 0$):

$$H_к = H_о - \frac{Li}{4}. \tag{68}$$

Зная $v_к$, $H_к$ и сечение отстойника, можно определить величину расхода $Q_к$, пропускаемого через отстойник:

$$Q_к = H_к (b + mH_к) v_к. \tag{69}$$

Объем наносов, которые, не осаждаясь в отстойнике, будут транспортироваться во взвешенном состоянии каналами системы, определяется по формуле:

$$W_{тр} = 86{,}4 Q_к \frac{\rho_с}{\gamma_1} t \eta, \tag{70}$$

где η — к. п. д. каналов системы.

Объем наносов $W_к$, осажденных в отстойнике при заданных значениях $Q_к$ и $\rho_с$, находится из уравнения:

$$W_к = W - W_{тр} = 86{,}4 Q_к \rho t \left[\frac{1}{\gamma_1} + \frac{\tau}{\gamma_2}(K + 0{,}4)\right] -$$
$$- 86{,}4 Q_к \frac{\rho_с}{\gamma_1} t \eta. \tag{71}$$

Примем для системы каналов межхозяйственного назначения $\eta = 0{,}75$, тогда

$$W_к = 86{,}4 Q_к \rho t \left[\frac{1}{\gamma_1} - \frac{0{,}75\rho_с}{\rho \gamma_1} + \frac{\tau}{\gamma_2}(K + 0{,}4)\right]. \tag{72}$$

Сравнивая результаты по формулам (64) и (72), выбираем тот режим работы отстойника, при котором получается наименьшее его заиление.

Приведенным методом рассчитывается заиление отстойника по периодам за все время его работы и составляется график проектных объемов заиления. Накладывая этот график на график допустимых объемов заиления, определяют сроки и объемы работ по очистке отстойника.

В практике эксплуатации отстойников простейшего типа для их очистки применяют комбинированный спо-

соб: механический, преимущественно в поливной период, и гидравлический, в период до или после проведения поливов.

§ 57. ЗАРАСТАНИЕ КАНАЛОВ

Зарастание каналов, так же как и заиление, существенно отражается на их пропускной способности. Появление растительности в ложе канала в пределах его живого сечения приводит к резкому увеличению коэффициента шероховатости. Вследствие снижения скорости течения воды транспортирующая способность потока уменьшается и взвешенные наносы, осаждаясь в канале, уменьшают его пропускную способность. Пропускная способность сильно заросших каналов уменьшается на 50—70% и более.

Для предупреждения зарастания каналов вдоль них сажают деревья и кустарники с таким расчетом, чтобы тень от деревьев или кустарника падала на каналы (см. § 62). При затененном зеркале воды ложе канала совершенно не зарастает. Если нет теневых посадок, для борьбы с зарастанием каналов применяют различные способы, в зависимости от размеров каналов, возможности опорожнения их, степени зарастания и других местных условий (см. § 105).

§ 58. ПЕСЧАНЫЕ ЗАНОСЫ КАНАЛОВ

Подвижные пески в орошаемых районах, расположенных в пустынях, являются серьезной угрозой для нормальной работы оросительных систем.

Движение песка зависит от скорости ветра у поверхности и от механического состава песка.

Занос каналов песком может произойти в виде заваливания канала песчаными толщами при наступлении барханных глубоких песков или в виде поземного переметывания песка. В последнем случае в канал попадает не только песок, влекомый по поверхности, но и находящийся во взвешенном состоянии у поверхности земли.

Занос каналов поземным песком вызывает частую дорогостоящую очистку каналов, а наступление барханных глубоких песков может вывести оросительную систему из строя на длительный срок.

Для защиты оросительных систем от подвижных песков проводят пескоукрепительные работы, к которым отнюсятся: а) механические способы защиты; б) защита из живой растительности и в) эмульгирование поверхности песков.

Механические способы защиты для остановки поступательного движения песков заключаются в установке скрытых, полускрытых и высокорядных щитов. Скрытые щиты выступают над поверхностью на 5—10 *см*, полускрытые — на 15—30 *см* и высокорядные — на 50—70 *см*. Щиты изготовляют из местных материа-

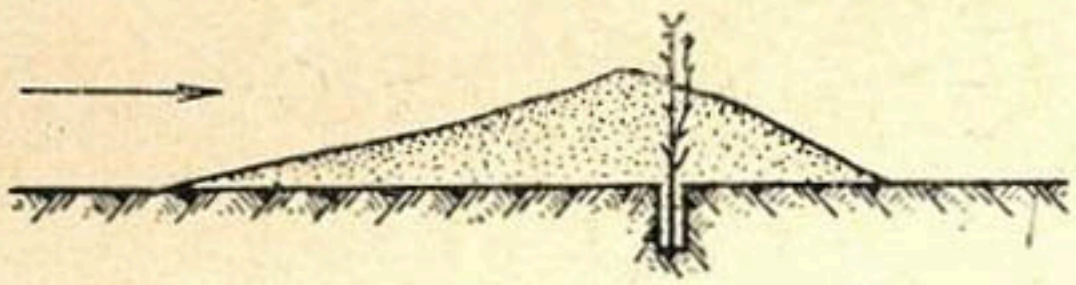


Рис. 40. Поперечный разрез песчаного вала, задержанного линией проницаемых щитов.

лов — камыша, хвороста и располагают по возможности перпендикулярно к господствующему направлению ветра.

Для задержания песков используются также сквозные (проницаемые) щиты, аналогичные щитам, применяемым для защиты от снежных заносов. Действие их основано на резком ослаблении силы воздушного потока, проходящего сквозь щит, вследствие чего перемещающийся песок задерживается и откладывается вдоль щитовой линии (рис. 40). Применяются однорядные, многорядные и клеточные (при переменном направлении ветра) щитовые линии.

Механические способы защиты наиболее распространены при борьбе с подвижными песками. Однако они обладают существенными недостатками, ограничивающими их применение для защиты оросительных каналов. К этим недостаткам относятся: большая потребность в материалах (до 150 $м^3$ на 1 *га*) и транспортных средствах на их перевозку; трудоемкость работ (основные процессы работ не механизированы), а также кратковременное действие механических устройств.

Цель живой защиты — создать на поверхности песка покров, способный противостоять действию ветра. В качестве живой растительности для защиты от пе-

сков применяют посевы высокостебельных и быстрорастущих растений, приспособленных к произрастанию в пустынной зоне, или посадку кустарниковых и древесных насаждений.

Для посадки древесной растительности вдоль оросительных каналов отводят необходимые полосы отчуждения. Несмотря на простоту и дешевизну, этот способ имеет ограниченное применение, так как в годы

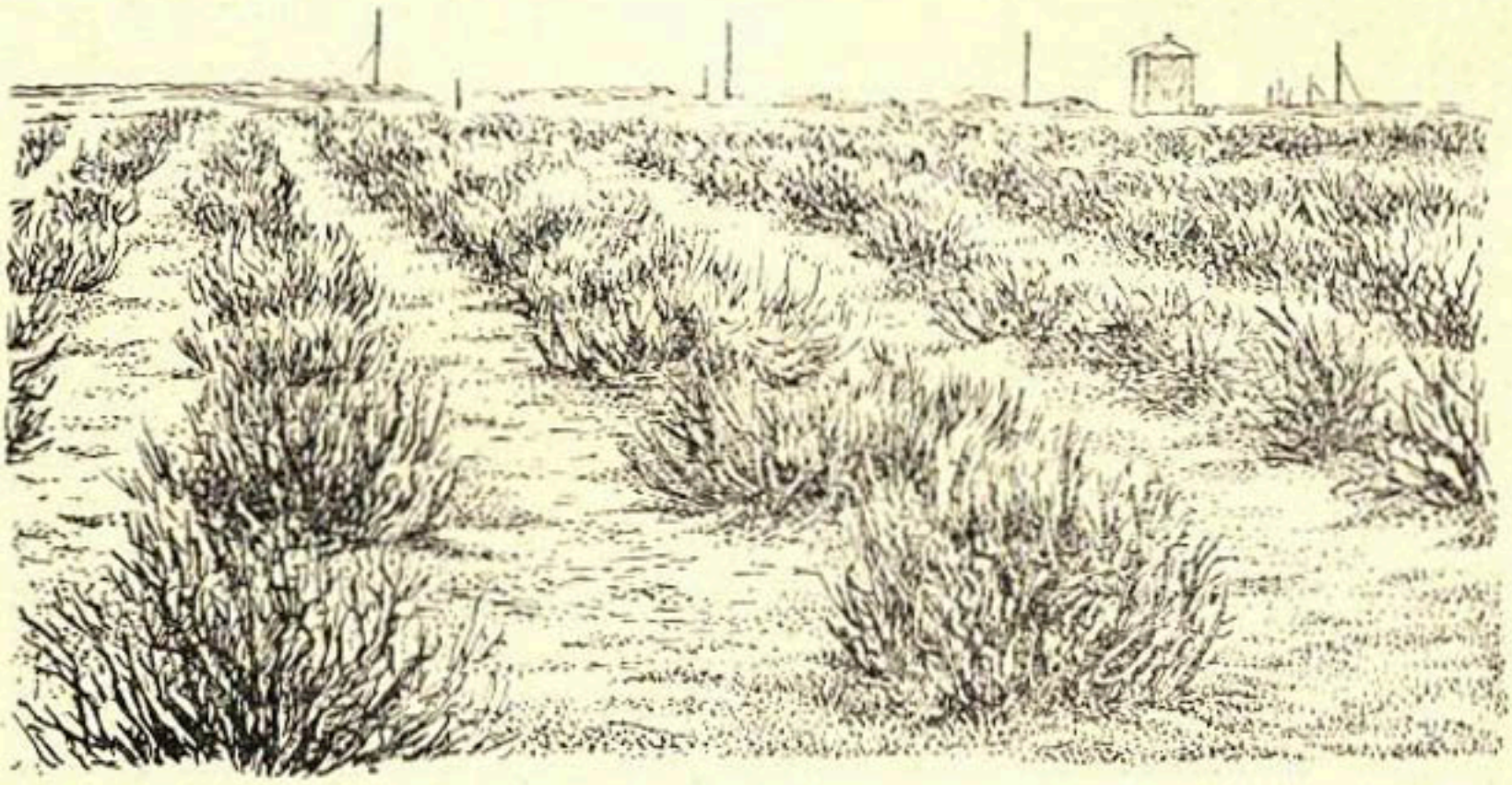


Рис. 41. Участок подвижных песков, закультивированный черным саксаулом при помощи битумной пленки.

с сильными ветрами закрепление разбитых песков древесной растительностью не достигает цели. Лучшие результаты получаются при применении живой защиты в сочетании с механической.

В настоящее время проведены успешные производственные опыты по закреплению песков битумной эмульсией. Сущность этого метода заключается в следующем: подвижные пески предварительно засевают семенами или засаживают саженцами или черенками кустарниковых и древесных пород. После этого разбрызгивают битумную эмульсию, разбавленную водой. Вода из эмульсии проникает в песок и частично испаряется, а битум оседает на поверхности и связывает между собой частицы песка. Получается пористый, сцементированный слой песка, препятствующий его развеванию (рис. 41). Этот слой является защитой для

развивающейся растительности, которая в дальнейшем сама будет способна противостоять действию ветра.

Расход битума на 1 *га* составляет 1—1,5 *т* при толщине пленки не более 0,1—0,15 *мм*.

§ 59. СОДЕРЖАНИЕ СИСТЕМ ЛИМАННОГО ОРОШЕНИЯ

Содержание систем лиманного орошения состоит в основном в поддержании в исправном состоянии валов, ограждающих увлажняемый участок, и водовыпусков для сброса воды из лиманов или для пропуска ее из одного яруса в другой.

Для предупреждения прорыва валов при наполнении лиманов превышение гребня вала над горизонтом воды в лимане не должно быть менее 0,2 *м* для мелководных лиманов и 0,4—0,5 *м* для лиманов глубокого наполнения. Ширину валов по верху в зависимости от их высоты принимают от 0,5 до 1 *м*, заложение мокрых откосов $m = 1—1,5$ и для сухих $m = 1$.

В лиманах мелкого наполнения вместо валов делают постоянные или временные валики высотой соответственно 0,3—0,4 или 0,2—0,25 *м* с заложением откосов $m=4$.

При устройстве валов и валиков резервы закладывают с наружной стороны глубиной не более 0,5—0,6 *м*.

Вместо водовыпусков, устраиваемых в валах для перепуска воды из одного яруса в другой, могут служить водообходы на концах валов.

Вода для увлажнения лимана подается подводящим каналом из водоисточника либо непосредственно с вышележащей территории, с устройством при необходимости направляющих валов.

Системы лиманного орошения подготавливают к приему воды ранней весной, до таяния снега. В подготовительный период проверяется состояние валов и водовыпусков на территории лиманов, а также валов по подводу воды к ним.

При заполнении лиманов водой организуется тщательный надзор за исправностью валов и сооружений. Перелив воды через валы не допускается.

По истечении установленного срока наполнения воду сбрасывают из лимана или перепускают с одного яруса в другой. После сброса воды с территории лима-

на осматривают все валы и сооружения, составляют дефектную ведомость, на основе которой в летний или осенний период проводится необходимый ремонт системы.

§ 60. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОДСОБНО-ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ И УСТРОЙСТВ

Связь. Для оперативной связи отдельных участков и узлов между собой и с управлением мелиоративной системы сооружаются телефонные линии, коммутаторные станции и селекторные установки, обслуживаемые дежурными телефонистами. Точками связи оборудуются управление мелиоративной системы, ее административные подразделения, головной участок системы, распределительные узлы и крупные сооружения, основные гидрометрические посты, а также помещения, занимаемые должностными лицами, связанными с оперативной работой системы.

Радиосвязь также является надежным видом связи при эксплуатации мелиоративных систем. Для организации такой связи используют или передаточные радиостанции (односторонняя связь) или приемо-передающие (двусторонняя связь). Доступ к радиостанциям разрешается только лицам, непосредственно связанным с ее работой. Обслуживающий персонал станции в своей работе должен руководствоваться правилами технической эксплуатации радиостанций и вести аппаратный журнал, в котором записываются время работы радиостанции, содержание передач, а также недостатки и нарушения в работе. На каждой мелиоративной системе должен быть организован постоянный надзор за работой средств связи, обеспечивающий немедленное устранение всех повреждений и неполадок.

В последнее время на мелиоративных системах начинает применяться метод автоматического управления на расстоянии работой гидротехнических сооружений, с использованием телеизмерительной аппаратуры (см. главу 18).

Транспорт. Мелиоративные системы должны располагать собственным грузовым и легковым транспортом в количестве, необходимом для ее нормальной работы.

Линейный персонал системы — участковые гидротехники, гидрометры, водные объездчики и наблюдатели, наблюдающие за работой каналов, сооружений и различных устройств, должны иметь мотоциклы, велосипеды или лошадей.

На водохранилищах и крупных каналах для инспекторских целей и подвозки материалов имеется водный транспорт — катеры, баржи, баркасы, моторные лодки и др.

Дорожная сеть. К дорожной сети, находящейся в ведении управления мелиоративной системы, относятся дороги для свободного подъезда к сооружениям и проезда вдоль крупных каналов и защитных валов (инспекторские дороги) шириной 3,5—5 *м*, а также подъездные пути от эксплуатационных поселков к дорогам общего пользования. Для проезда на мотоциклах, велосипедах или верхом вдоль небольших каналов прокладывают эксплуатационные тропы шириной 1—1,5 *м*.

Надзор за эксплуатационными дорогами и ремонт их проводится силами и средствами системных управлений.

§ 61. ЗИМНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ СООРУЖЕНИЙ И КАНАЛОВ

В зимний период вода пропускается в оросительные и обводнительные системы для влагозарядковых и промывных поливов, орошения садов и насаждений, обводнения и водоснабжения населенных пунктов, а также для обеспечения непрерывной работы промышленных предприятий, пользующихся водой системы (гидроэлектростанции и др.).

Эксплуатация каналов и сооружений системы в зимний период имеет свои особенности, которые заключаются в основном в борьбе с шугой и ледовыми явлениями.

Шуга — вид донного льда. Она образуется в реке или канале в результате переохлаждения воды в начале ледостава, при отсутствии ледяного покрова. Шуга отрывается от дна и движется вместе с потоком в верхних его слоях. Скопляясь на крутых поворотах и участках с пониженными скоростями, шуга образует за-

торы, которые вызывают подпоры и прорывы дамб каналов и обвалований.

Лед повреждает каналы и гидротехнические сооружения при ледоходе и подвижках ледяного поля. Повреждениям подвергаются откосы, а также облицовки и крепления каналов и сооружений как вследствие непосредственного удара льдин при ледоходе, так и в результате вмерзания креплений в лед и их расстройства при подвижках ледяного поля. Повреждаются также и затворы гидротехнических сооружений в результате примерзания их к пазам рамных конструкций.

Лед и шуга могут забить отдельные сооружения и каналы до полной потери их пропускной способности. Лед намерзает на несущие конструкции консольных перепадов, акведуков и других сооружений при наличии в них фильтрации воды или брызг. Льдом и шугой забиваются решетки перед регуляторами, дюкерами, песколовки, отстойники, трубопроводы и другие гидротехнические сооружения. При сильных морозах в каналах образуется донный лед; этот лед может вызвать повышение горизонтов воды и прорывы дамб канала.

Существенную опасность представляют ледяные заторы на реках, образующиеся в результате большого скопления льда на излучинах, перекатах, у кромки ледостава, у устоев и быков искусственных сооружений и в других местах стеснения русел.

Образующиеся в результате затора ледяные плотины вызывают повышение горизонтов воды, разрушают системы обвалования и затопляют прилегающие к реке территории.

Чтобы предупредить возможные повреждения каналов и сооружений от шуги и льда, по каждой работающей зимой системе заблаговременно разрабатывают план специальных мероприятий. При разработке этих мероприятий необходимо учитывать следующее: подпоры воды у мостов, плотин и других сооружений, которые бывают причиной скопления шуги и льда; понижения, которые могут быть затоплены при заторах; облицовки у сооружений, которые разрушаются от вмерзания в них льда; малые размеры отверстий сооружений для пропуска льда, а также зимние горизонты воды, скорости потока в зоне сооружений и т. п.

При зимней эксплуатации водохранилищ прини-

мают меры, ускоряющие образование ледяного покрова, что облегчает борьбу с шугой. В связи с этим в период образования льда не допускают резких колебаний горизонтов воды.

Образованный ледяной покров оказывает давление на подпорные сооружения. Чтобы предохранить сооружения и, в частности, затворы от повреждений, по всему фронту сооружений окалывают лед и поддерживают перед сооружениями свободное от льда пространство.

На водохранилищах, образованных земляными плотинами, следят за состоянием мокрого откоса плотины, имея в виду, что по мере сработки водохранилища и обнажения мокрого откоса может произойти его промерзание и выпучивание облицовки. На низовом откосе ведут наблюдения за выходом фильтрационных вод, не допуская их промерзания.

При образовании шуги в реке принимают меры, не допускающие ее к головному регулятору. При плотинном водозаборе в случае небольшого напора это достигается выполнением целого комплекса мероприятий:

а) аккумулированием возможно большей части шуговых масс в верхнем бьефе плотины, а также в пойме вышележащего участка реки;

б) устройством искусственной майны (траншеи) в ледяном покрове в верхнем бьефе для свободного всплывания шуги и прохода ее к сбросным отверстиям;

в) устройством шугоотбойной стенки в аванкамере водоприемника для предупреждения поступления шуги в канал и направления ее к сбросным отверстиям;

г) пропуском шуги по реке в нижнем бьефе.

Для предупреждения образования шуги в каналах создают условия для ускорения ледостава в них.

Оросительные и обводнительные системы, предназначенные для работы в зимних условиях, оборудуют перегораживающими сооружениями, расположенными на таком расстоянии друг от друга, чтобы подпор от верхнего бьефа сооружения распространялся до нижнего бьефа сооружения, расположенного выше. В зимний период при низких температурах подпирают горизонты воды на всех перегораживающих сооружениях и создают небольшие скорости (0,5—0,6 *м/сек*), способствующие образованию льда и ледостава.

После ледостава на системе устанавливаются горизонты и расходы в соответствии с зимним графиком водоподачи.

Образование прочного ледостава на канале не только освобождает канал от образования шуги, но и в значительной мере защищает его от завалов снегом и повреждений от подвижек льда.

Если система не оборудована указанными выше сооружениями, образование ледостава в каналах ускоряют следующим способом: при наступлении температур воздуха минус 12—15° пропускают по каналу максимально возможный расход воды и затем постепенно

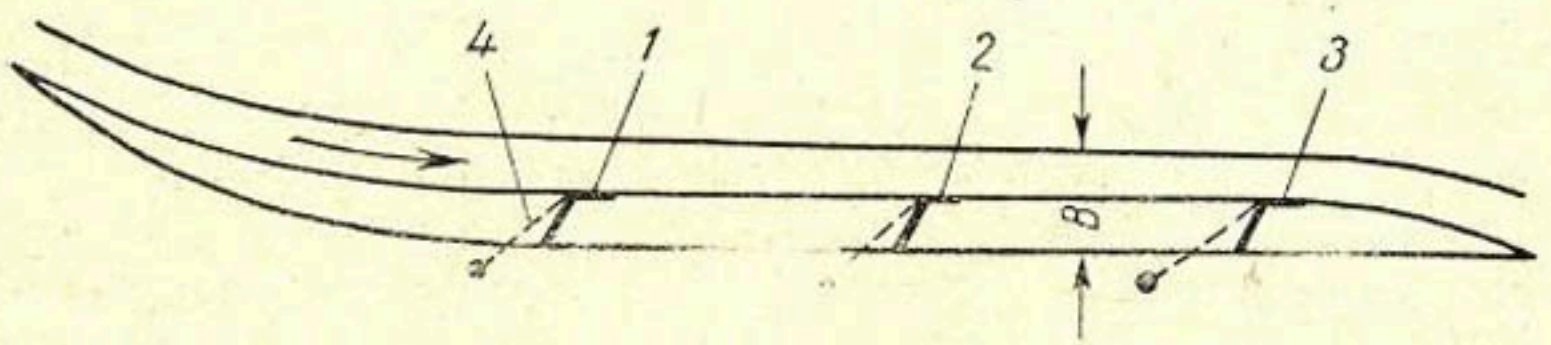


Рис. 42. Легкие дощатые запани для ускорения ледообразования на канале:
1, 2, 3 — запани; *4* — трос.

снижают его по мере образования ледяного покрова. Когда толщина льда достигнет 10—15 *см*, расход воды доводят до пределов, установленных планом водопользования.

Для ускорения ледообразования на каналах рекомендуется применять легкие дощатые запани (рис. 42), перекрывающие русло на 0,5—0,6 *B*, где *B* — ширина канала по верху.

Запани, установленные на канале, создают подпор перед ними, вследствие чего скорости течения воды замедляются, что способствует образованию ледяного покрова; шуга свободно проходит по второй, открытой части русла. Чем чаще расставлены запани, тем скорее формируется ледяной покров. При расстоянии 300—500 *м* влияние запаней на образование ледяного покрова резко снижается.

В зимнее время не следует, как правило, допускать резких колебаний расходов и горизонтов воды в каналах во избежание обмерзания откосов каналов и стенок сооружений.

Борьба с повреждениями каналов вследствие вмерзания льда в облицовки и крепления заключается в систематическом скалывании льда около сооружения.

При ледоходе на оросительной или обводнительной системе, а также на дамбах обвалования устанавливается усиленный надзор и охрана.

Во избежание образования заторов крупные льдины при проходе их через отверстия гидротехнических сооружений или при оседании на откосах разбивают.

Для предупреждения примерзания затворов гидротехнических сооружений обогревают пазовые и уплотняющие конструкции электрообогревателями, а там, где их нет, применяют паяльные лампы, горячую воду и т. п.

Заторы льда на реках ликвидируют взрывами. Взрывные работы начинают с низовой стороны затора. Донный лед на каналах удаляют мелкими взрывами.

Надзор за каналами и сооружениями оросительных и обводнительных систем и охрана их в зимний период должны быть особенно четкими, так как недосмотр или упущение могут привести к крупным авариям.

§ 62. ПОЛОСЫ ОТВОДА И ЛЕСОНАСАЖДЕНИЯ

Полосы отвода

Органам водного хозяйства предоставляются для специальных нужд земли, занятые межхозяйственными каналами, водохранилищами, гидротехническими сооружениями, водоприемниками, противопаводковыми защитными валами и отстойниками, а также земли под полосы отвода вдоль магистральных каналов от реки до первого водораздельного узла, противопаводковых защитных валов и у гидротехнических сооружений межхозяйственного назначения.

Полосы отвода предназначаются для содержания, развития и улучшения мелиоративных систем и строительства производственных и жилых зданий для нужд эксплуатации.

Ширина полос отвода вдоль магистральных каналов, защитных валов и у гидротехнических сооружений устанавливается следующей:

для магистральных каналов от мест забора воды до первого вододелительного узла — равной ширине канала по верху, отложенной по обе стороны канала от бровки при прохождении канала в выемке или от подошвы дамбы при прохождении канала в насыпи, но не свыше 50 *м* с каждой стороны;

для гидротехнических сооружений на каналах с расходом до 5 *м*³/*сек* — не свыше 10 *м*, с расходом от 5 до 20 *м*³/*сек* — не свыше 20 *м* и с расходом более 20 *м*³/*сек* — не свыше 50 *м* до конца крепления вверх и вниз по течению воды в канале и от крайней точки сооружения в обе стороны по берегам канала;

для головных сооружений — в пределах от 250 до 500 *м* от крайних точек сооружений вверх и вниз по течению реки и 150—500 *м* от нижнего бьефа сооружения;

для защитных валов на реках — равной тройной ширине вала по низу, но не свыше 50 *м*, считая от наружной подошвы в сторону от реки и до уреза в сторону реки;

для водохранилищ и плотин на реках ширина полосы отвода устанавливается каждый раз особым правительственным решением.

Земли, отведенные органам водного хозяйства для специальных нужд и не занятые сооружениями, каналами и валами, используются для лесопосадок, жилищного, культурно-бытового и производственного строительства, а также для складов, дорог и подсобного сельского хозяйства.

Охрана и содержание в порядке полос отвода возлагается на работников органов эксплуатации оросительно-обводнительных систем.

Лесонасаждения

Лесоразведение в пределах полос отвода, уход за лесонасаждениями, учет их и охрана осуществляются органами эксплуатации оросительно-обводнительных систем в соответствии с инструкциями республиканских водохозяйственных организаций.

Лесонасаждения вдоль оросительных, водосборно-сбросных и открытых дренажных каналов предназна-

чаются для защиты их от зарастания (см. § 57) и снижения уровня грунтовых вод на землях, прилегающих к каналам и предрасположенных к заболачиванию. Древесные и кустарниковые насаждения защищают также от волнобоя напорные откосы земляных плотин (биологическое крепление), предупреждают заболачивание территорий, защищают береговую полосу между рекой и валами. Древесину и хворост насаждений используют при производстве противопаводковых, регулировочных и ремонтных работ на системе.

Лесопосадки вдоль каналов имеют вид полос или рядов древесных пород и кустарников, расположенных с обеих сторон на бермах каналов или в спланированных резервах.

В каналах, нуждающихся в ежегодной очистке их от наносов, лесопосадки, как правило, располагают с одной стороны, оставляя другую для свободного прохода строительных машин.

Для защиты каналов от зарастания применяют древесные насаждения с густой кроной, которые затеняют водное зеркало каналов, предупреждая этим развитие водной растительности. Посадку производят саженцами или черенками в один или два ряда (рис. 43). Из древесных пород используют белую шелковицу, карагач, абрикос, черный тополь, пирамидальный тополь, обыкновенный или туркестанский вяз, черный орех, каштан и другие, а из кустарниковых, применяемых для посадки вдоль водосборно-сбросной и коллекторной сети,— лох, тамарикс, желтую акацию и др. Расстояния между рядами принимают 1,5—2 *м*, между деревьями в ряду — 1—3 *м*, между кустарниками — 0,75—1 *м*.

Деревья и кустарники на участках, примыкающих к низовому откосу плотин, сажают гнездами, по 10—20 и более деревьев одной породы в каждом гнезде.

На водосборно-сбросной и коллекторной сети насаждения располагают по обе стороны канала с расстоянием между рядами 1,5—3 *м* и между деревьями 1—2 *м*. Вдоль крупных оросительных каналов древесные посадки мелиоративного назначения располагают за дамбами, в зоне близкого подхода фильтрационных вод.

Для защиты от разрушения напорных откосов земляных плотин и береговой полосы водохранилищ и рек

применяют кустарники и мелкую древесную растительность с развитой и стелющейся корневой системой, располагая насаждения полосами в зоне колебания горизонта воды по линиям его уреза. Посадка производится черенками в борозды глубиной 15—25 *см*, нарезанные параллельными горизонтальными рядами через 0,5—0,75 *м* или наискось в шахматную клетку с ячейками 0,5—1,5 *м*. Посадка рядами в клетку применяется для кустарниковых пород; древесные (ивовые) породы

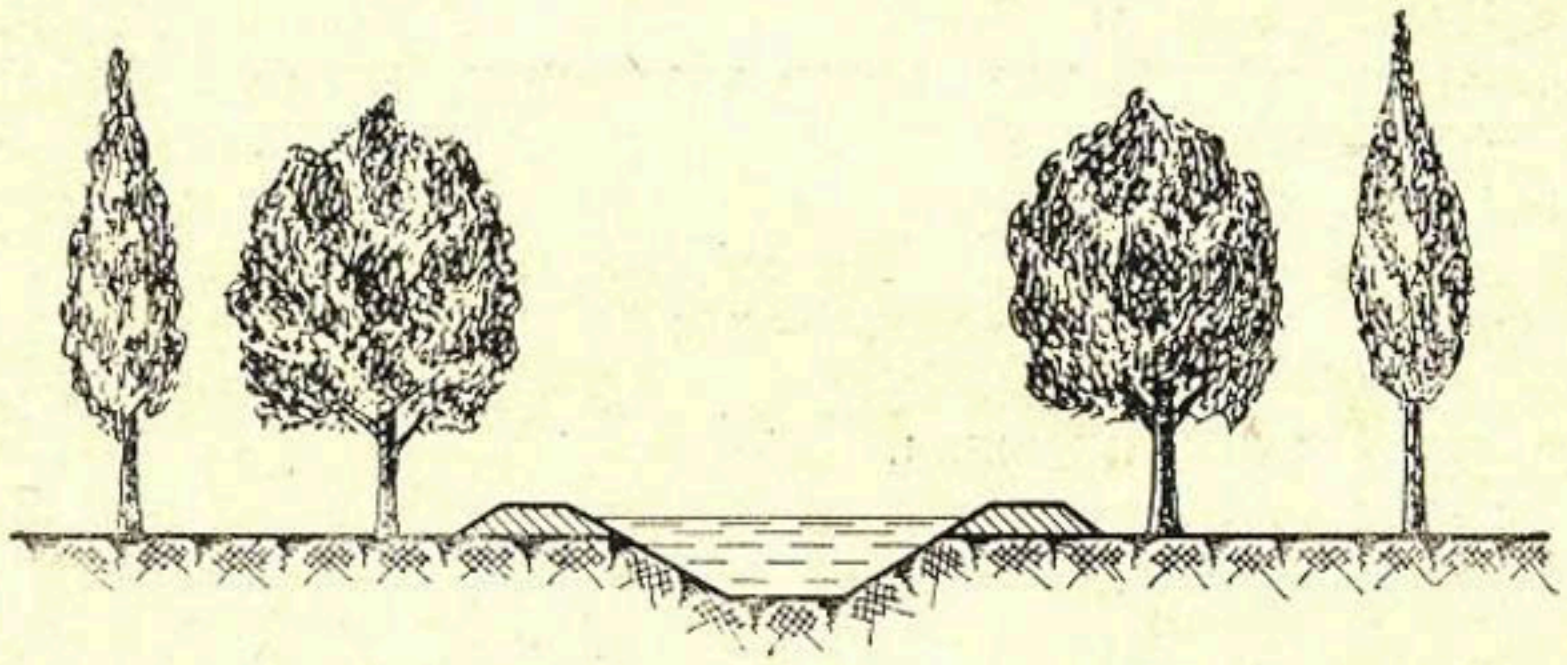


Рис. 43. Двусторонняя четырехрядная полезащитная и теневая полоса.

укладывают в борозды живыми жердями или хлыстами, закрепляемыми в точках скрещения кольями, и засыпают землей.

Лесонасаждения вокруг чаши водохранилища располагают широкими полосами, с разрывами между ними.

Чтобы обеспечить деловой древесиной и хворостом ремонтно-строительные работы, подбирают быстрорастущие породы, годные для сипайных, фашинных и других эксплуатационных работ; лесопосадки для этих целей располагают в полосах отвода на головном участке системы, в головной части магистрального канала или на специально отведенных участках. Эти лесные насаждения используются органами эксплуатации в соответствии с правилами ведения лесного хозяйства и с разрешения республиканских органов. Внеплановая рубка допускается лишь при ликвидации аварий на системе.

Для обсадки дорог рекомендуются древесные породы с высокорасположенной кроной пирамидальной формы, а также породы с деловой древесиной и плодовые. Деревья сажают обычно в один ряд с одной или двух сторон дороги за внешними откосами кюветов, с расстоянием в рядах 3 *м*. При примыкании дорог к ирригационной сети лесные посадки располагают вдоль каналов (рис. 44).

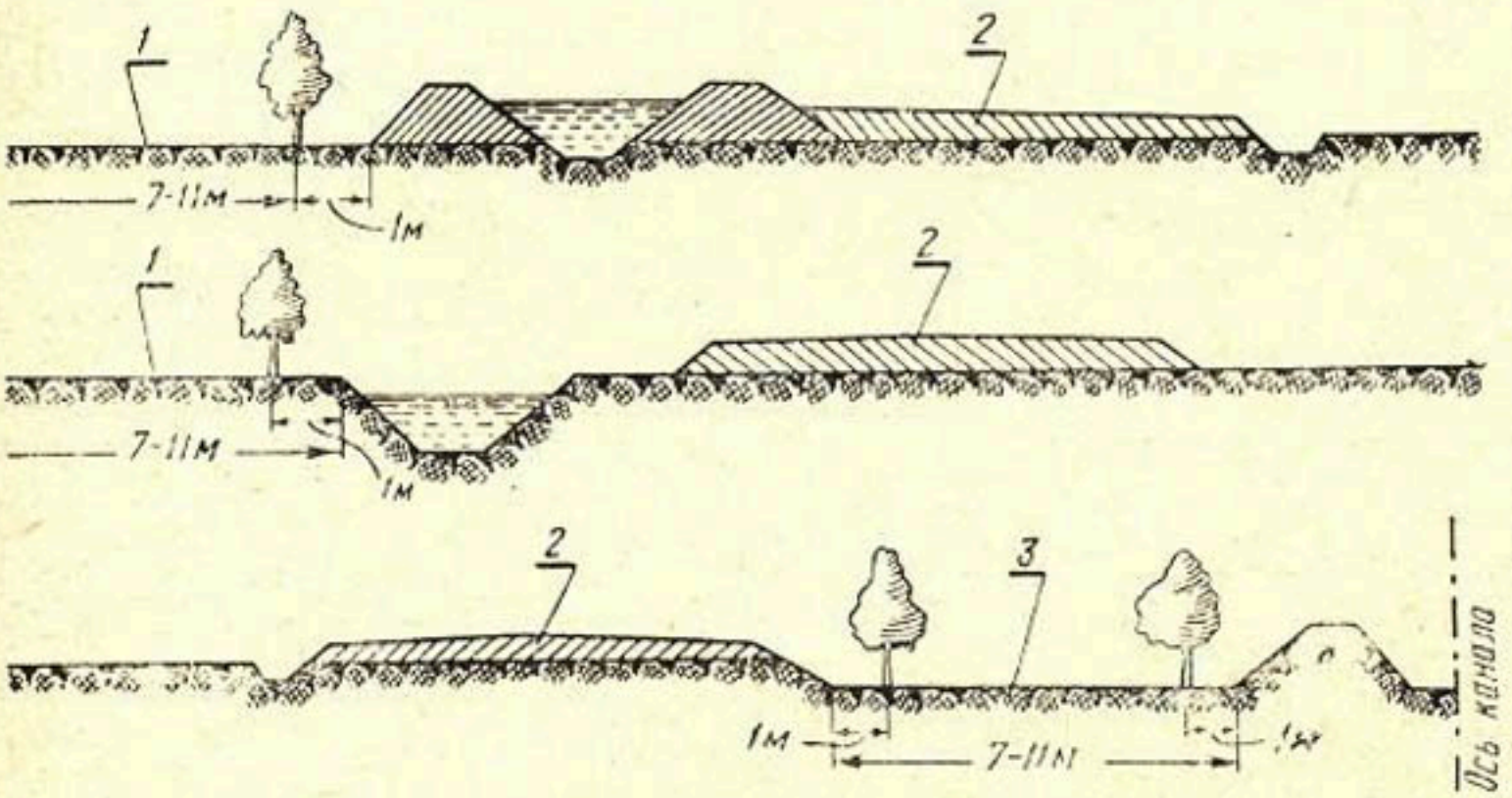


Рис. 44. Схемы расположения эксплуатационных дорог и лесополос:

1 — лесополоса; *2* — дорога; *3* — резерв.

В степных районах лесопосадки вдоль каналов должны использоваться для защиты сельскохозяйственных полей от действия силы ветра.

При направлении господствующих ветров вдоль каналов рекомендуется двухрядная посадка (по одному ряду с каждой стороны канала). При перпендикулярном направлении ветра к каналу следует делать трех- или четырехрядную обсадку, с расстоянием между деревьями в рядах 1—2 *м*, для кустарников 0,75 *м* и между рядами деревьев и кустарников 1,5—2 *м*. На магистральных каналах и крупных распределителях количество рядов с каждой стороны может быть увеличено до трех и более.

Заготовка посадочного материала в питомниках, посадка древесных и кустарниковых насаждений и уход за ними выполняются по указаниям специалиста лесного хозяйства.

§ 63. ОРГАНИЗАЦИЯ НАДЗОРА ЗА РАБОТОЙ СООРУЖЕНИЙ И КАНАЛОВ И ИХ ОХРАНА

Систематический надзор за работой сооружений и каналов и их охрана являются непременным условием бесперебойной подачи воды в оросительные и обводнительные системы и ее распределения между хозяйствами-водопользователями.

В соответствии с правилами эксплуатации оросительных систем ответственность за исправность, сохранность и правильное использование межхозяйственных каналов, гидротехнических сооружений и вспомогательных устройств оросительных систем несут эксплуатационные водохозяйственные организации.

Ответственность за исправное состояние, сохранность и правильное использование внутрихозяйственных каналов и сооружений на них несут хозяйства-водопользователи, при этом эксплуатационные водохозяйственные организации обязаны осуществлять контроль за использованием оросительной воды в хозяйствах и оказывать им помощь в деле улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель. Аналогичные задачи возлагаются и на водохозяйственные органы, ведающие эксплуатацией оросительно-обводнительных и обводнительных систем.

Поддержание в рабочем, исправном состоянии всех звеньев мелиоративной системы достигается надзором за работой сооружений, каналов и вспомогательных устройств системы, их охраной и своевременным проведением необходимых ремонтов.

Несвоевременное обнаружение дефектов в работе системы и задержка их устранения может повлечь за собой более крупные повреждения, а в некоторых случаях и аварии, связанные с прекращением подачи воды в систему или затоплением орошаемых земель и гибелью урожая. Поэтому надзор за сооружениями и каналами должен быть постоянным, систематическим, со своевременным устранением выявленных недостатков.

Показателями нормального состояния и нормальной работы гидротехнических сооружений являются: достаточная пропускная способность сооружений, надежное и быстрое регулирование расходов воды, отсутствие пустот за стенками сооружений и опасной филь-

трации под флютбетом сооружения, безотказная работа затворов и подъемных механизмов и отсутствие утечки воды через пазовые конструкции.

Все каналы мелиоративной системы должны иметь нужную пропускную способность и устойчивое поперечное сечение; они не должны размываться, зарастать и заиляться; эксплуатационно-технические и фильтрационные потери воды из каналов должны быть минимальными.

Надзор за состоянием и работой сооружений и каналов осуществляется наружным осмотром их или инструментальными замерами. Наружный осмотр возлагается на водных объездчиков, за которыми закрепляют определенные каналы или участки канала с сооружениями, лесопосадками, линиями связи и прочими устройствами. Особо тщательный надзор организуется на головном участке системы в паводковый период, когда все сооружения гидроузла работают с наибольшей нагрузкой.

Инструментальный надзор осуществляется через сеть наблюдательных пунктов, установленных либо на самих сооружениях, либо вблизи них. Замерами устанавливаются: размеры осадок и усадок земляных плотин, высоких защитных валов, участков каналов с подсыпным дном и значительными насыпями (свыше 3—5 *м*); величина фильтрации воды через плотины и дамбы; образование оползней в глубоких выемках; размеры размывов или заиления участков крупных каналов; величина осадки бетонных и каменных креплений откосов; образование трещин в бетонных и железобетонных сооружениях и облицовках и др.

Осадка насыпей сооружений, их оснований периодически проверяется нивелировкой реперов, заложенных на гребнях насыпей или в характерных местах массивов сооружений, и сравнением полученных результатов с отметкой опорного репера, высотное положение которого должно находиться в неизменном положении.

Фильтрация через земляные плотины и дамбы проверяется положением кривой депрессии; на поперечных створах этих сооружений закладываются пьезометры (не менее трех на каждый створ) и по ним проверяется уровень фильтрационных вод (рис. 45).

Размыв и заиление каналов, осадка каменных и бетонных креплений определяются нивелированием, а образование трещин и расстройство швов — установкой маяков (рис. 46).

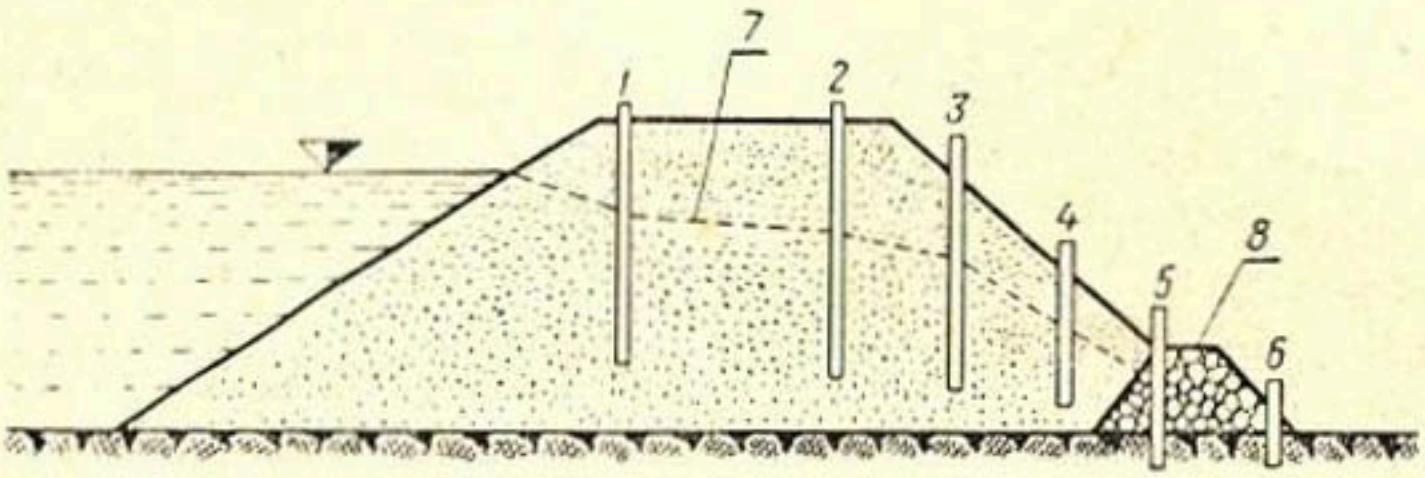


Рис. 45. Расположение пьезометров в земляной плотине:
1, 2, 3, 4, 5, 6 — пьезометры; *7* — кривая депрессии; *8* — дренажная призма.

Для наблюдения за состоянием защитных валов устанавливают водомерные рейки и постоянные поперечные створы, где замеряют горизонты воды и размывы берегов реки перед дамбами.

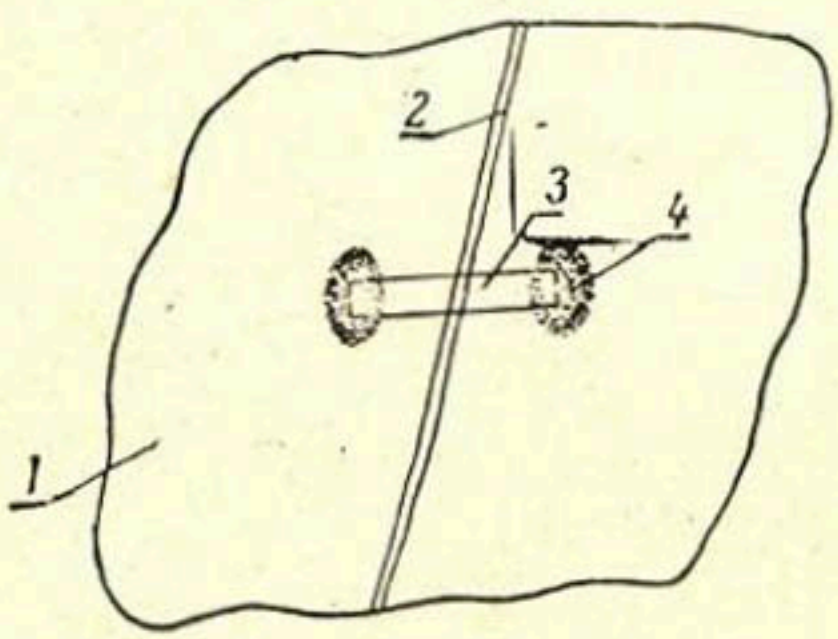


Рис. 46. Маяк:
1 — стена сооружения; *2* — трещина; *3* — стекло; *4* — цемент.

Результаты осмотров и измерений заносят в специальные журналы, хранящиеся у работников системного управления, ответственных за работу данного канала или сооружения.

Охрана сооружений, каналов и других устройств оросительных и обводнительных систем возлагается на постоянный штат органов водного хозяйства, в ведении которых находится эксплуатация этих систем, за исключением охраны внутрихозяйственной сети и сооружений на ней: эта охрана осуществляется самими хозяйствами-водопользователями.

Работники, на которых возлагается охрана, должны выполнять свои обязанности в строгом соответствии с инструкциями по организации охраны на оросительных

и обводнительных системах, издаваемых республиканскими органами водного хозяйства.

Доступ на гидротехнические сооружения до хозяйственного выдела включительно, нахождение на служебных мостиках этих сооружений и маневрирование затворами разрешается только определенным штатным работникам системы. Другие лица при необходимости допускаются на сооружения только в сопровождении работника системного управления, обслуживающего данное сооружение.

Все сооружения и участки каналов и валов, доступ посторонним лицам на которые запрещен, должны иметь предупредительные знаки и по возможности ограждения.

Управление системы, осуществляя надзор и охрану сооружений и каналов, обязано также контролировать состояние внутрихозяйственной сети, находящейся под непосредственной охраной хозяйств-водопользователей.

Глава девятая

ЗАЩИТНО-РЕГУЛИРУЮЩИЕ СООРУЖЕНИЯ И ИХ СОДЕРЖАНИЕ

§ 64. РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ И ЗАЩИТНЫЕ РАБОТЫ

К защитно-регулировочным работам на оросительных и обводнительных системах относятся:

а) устройство и поддержание в рабочем состоянии регулирующих, защитных и выправительных сооружений для забора воды в каналы и защиты гидротехнических сооружений, культурных земель, населенных пунктов и промышленных предприятий от затопления, подмыва и т. п.;

б) регулирование водного потока для борьбы с наносами, льдом и шугой при водозаборе.

Многие системы, построенные в дореволюционный период самими водопользователями, не имеют капитальных водозаборных гидротехнических сооружений. Забирать воду из водоисточника в такие системы и поддерживать необходимые горизонты воды в каналах приходится посредством регулирующих сооружений

Как на реке, в районе головного водозабора, так и на каналах. Часто возводимые для этого сооружения носят временный характер: их сооружают по мере необходимости (например, при низком стоянии горизонта воды в реке), затем они разрушаются весенним паводком или частично разбираются до наступления паводкового периода.

Значительную часть регулирующих, защитных и выправительных сооружений строят для постоянного

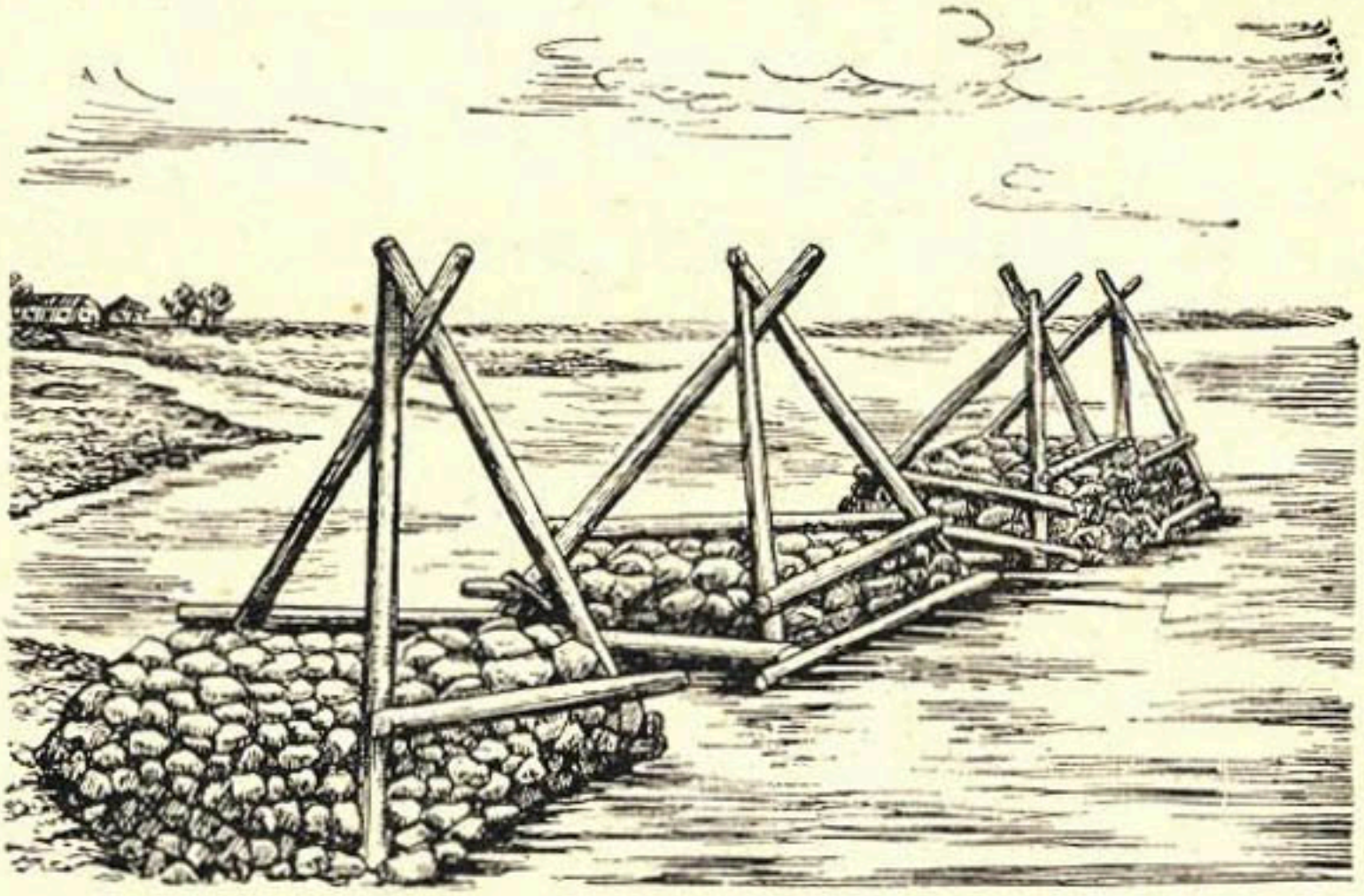


Рис. 47. Водозахватная сипайная шпора.

пользования и поддерживают в рабочем состоянии, систематически ремонтируя их.

К сооружениям по регулированию забора воды в систему относятся струенаправляющие и водозахватные дамбы, прорези, перемычки, буны (шпоры) (рис. 47), водосливы, сбросы, регуляторы.

К защитным сооружениям относятся крепления различных типов, непосредственно противостоящие разрушающему действию потока (рис. 48), а также сооружения, способствующие уменьшению скорости потока у угрожаемого участка.

Уменьшение скорости потока достигается отклонением динамической оси потока (устройство продоль-

ных или поперечных водоотбойных дамб — шпор), искусственным повышением шероховатости у размываемого берега (укладка в поток ветвистых деревьев, рис. 49) и другими мероприятиями.

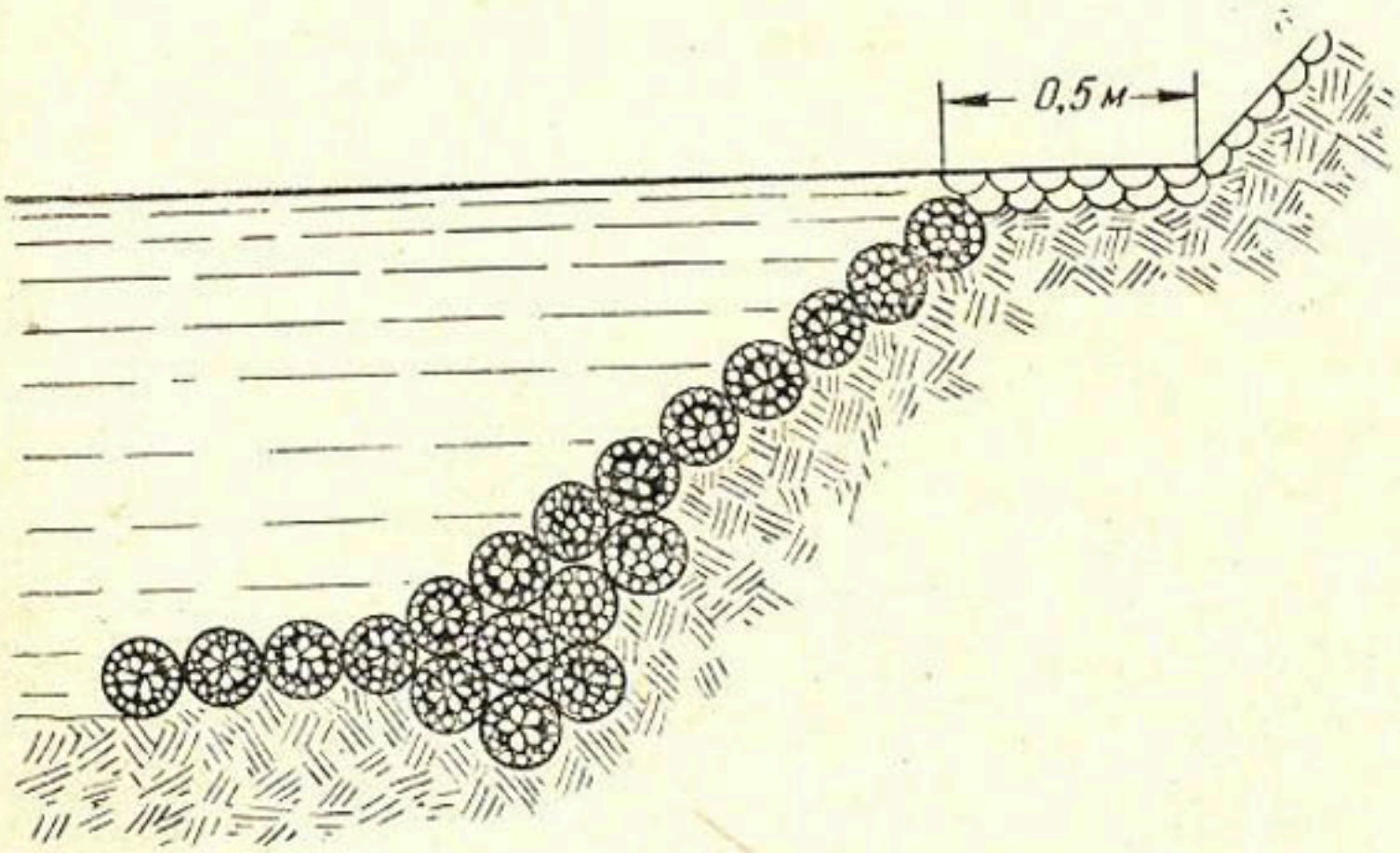


Рис. 48. Укрепление берега продольной укладкой тяжелых фашин.

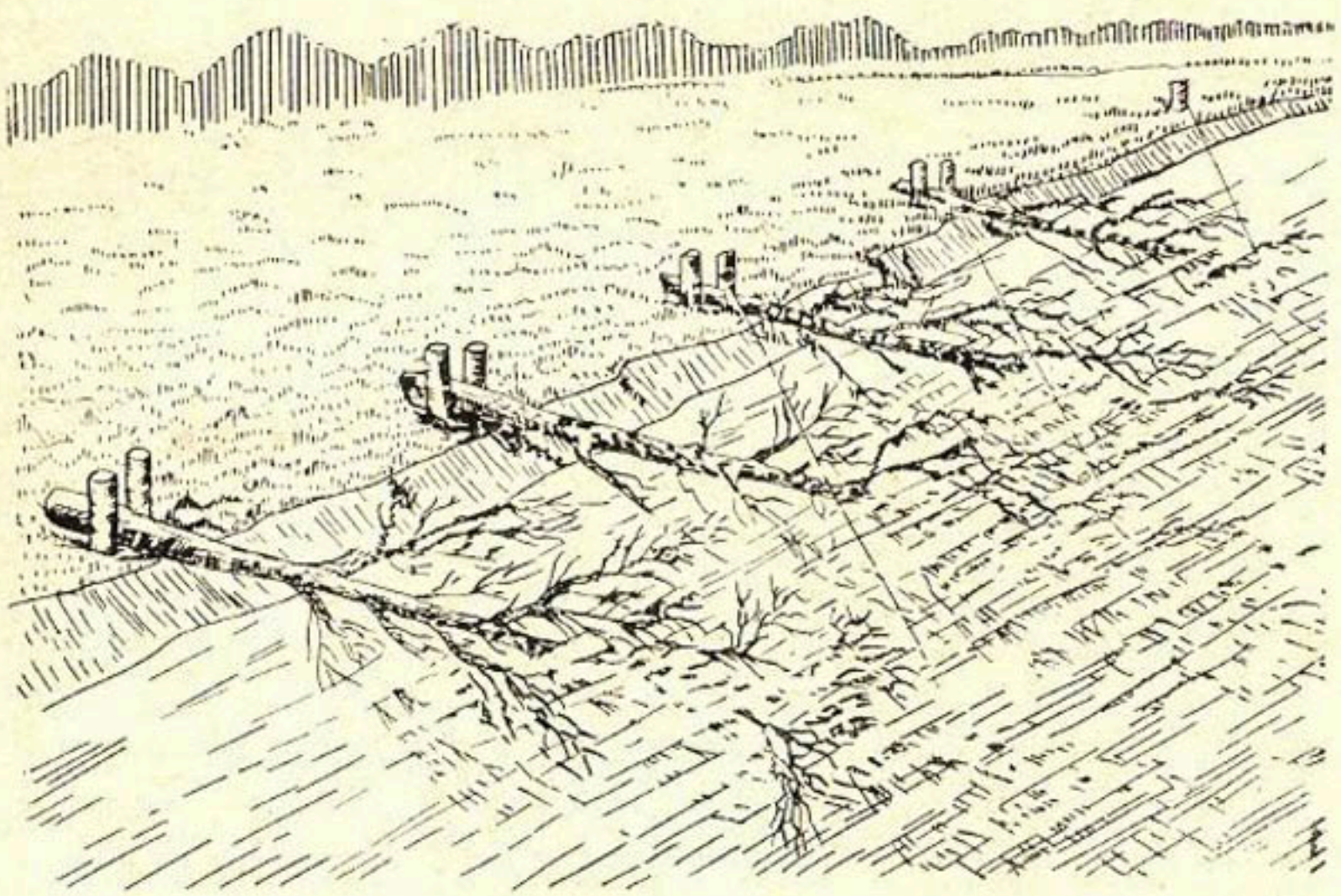


Рис. 49. Защита берегов реки ветвистыми деревьями.

К выправительным относятся русловые продольные и поперечные сооружения, с помощью которых создается видоизмененное и устойчивое русло реки, обеспечивающее необходимые глубины, горизонты воды, скорости течения и т. п.

Выправительная трасса реки может быть образована также односторонней или двусторонней срезкой берегов или землечерпательными прорезями для образования нового русла.

Характерной особенностью речного потока является его способность размывать дно и откосы русла реки. Чтобы защитные и регулирующие сооружения в русле реки не разрушались, их надо закладывать на большую глубину, безопасную в отношении размыва. Это связано с большими затратами средств и сложностью производства работ (необходимость водоотлива). Удешевить возведение регулирующих сооружений можно в случае, если они будут обладать устойчивостью при значительной осадке от подмыва водным потоком, т. е. будут эластичными, гибкими и в то же время будут иметь достаточное внутреннее сцепление. Регулирующие и защитные сооружения должны противостоять большим скоростям потока и быть устойчивыми против сдвига и опрокидывания от напора воды; во избежание обхода их потоком они должны быть прочно связаны с берегом реки.

В гидротехническом строительстве при устройстве регулирующих, защитных и выправительных сооружений широко применяются: каменно-хворостяная (таштуганная) и сипайная кладки, габионы, фашины и карабуры, фашинные тюфяки и выстилки, каменное мощение и наброски, ряжи и др.

Регулирующие сооружения в руслах рек, сложенных из мелкозернистых песков, возводятся на основаниях, крепленных фашинными тюфяками или связанными фашинами (карабурами). Для строительства регулирующих и защитных сооружений применяются в основном местные строительные материалы — камень, хворост, камыш, солома, дерн, земля. Исключение составляет габионная кладка, для устройства которой, кроме камня, требуется большое количество проволоки.

Сипайная кладка состоит из бревенчатого каркаса (треногих или четырехногих сипаев) и заложенной в него каменно-хворостяной кладки (рис. 51).

Четырехногий сипай имеет форму равнобедренного тетраэдра; длина ноги в зависимости от глубины водного потока равна 4—11 *м*. Верхние концы бревен связаны проволокой, а нижние, упирающиеся в дно реки, имеют бревенчатую обвязку, прикрепленную проволокой к ногам сипая. Обвязка состоит из 6 бревен:

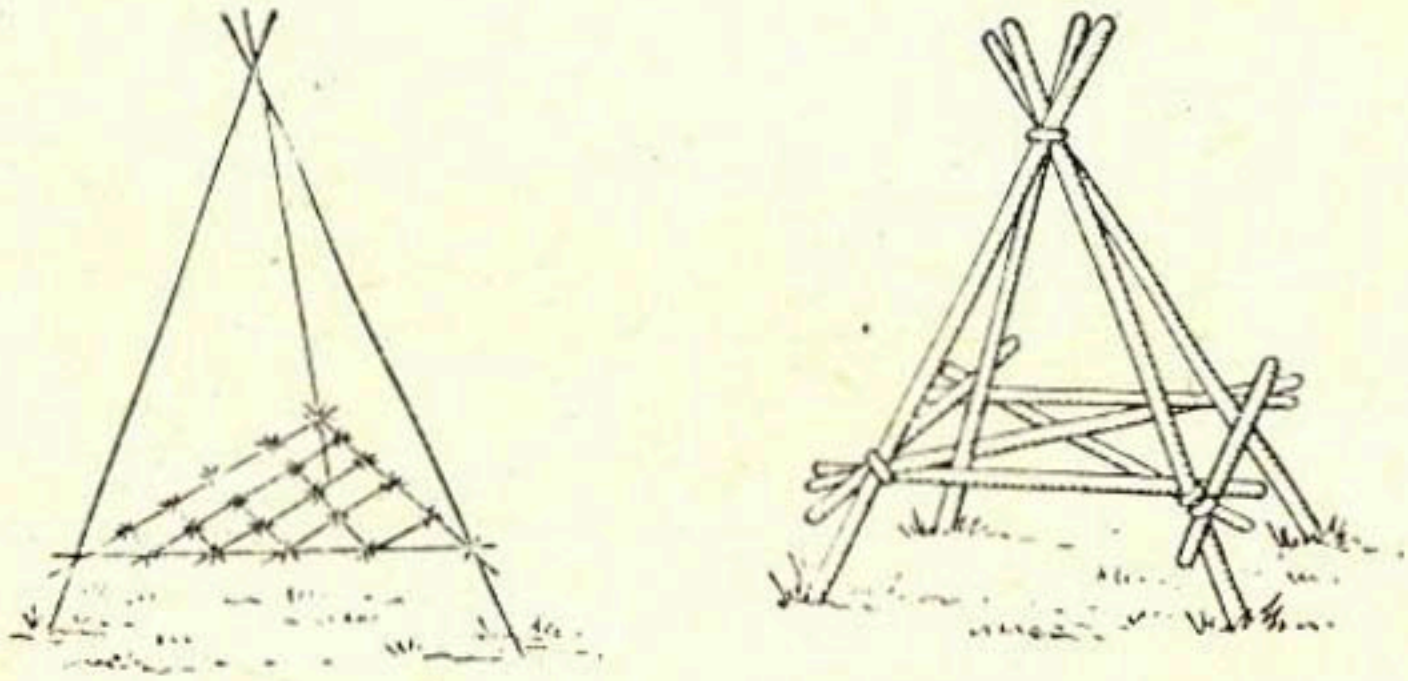


Рис. 51. Сипаи — треногий и четырехногий.

4 бревна образуют квадрат, а 2, называемые перевязкой, располагаются по диагонали. В треногих сипаях вместо диагональных бревен на обвязку укладывают жерди. Обвязку устраивают на высоте, зависящей от глубины водного потока, с таким расчетом, чтобы при установке сипая на место она была погружена в воду на 0,1—0,4 *м*.

Сипаи, изготовленные на берегу, при помощи троса и блоков подтаскивают вниз по течению к месту их установки и по мере укрепления каждого сипая немедленно загружают. Установленный на место сипай сразу же скрепляют с соседним накладкой двух бревен или жердями. Второй сипай загружают одновременно с загрузкой пространства между первым и вторым сипаями.

Материалом для загрузки, так же как и для каменно-хворостяной кладки, служат крупный галечник, хворост и солома. Из-за большой нагрузки на каждую

ногу сипая, а также из-за размыва грунта у ног сипай погружается в грунт. После того как кладка, основанная на обрешетке сипая, сядет на грунт, осадка сипая прекращается. Сипай загружают слоями до требуемой высоты.

При больших глубинах реки применяют способ двойной обвязки; нижнюю обвязку прочно закрепляют на высоте 0,5—0,8 *м* от дна, а верхнюю — на уровне горизонта воды, чтобы она скользила вниз по мере загрузки сипая. Сипайная кладка вместе с верхней обрешеткой постепенно опускается и садится на неподвижную нижнюю обвязку, которая в результате погружения ног садится на дно реки.

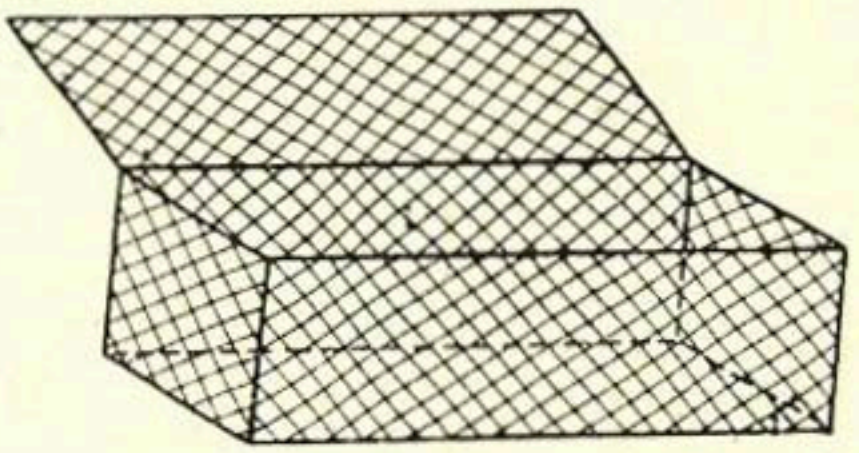


Рис. 52. Габионный ящик.

В реках с большими скоростями течения воды при установке сипая с его напорной стороны устраивают спицы, образующие решетку. Решетку забрасывают легкими карабурами, снопами соломы, ветвями деревьев и под ее защитой сипай загружают кладкой.

При глубине реки более 5—6 *м* сипайную кладку обычно возводят в два яруса. Для защиты основания оголовков сипайных дамб и шпор от подмыва их закрепляют тяжелыми фашинами или карабурами. Чтобы устранить большую фильтрацию воды под кладкой, под все сипаи с напорной стороны одновременно подбрасывают хворост, иногда легкие фашины, а затем солому. В паводковый период при большой мутности потока в течение 3—5 дней происходит заиление кладки песком и илом и фильтрация через дамбу (шпору) почти прекращается. Для загрузки в зависимости от размеров сипая требуется 5—40 $м^3$ хвороста и 1,25—10 $м^3$ соломы.

Габионная кладка представляет собой заполненную камнем металлическую сетку в виде параллелепипеда (рис. 52). Сетку вяжут на ручном станке из оцинкованной проволоки диаметром 2,5—3,6 *мм* с отверстиями, величина которых зависит от крупности

камня и назначения сооружения. Каркас габиона (боковые грани) выполняют из проволоки большего диаметра (4,5—6 *мм*). Размеры габионных ящиков — 3×2×1 или 3×1×1 *м*. Габионы применяют и в виде цилиндров диаметром 0,8—1,5 *м*, длиной 3—5 *м*. Каркас заполняют после установки его на место и прочного соединения ребер боковых граней, перевязки с соседними габионами и установки ребер и диагоналей жесткости. Перевязка необходима для сохранения

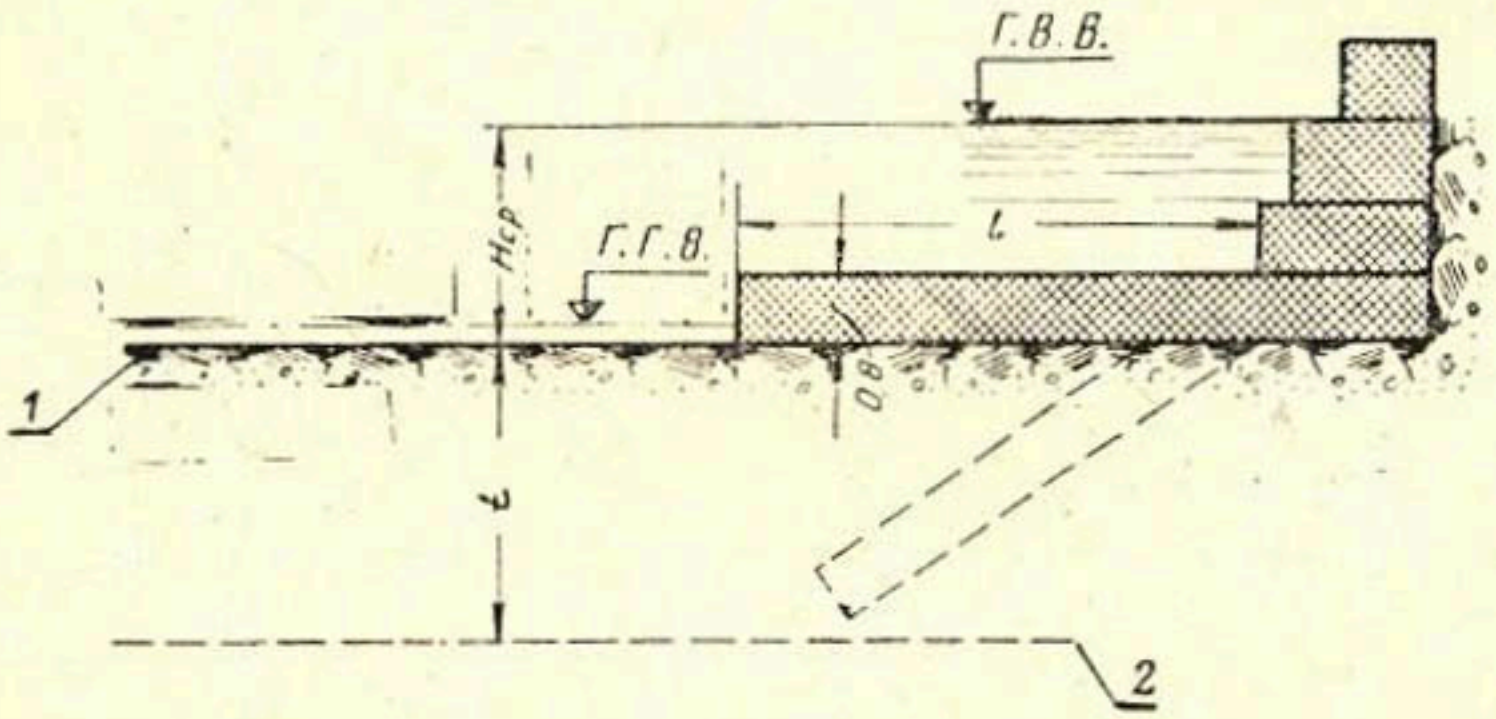


Рис. 53. Габионная кладка:
1 — дно реки; *2* — линия ожидаемого размыва.

правильной формы габиона после его загрузки. У наружных граней габиона укладывают камень крупных размеров, а ядро габиона может быть заполнено и мелким камнем.

При устройстве дамбы габионы укладывают на тюфяки, состоящие из более гибких габионов (рис. 53), толщиной до 0,5 *м*. Тюфяк придает эластичность основанию дамбы, которое в случае подмыва может деформироваться, не увлекая за собой вышерасположенные габионы. Габионные тюфяки укладывают длинной стороной перпендикулярно течению.

При устройстве дамбы в местах соприкосновения габионов получается двойная сетка. Чтобы уменьшить количество проволоки, габионы устанавливают в шахматном порядке, с более тщательной увязкой, а свободные места между ними заполняют только сеткой для дна, крышки и наружной боковой стенки.

Если по условиям эксплуатации габионная кладка будет постоянно находиться под водой, оцинкованную проволоку для устройства габионов можно заменить обычной торговой проволокой.

Каменные крепления в виде мощения или наброски применяются для защиты берегов рек, откосов каналов, дамб и плотин от непосредственного воздействия потока или удара волны.

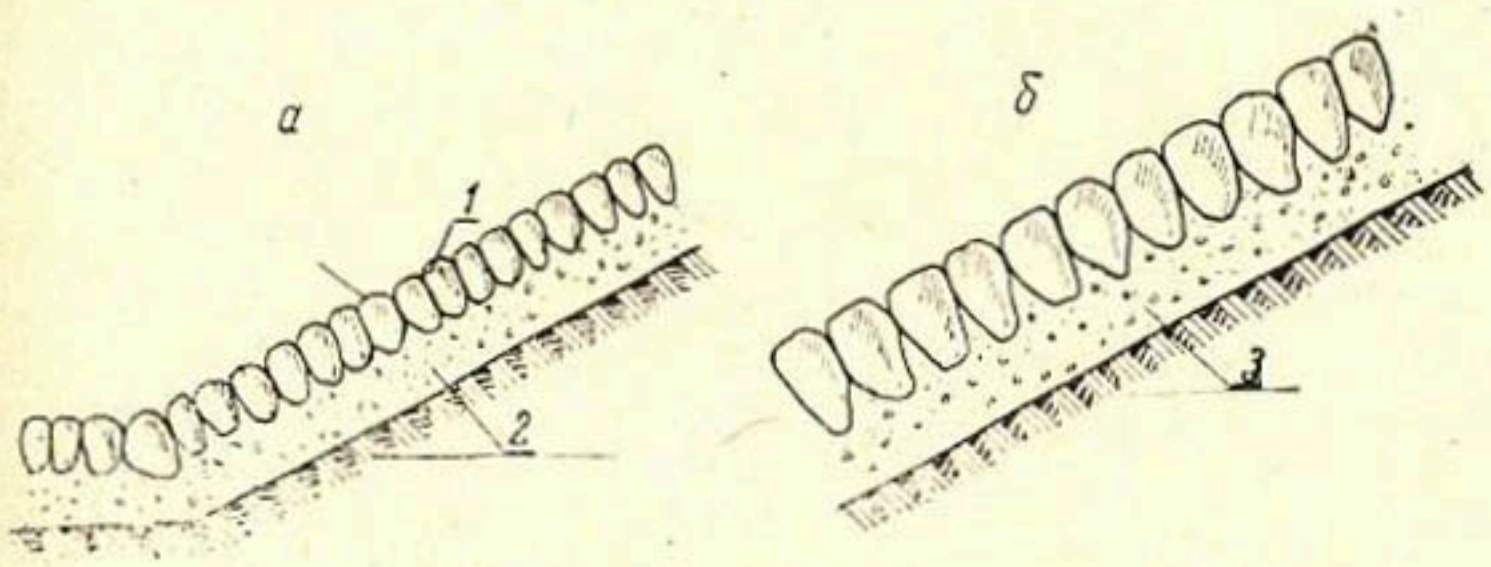


Рис. 54. Одиночная мостовая:

а — из камня слоем 15—30 *см*; *б* — из камня двойной высоты слоем 35—50 *см*. *1* — камень 15—30 *см*; *2* — подготовка из гравия с галькой (щебнем) 10—30 *см*; *3* — слой гравия с галькой (щебнем) 15—40 *см*.

Каменные крепления состоят из верхнего покрытия (одежды) и подстилающего слоя (подготовки). Верхняя часть крепления служит для непосредственного восприятия динамических сил воды, а подстилающий (фильтрующий) слой — для гашения скорости течения воды, уменьшения ее до величины, допустимой в отношении размываемости грунтов, образующих укрепляемую поверхность. Для каменных набросок большой мощности подготовка не делается.

Крепление мощением устраивают в виде одиночной (рис. 54) или двойной мостовой на подготовке из гравия и гальки, или мостовой в плетневых клетках на слое соломы, мха или навоза и др. Эти типы крепления применяют главным образом для крепления дна и откосов каналов, верхних и нижних бьефов гидротехнических сооружений на каналах, а также для крепления откосов дамб и плотин.

Для защитных работ на реках применяют каменную

наброску, которая является также долговременно действующим видом крепления и при хорошем качестве выполнения не требует ремонта и восстановления. Толщину каменной наброски определяют с учетом очертания берега, она должна быть не менее двойного размера камня. Каменную наброску применяют в районах, где есть в изобилии камень, и при грунтах, способных выдерживать дополнительную нагрузку.

Наброска из крупного камня объемом до 1,5 $м^3$ по сравнению с другими конструкциями защитных сооружений имеет значительные преимущества: долговечность, устойчивость и гибкость. Обладая гибкостью, кладка в результате осадки ограничивает подмывы основания сооружения. Строительство и ремонт таких сооружений могут быть полностью механизированы и выполняться в любое время, в том числе в период прохождения паводков.

Фашины — это пучки хвороста, стянутые через 0,8—1 *м* проволокой или вицами. По способу раскладки хвороста фашины делятся на однокомельные (хворост укладывается комлем в одну сторону) и двухкомельные (хворост укладывается комлями в разные стороны).

Фашины, изготовленные из одного хвороста длиной 2,75—4,4 *м* и диаметром 0,3 *м*, называются легкими. Тяжелые фашины той же длины имеют диаметр 0,7—1 *м*; внутренняя полость их загружается камнем, который укладывается на слой соломы. Особо тяжелые фашины называются карабурами; их длина до 6—7 *м*, а диаметр 0,7—1—1,6 *м*. В отличие от тяжелых фашин, изготовляемых на станках, карабуры делают следующим образом: на берегу реки, у места погружения карабур в воду (рис. 55), выравнивается площадка с уклоном к реке. На площадке перпендикулярно оси карабуры растягивают через 0,7 *м* ряды проволоки, на которые укладывают хворост слоем 20—25 *см*. На хворост укладывают солому слоем 5—10 *см*, а на нее слой крупной гальки толщиной 10—25 *см*. После этого карабуру сворачивают рулетом, чем она и отличается от тяжелой фашины. Связанную карабуру сбрасывают в намеченное место. При отсутствии хвороста и соломы для вязки карабуры употребляют камыш, а вместо камня — дерн или грунт.

Фашинные тюфяки и выстилки применяют для закрепления дна и откосов. Тюфяки (рис. 56), предназначенные для закрепления дна, вяжут из хвороста на берегу, на подготовленной площадке, сланях или помосте. После изготовления тюфяки буксируют или подтягивают к месту установки, расчаливают канатами, пригружают камнем и затапливают. Зимой тюфяк может быть связан на сланях, на льду, над местом загрузки или рядом с ним.

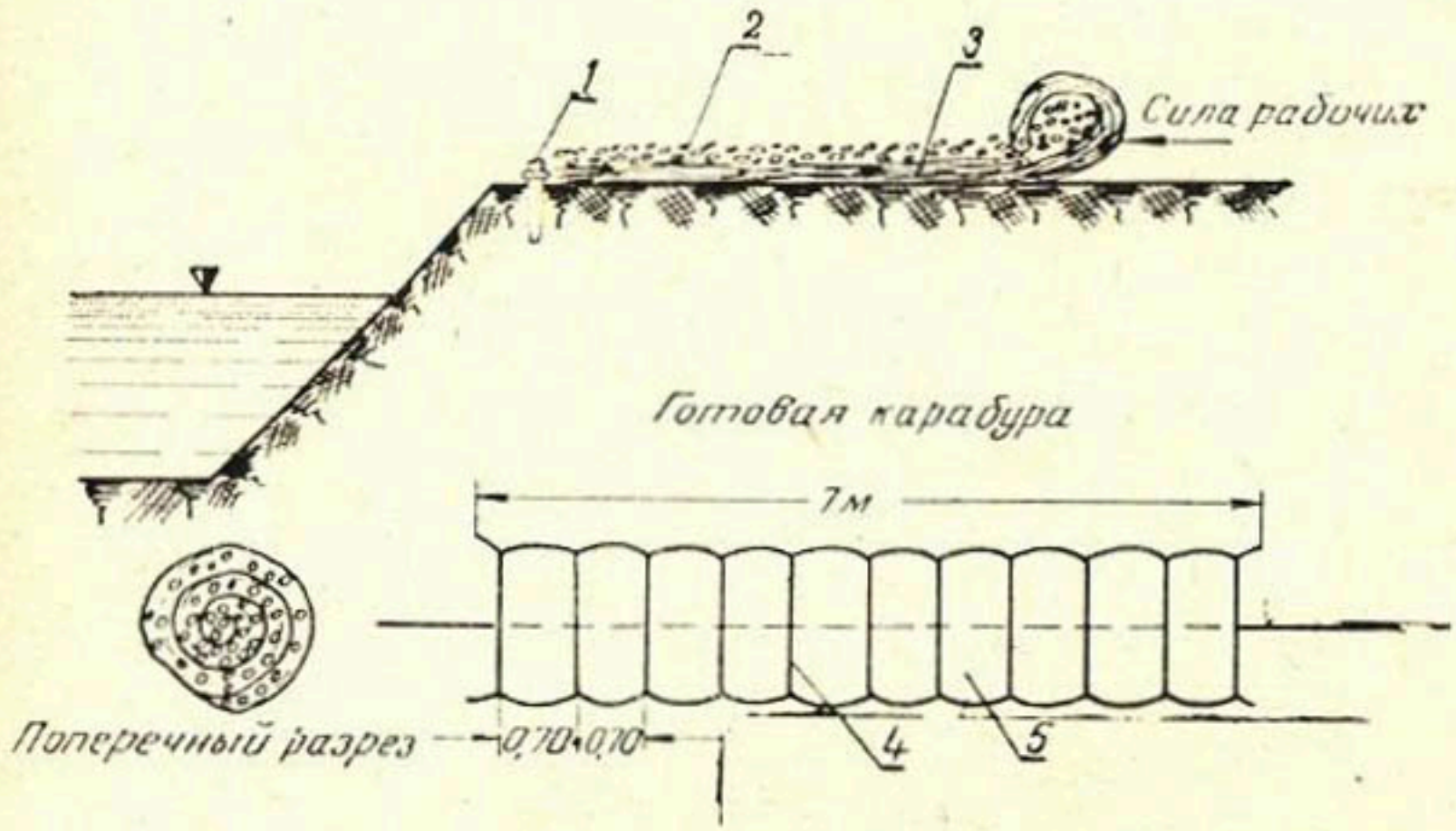


Рис. 55. Изготовление карабуры:
1 — кол; *2* — камень; *3* — хворост и солома; *4* — травильный канат; *5* — проволока или канаты из камыша, осоки, куги и др.

Для изготовления тюфяка на площадке вначале раскладывают продольные фашинные канаты диаметром 10—12 *см*, с расстоянием между ними 0,8—1 *м*. На продольные канаты кладут поперечные, в результате чего получается сетка со стороной квадрата 0,8—1 *м*. Узлы пересечения связывают смоляными канатами, оставляя их концы свободными. После этого на сетку укладывают два слоя хвороста толщиной каждый 0,1—0,25 *м*, по взаимно перпендикулярному направлению. Сверху на хворост укладывают вторую сетку из фашинных канатов и плотно связывают обе сетки выпущенными концами смоляных канатов.

Тюфяки можно применять и для укрепления откосов в сочетании с другими типами креплений (рис. 57).

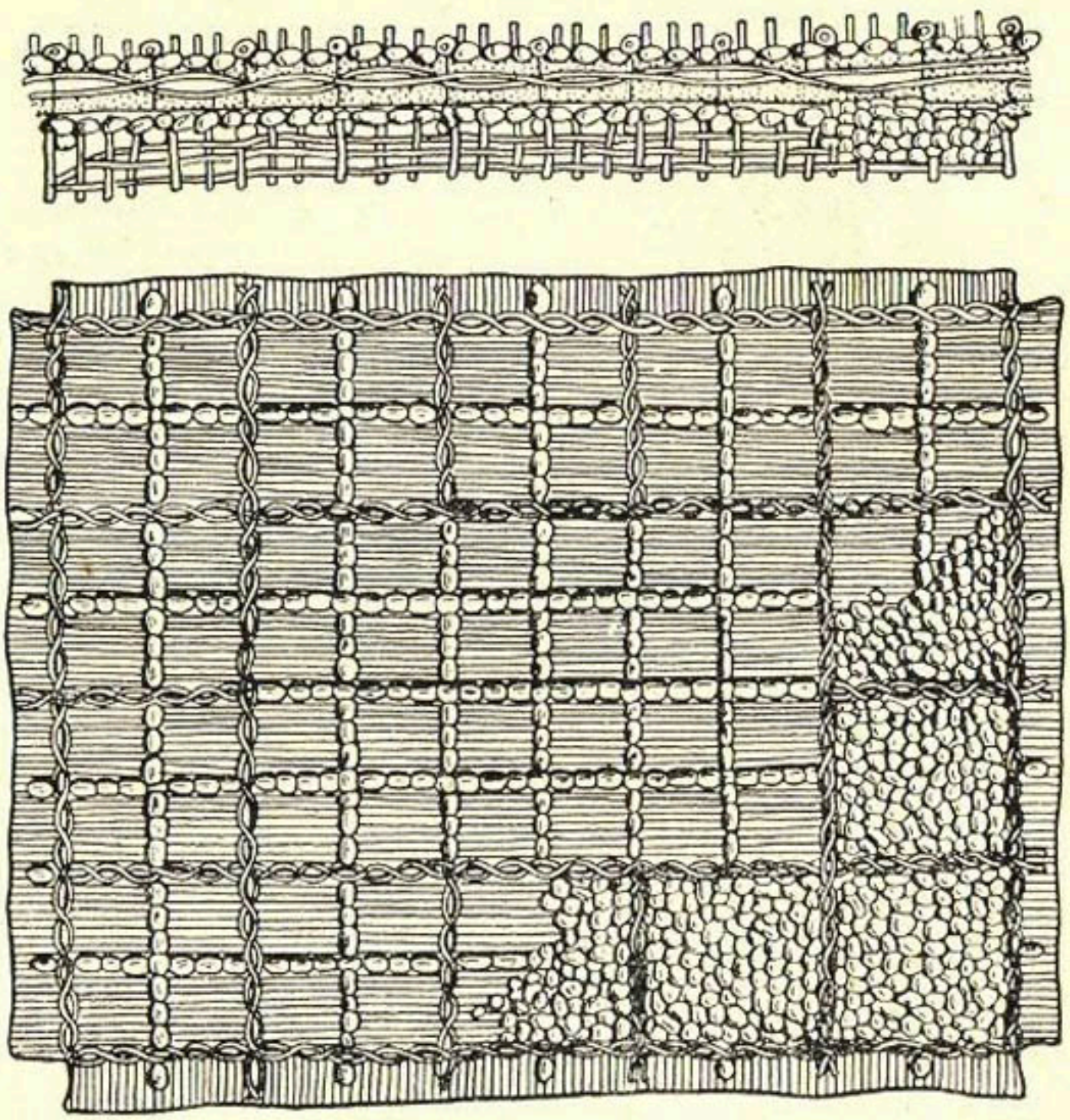


Рис. 56. Фашинный тюфяк.

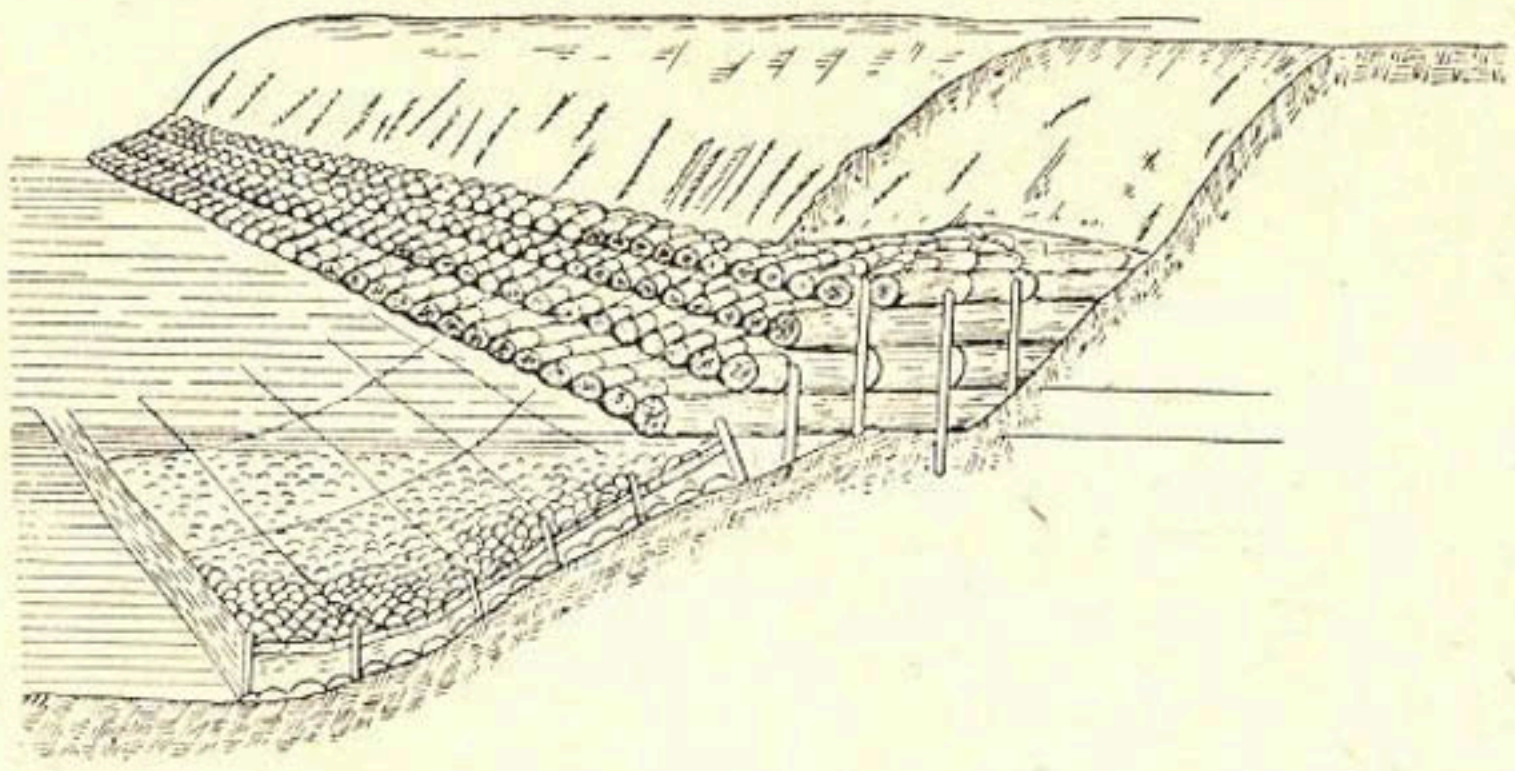


Рис. 57. Укрепление откоса фашинами на тюфячном основании.

Хворостяная выстилка — легкий тип хворостяного крепления спланированных откосов. Хворост раскладывают по откосу вершинами вверх и жердями или прутяными канатами, растянутыми через 0,5—0,6 *м*, и кольями прикрепляют к откосу (рис. 58).

Характерным примером комплекса регулирующих и защитных сооружений из местных материалов для во-

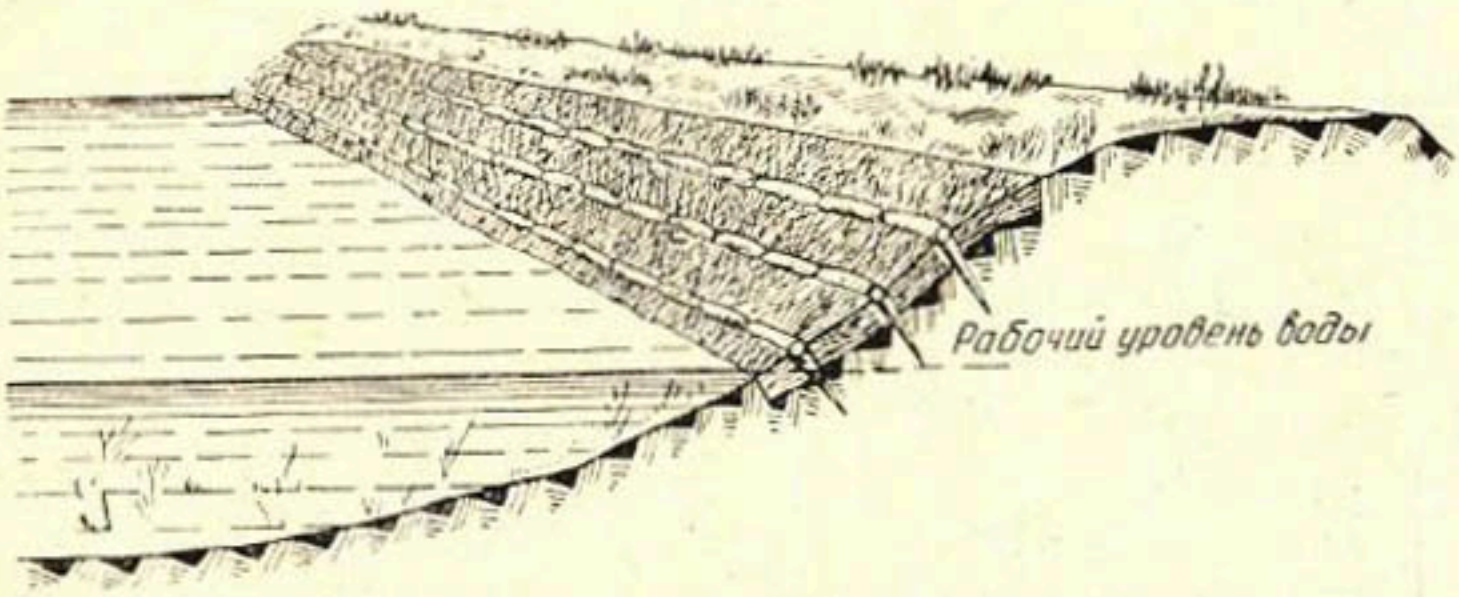


Рис. 58. Укрепление откоса хворостяной выстилкой.

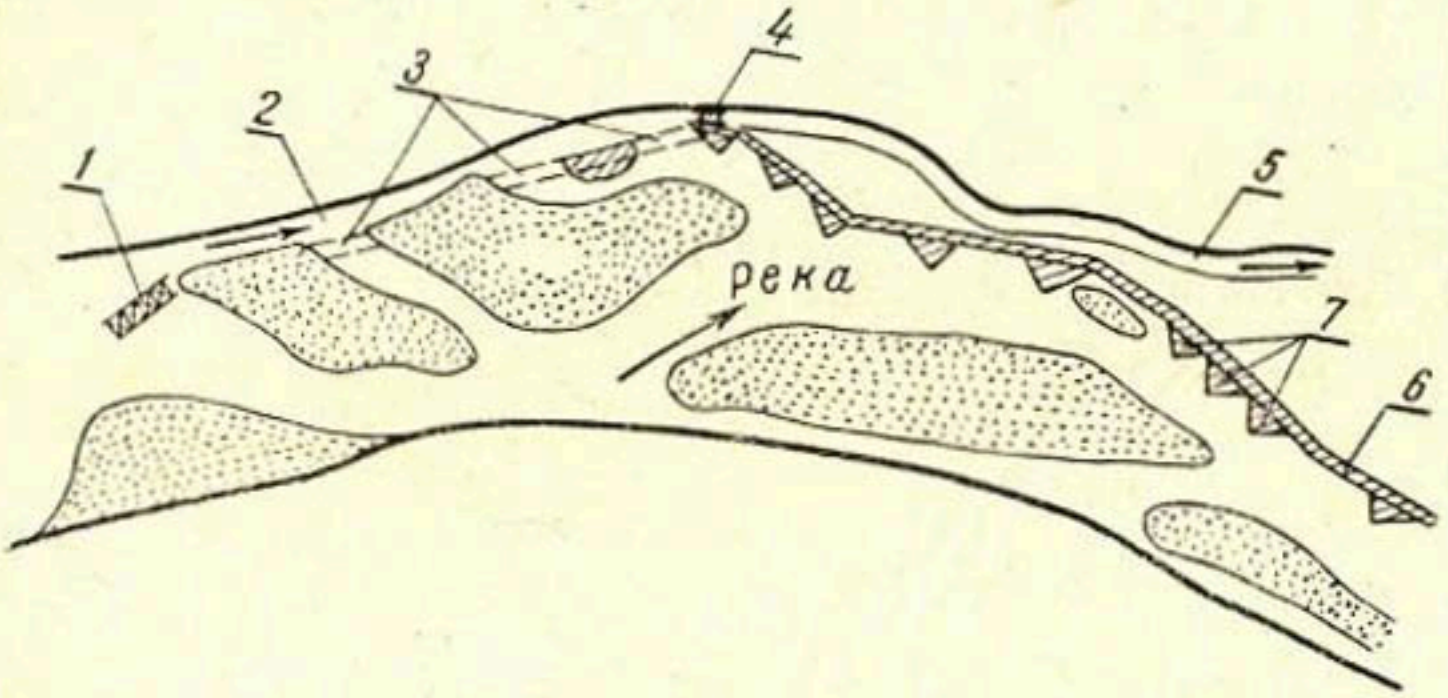


Рис. 59. Схема защитно-регулирующих сооружений для забора воды в оросительную систему:

1 — водозаборная дамба; *2* — подводящее русло; *3* — сбросы; *4* — регулятор; *5* — канал; *6* — продольная защитная дамба; *7* — шпоры.

дозабора на реке с размываемым руслом может служить осуществленный в Узбекской ССР водозабор для одной из оросительных систем на р. Чирчик (рис. 59). Эти сооружения занимают полосу вдоль левого берега реки протяжением около 5 *км*. Чтобы защитить магистральный канал оросительной системы, проходящий вдоль берега реки, устроена габионная дамба с водоотбойными шпорами из сипайной кладки. Водозабор

осуществляется устройством каменно-хворостяной захватной дамбы. Вода поступает в подводящий канал, в конце которого устроен габионный регулятор со спицевыми затворами, а излишки воды сбрасываются через два водослива, расположенные перед головным регулятором. При малых расходах воды в реке и низких горизонтах левый рукав реки водозахватной дамбой перекрывают полностью.

§ 66. ПРОИЗВОДСТВО РЕМОНТНО-РЕГУЛИРОВОЧНЫХ И ЗАЩИТНЫХ РАБОТ

Регулирующие и защитные сооружения из местных материалов для водозабора проектируют так же, как и инженерные сооружения капитального назначения. При проектировании учитываются гидрологические данные (расходы, горизонты, скорости потока), режим донных наносов, характеристика грунтов, слагающих русло реки, плановое очертание русла и данные о местных строительных материалах.

Наиболее часто для регулирования забора воды устраивают водозахватную дамбу (рис. 29). Эту дамбу возводят от головного водозабора вверх по течению. В зависимости от графика водозабора, а также горизонтов и расходов воды в реке водозахватную дамбу удлиняют и наращивают по высоте или же частично разбирают.

На крупных реках водозахватную дамбу усиливают поперечными шпорами (рис. 60). Длина водозахватной дамбы зависит от обеспеченности уровня воды в реке, ширины реки, местоположения головного водозабора и доли забора воды в систему от меженного расхода реки. При неблагоприятных условиях дамбой перекрывают все русло реки, а избыток воды сбрасывают через «окна» в дамбе.

По С. Т. Алтунину, длина водозахватной дамбы принимается равной

$$L = (6 - 8)\,B, \qquad (73)$$

где L — длина водозахватной дамбы (проекция длины на ось потока);

B — ширина устойчивого русла для расчетных расходов воды.

Для промывки донных наносов необходимо обеспечить забор воды из реки в объеме не менее 150—200% потребного по плану водопользования с тем, чтобы излишки воды вместе с донными наносами сбрасывались обратно в реку.

По приведенной на рисунке 29 схеме осуществляется водозабор на горных и предгорных участках реки. На равнинных участках и в низовьях рек производство ре-

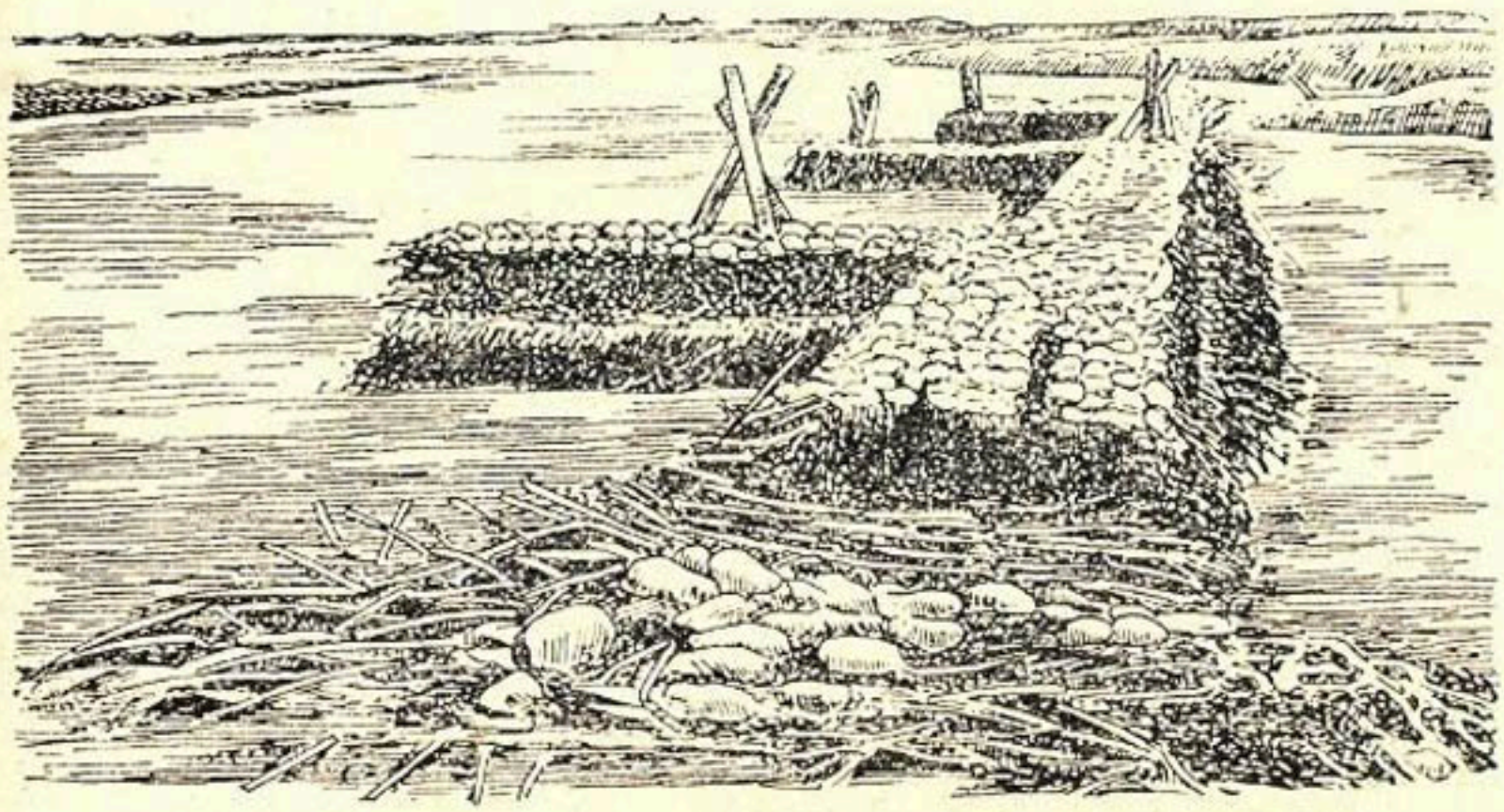


Рис. 60. Водозахватная дамба с поперечными шпорами.

гулировочных работ по водозабору усложняется ввиду затопляемости низких берегов реки при прохождении паводков или при ледяных зажорах, блужданий реки или неустойчивости береговой полосы.

При многоголовом водозаборе на реке с блуждающим руслом (рис. 27) вода в систему в паводковый период поступает через одну голову (саку), а в межень, при низких горизонтах воды, через все или несколько голов, причем поступление воды регулируют, устраивая так называемый ошейник — суженное карабурами сечение канала. Карабуры укладывают в канал к началу паводка и разбирают по мере снижения горизонтов воды в реке (рис. 61). Полное закрытие голов каналов осуществляют перемычками из камыша и грунта, возводимыми непосредственно у берега реки, чтобы предохранить канал от заиления.

В случае отхода реки от места водозабора устраивают прорези.

Для защиты системы от затопления при прохождении паводков или в случае образования ледяных заторов вдоль реки возводят земляные оградительные дамбы. Чтобы предупредить последствия прорыва дамб или смыва береговой полосы между рекой и дамбами,

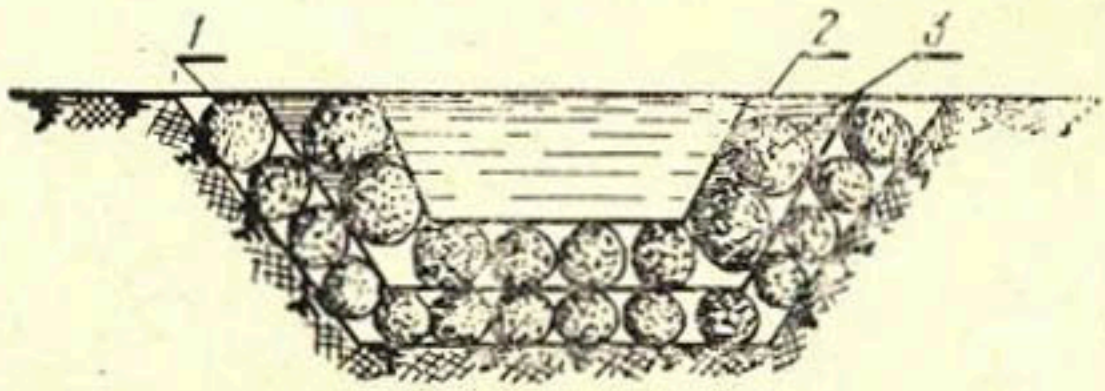


Рис. 61. Регулирование водозабора «ошейником»:

1 — карабуры для закрепления поперечного профиля канала; *2* — кладка из чима (дерна); *3* — регулировочные карабуры.

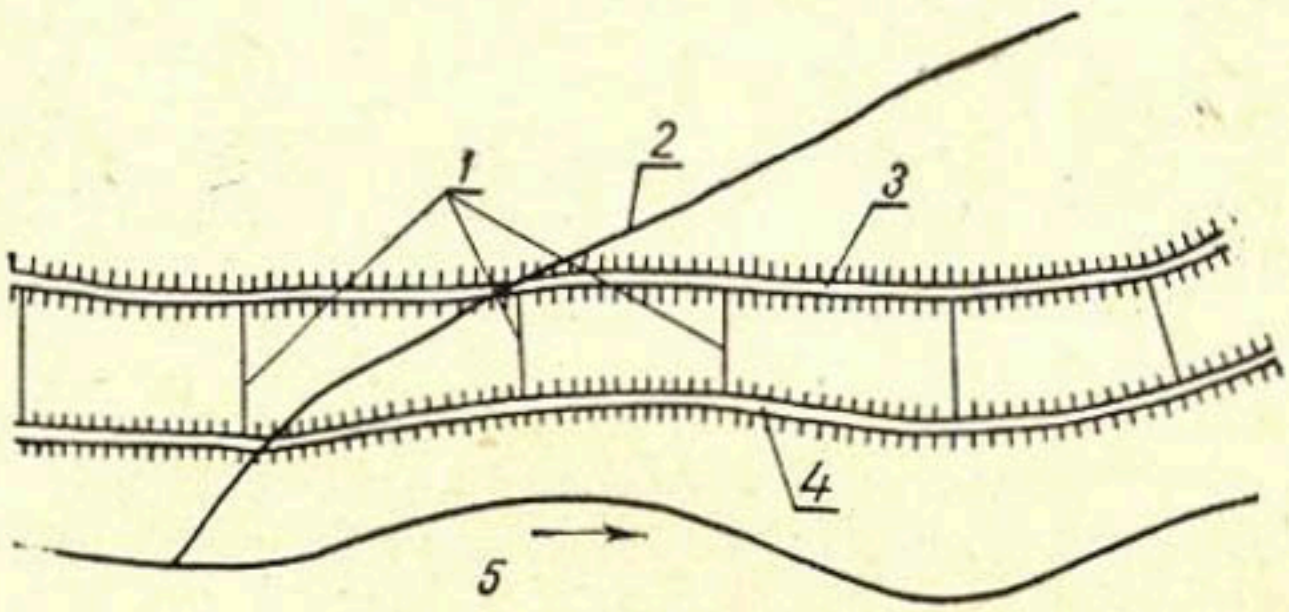


Рис. 62. Схема обвалования:

1 — траверсы; *2* — канал; *3* — вторая линия валов; *4* — первая линия валов; *5* — река.

устраивают вторую линию дамб, соединяя ее с первой траверсами (рис. 62).

Береговую полосу защищают, отжимая поток продольными и поперечными дамбами (рис. 63). Один конец дамбы (корень) на 4—5 *м* заделывается в грунт берега, второй (оголовок) выдвигают в реку. Продольную дамбу располагают по течению и направление ее выбирают так, чтобы отклонить динамическую ось потока от размываемого участка. Оголовки поперечных дамб очерчивают по плавной кривой.

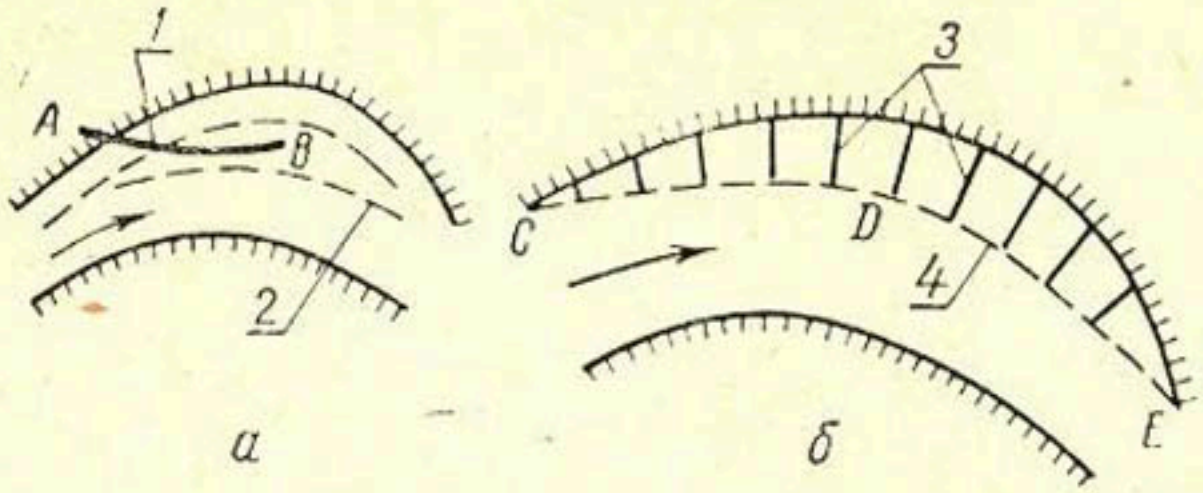


Рис. 63. Защитные дамбы:

а — продольная дамба; *б* — система поперечных дамб (полузапруд). *1* — продольная дамба; *2* — стержень реки после регулирования; *3* — поперечные шпоры; *4* — линия защиты.

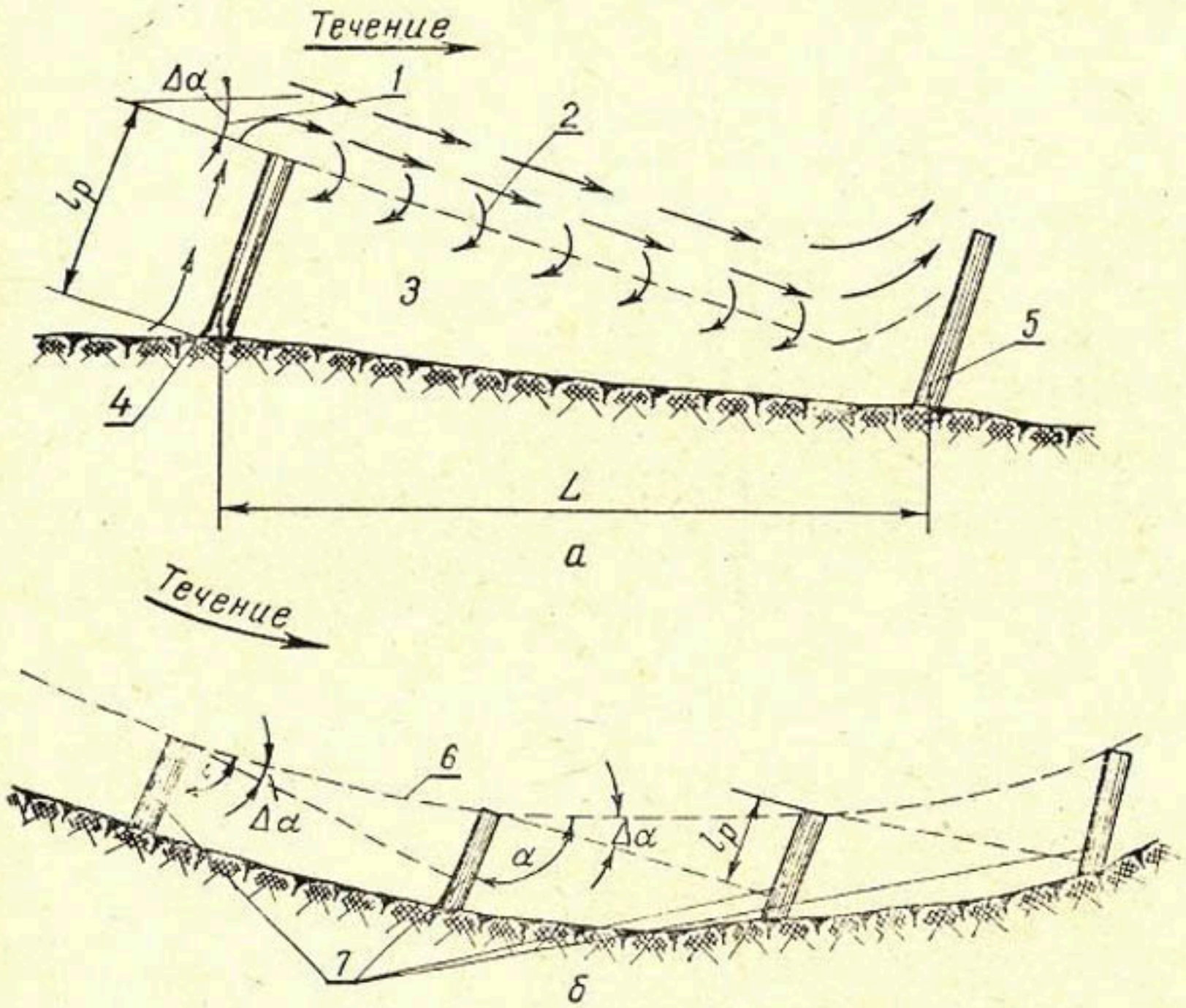


Рис. 64. Поперечные шпоры (полузапруды):

1 — угол растекания потока Δα; *2* — граница растекания; *3* — зона спокойного течения; *4* — первая шпора; *5* — вторая шпора; *6* — линия голов шпор; *7* — поперечные шпоры.

Поперечные дамбы или, как их еще называют, полузапруды, или шпоры, сооружают нормально к оси потока или наклонно вниз по течению (рис. 64). При

расположении шпоры под углом к оси потока увеличивается длина участка, защищаемого шпорой, и устойчивость ее, так как глубина размыва около такой шпоры меньше, чем у шпоры, расположенной нормально к оси потока.

Первую шпору устанавливают несколько выше по течению размываемого участка; следующую шпору располагают на таком расстоянии от первой, чтобы ее корень находился в зоне заиления первой, и т. д.

На основе лабораторных исследований и опытных данных С. Т. Алтунин и И. А. Бузунов предложили расстояния между шпорами на прямом участке определять по следующей формуле:

$$L \approx 6 l_p \sin \alpha, \qquad (74)$$

где L — расстояние между шпорами;
l_p — рабочая длина шпоры;
α — угол, образуемый осью шпоры и направлением течения.

Чтобы не допустить подмыва шпоры, иногда принимают $l = 1{,}5 l_p$, где l — полная длина шпоры. Тогда $L = 4 l \sin\alpha$, а при $\alpha > 75°$ получим $L = 4l$.

Этим же выражением рекомендуется пользоваться при определении расстояния между короткими шпорами, расположенными на вогнутой кривой, принимая за угол α угол, образуемый направлением оси шпоры и направлением касательной к кривой, сопрягающей головы шпор.

После установки шпор происходит переформирование русла потока, с наибольшими размывами дна у голов шпор. Чтобы размыв дна не угрожал устойчивости берега, длина шпоры, по рекомендации С. Т. Алтунина, должна быть

$$l \geqslant 8 H_0, \qquad (75)$$

где H_0 — средняя глубина потока на подходе к сооружению.

Чтобы обеспечить устойчивость шпоры, ее голову укрепляют тяжелыми фашинами, карабурами или габионами, в зависимости от глубины размыва.

Величину размыва у головы шпоры определяют по формуле:

$$H_p = K_z K_m C H_0, \qquad (76)$$

де K_α и K_m — коэффициенты, зависящие от угла α и заложения откоса m;

C — коэффициент размыва, зависящий от величины стеснения потока и характеризуемый отношением $\frac{Q_1}{Q_р}$

(Q_1 — расход воды, проходящий по полосе русла, перекрываемой шпорой, в *м³/сек*;

$Q_р$ — общий расход реки в *м³/сек*).

Величины K_α, K_m и C даны в таблицах 31, 32 и 33.

Таблица 31

α	30	60	90	120	150
K_α	1,18	1,07	1,00	0,94	0,84

Таблица 32

m	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
K_m	1,00	0,91	0,85	0,83	0,61	0,50

Таблица 33

$Q_1/Q_р$	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
C	2,00	2,65	3,22	3,45	3,67	3,87	4,06	4,20

Отжать поток от берега можно не только глухими шпорами, но и сквозными (решетчатыми), однако последние не нашли широкого применения в практике ремонтно-регулировочных и защитных работ для водозабора.

При укладке креплений на откосы необходимо выполнять следующие условия:

а) длину креплений назначать с запасом вверх и вниз по течению, учитывая возможное изменение на-

правления оси потока; при этом особое внимание обращать на заделку в грунт корня креплений во избежание обхода его потоком;

б) крепления укладывать на спланированный откос берега с заложением, обеспечивающим устойчивость грунта и исключающим возможность сползания;

в) креплением защищать всю подводную часть откоса и прилегающую к откосу часть дна шириной, равной средней глубине потока.

Выбор типа креплений зависит от скорости потока и наличия местных материалов (см. § 50).

При производстве защитно-регулировочных работ все трудоемкие процессы должны быть механизированы. Это требование относится прежде всего к земляным работам при устройстве прорезей, спрямлений, излучин, расчистке головных участков каналов от заиления, устройстве перемычек, котлованов, а также при возведении и ремонте защитных валов.

При наличии воды в условиях малосвязных грунтов прорези, спрямления и другие земляные работы целесообразно выполнять гидромеханическим способом (гидромониторами и землесосами), а в тяжелых, связных грунтах — экскаваторами, скреперами и другими землеройными машинами.

В скальных грунтах, а также при аварийном характере работ для ускорения их выполнения целесообразно применять взрывной метод разработки грунтов — взрыв на выброс. Этот метод не требует сложных и длительных подготовительных работ, отличается высокой производительностью, но он обходится несколько дороже работ, выполняемых механизированным способом.

Взрывной метод работ с механическим бурением необходимо применять при крупных заготовках в карьерах камня, являющегося основным строительным материалом для производства каменно-хворостяных, габионных и других видов работ.

При возведении защитных валов и их ремонте наиболее эффективно могут быть использованы тракторные скреперы различной емкости, в зависимости от объемов работ и расстояния перевозки грунта. Резервы грунта для устройства защитных валов там, где это возможно, закладывают в береговой полосе между ре-

кой и валом. При закладке резервов оставляют траверсы, чтобы избежать образования в резервах в период прохождения паводка сильного течения воды вдоль вала. Резервы с траверсами, заложенные в береговой полосе, обычно в первый же год заиливаются наносами.

Чтобы повысить интенсивность работ и снизить их стоимость, целесообразно защитные валы на высоту до 1,5 *м* выполнять бульдозерами, если резервы для разработки грунта могут быть заложены на расстоянии не более 30—40 *м* от оси вала.

Учитывая особую роль защитных валов, их нужно строить при непрерывном контроле, обеспечивая заданную плотность грунта, что достигается послойным уплотнением его в дамбе кулачковыми и гладкими катками. Защитные валы можно возводить способом гидромеханизации — намывом, с разработкой грунта в карьерах гидромониторами или землесосами и транспортировкой их по трубопроводам к месту укладки.

Механизация всех транспортных работ по доставке строительных материалов в рабочую зону (на строительную площадку) обычно осуществляется грузовыми автомобилями, но в некоторых случаях требуется устройство узкоколейных железных дорог от карьеров до рабочей зоны.

Для механизации погрузочных и разгрузочных работ применяются краны, экскаваторы и другие подъемные машины, а для перевозки сыпучих материалов — автосамосвалы. Для доставки материалов из штабелей к местам их укладки применяют различные типы транспортеров. Транспортеры могут быть использованы для доставки камня и укладки его в габионные дамбы, при мощении камнем, и на других работах. При крупных берегоукрепительных работах с применением каменной наброски вдоль укрепляемого берега прокладывают узкоколейную железную дорогу для подвозки камня опрокидывающимися вагонетками.

Широкое применение на регулировочных и защитных работах должны получить различного типа лебедки — для установки сипаев, свертывания и спускания карабур и для других работ, а также прочие виды «малой механизации» — лотки для спуска материалов, блоки, тали и т. п.

§ 67. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗАЩИТНО-РЕГУЛИРУЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ. БОРЬБА С ПАВОДКАМИ

Эксплуатация защитно-регулирующих сооружений из местных материалов имеет свои особенности. В процессе эксплуатации не только наблюдают за этими сооружениями и поддерживают их в исправном состоянии, но и повседневно в поливной период приходится изменять их размеры, в зависимости от режима источника орошения или обводнения и графика водозабора, а также разбирать и возводить вновь до и после прохождения паводков и ледохода.

В связи с постоянной необходимостью проведения указанных работ на головном участке системы, оснащенном защитно-регулировочными сооружениями из местных материалов, содержится постоянный штат рабочих, находящихся в ведении начальника головного участка. На крупных узлах это руководство возлагается на производителя работ.

Защитно-регулирующие сооружения входят в состав головного участка системы. Поэтому оборудование их контрольно-измерительными устройствами (гидрометрические посты, промерные створы, реперы и др.) и вспомогательными устройствами (подъездные дороги, склады, средства связи и др.), а также содержание этих сооружений, контроль за их работой и ведение технической документации по эксплуатации осуществляется в соответствии с правилами содержания головного участка системы (см. главу восьмую).

Контроль за осадкой защитно-регулирующих дамб и шпор, водосливов и регуляторов, а также наблюдение за подмывом оснований этих сооружений, берегов рек и подводных креплений заключается в систематической нивелировке этих сооружений и дна реки у сооружений и берегов, с привязкой полученных результатов к постоянным реперам.

Чтобы улучшить условия водозабора и меры борьбы с наносами, систематически наблюдают за горизонтами и скоростями водного потока, расходами воды, деформацией русла, фильтрацией под сооружениями, а также за донными и взвешенными наносами.

Наибольшие повреждения и аварии защитно-регулирующих сооружений бывают в паводковый период,

т. е. в период наибольших горизонтов, скоростей и расходов воды в реке. Поэтому для борьбы с паводками разрабатывается специальный план организационно-технических мероприятий, предусматривающий подготовительные работы к пропуску паводка, пропуск паводка и ликвидацию его последствий. План работ по борьбе с паводком составляется на основе данных предварительного прогноза о его размере, сроке и характере.

В подготовительный период проводятся следующие работы: заканчивается ремонт и возведение новых сооружений, связанных с пропуском паводка, и проверяется состояние всех действующих защитно-регулирующих сооружений; проверяется и пополняется запас аварийных материалов, инструментов, оборудования и средств транспорта; производится разборка всех временных сооружений (дамб, шпор, перемычек и др.), которые были возведены для водозабора в допаводковый период; организуется ночное освещение опасных мест и постоянная связь их с начальником головного участка; организуются бригады рабочих для пропуска паводка, устанавливается план их размещения и график круглосуточных дежурств.

В случае повреждений или разрушений защитно-регулирующих и других сооружений головного участка немедленно исправляют поврежденные сооружения, заделывают прорывы и размывы, возводят временные защитные устройства для предупреждения дальнейшего расширения аварии.

Глава десятая

ПЕРЕУСТРОЙСТВО И УЛУЧШЕНИЕ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

§ 68. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В Программе Коммунистической партии Советского Союза, принятой на XXII съезде КПСС, сказано: «...Главный путь подъема сельского хозяйства и удовлетворения возрастающих потребностей страны в сельскохозяйственной продукции — всесторонняя механиза-

ция и последовательная **интенсификация:** достижение на основе науки и передового опыта во всех колхозах и совхозах высокой культуры земледелия и животноводства, резкое повышение урожайности всех культур и увеличение выхода продукции с каждого гектара при наименьших затратах труда и средств».

Это целиком относится к поливному сельскому хозяйству, а следовательно, и к водному хозяйству.

Наши оросительные системы еще далеко не совершенны и имеют огромные резервы, которые должны быть полностью использованы.

В первую очередь необходимо обратить внимание на полное использование орошаемых земель, на повышение их водообеспеченности, на борьбу с заболачиванием и засолением орошаемых земель.

Во введении уже указывались недостатки современного состояния гидромелиоративных систем и основные задачи дальнейшего улучшения их эксплуатации.

В настоящее время необходимо уделять особое внимание эксплуатации ирригационных систем и организации на высоком уровне планового водопользования.

Эксплуатация ирригационных систем и использование воды на полях должны отвечать требованиям повышения производительности труда, сокращения затрат труда и средств на производство единицы продукции, полной мобилизации всех имеющихся внутренних ресурсов. Причины неполного использования поливных земель по отдельным союзным республикам приведены в таблице 34.

Как видно из приведенных данных, основной причиной неполного использования поливных земель является недостаток воды в источниках орошения. В числе земель с оросительной сетью находятся земли, некогда орошавшиеся, на которых сохранились в какой-то степени оросительные каналы, а иногда только следы их. Это является следствием существовавшей в прошлом переложной системы земледелия и «бродячего» землепользования, и факт строительства некогда оросительной сети еще не может определить оросительную способность источника орошения. К этому надо прибавить происходившее по социально-политическим причинам перемещение посевов из одной части

Таблица 34

Республики	Имеется земель с оросительной сетью в тыс. га	Поливалось в 1957 году в тыс. га	Не поливалось в тыс. га	В том числе из-за					
				необеспеченности водой	засоления и заболачивания	недостатка рабочей силы	неисправности каналов и сооружений	выпадения достаточного количества осадков	прочих причин
РСФСР	1 481,5	819,4	662,1	150,3	23,8	128,5	188,7	73,4	97,4
Узбекская ССР	2 887,6	2 282,4	605,2	439,3	73,0	47,0	42,8	0,3	2,8
Туркменская ССР	720,6	397,8	332,8	230,9	34,3	24,4	3,0	—	30,7
Таджикская ССР	424,8	344,2	80,6	46,6	18,0	10,6	2,1	2,0	1,3
Киргизская ССР	1 145,4	822,8	322,6	229,0	4,0	46,5	14,9	28,2	—
Казахская ССР	2 054,4	1 054,0	1 000,4	604,5	71,5	172,3	116,4	10,7	25,0
Азербайджанская ССР	1 580,1	883,7	696,4	530,1	22,2	2,6	8,0	66,5	67,0
Грузинская ССР	319,6	231,4	88,2	11,8	0,7	2,2	9,2	59,8	4,5
Армянская ССР	212,9	183,2	29,7	12,8	5,2	2,4	2,7	2,7	3,9
Украинская ССР	222,8	167,5	55,3	17,9	2,6	5,0	19,3	5,6	4,9
Молдавская ССР	29,9	23,4	6,5	1,1	0,1	2,7	0,6	1,8	0,2
Всего по СССР	11 079,6	7 209,6	3 869,8	2 273,8	255,4	444,2	407,7	251,0	237,7

бассейна реки в другую, изменение структуры посевов (замена зерновых культур, поливавшихся в период паводков, хлопчатником, овощными культурами).

Вовлечение этой категории земель с оросительной сетью в сельскохозяйственный оборот связано с капитальным водохозяйственным строительством, переброской воды из бассейна одной реки в другой бассейн, регулированием стока рек и постройкой водохранилищ. В некоторой степени необходимы капитальные работы и для ликвидации неисправности отдельных сооружений и каналов и рассоления земель. Но данные учета свидетельствуют о том, что не менее 1 млн. *га* земель с оросительной сетью не поливается в настоящее время исключительно по организационно-экономическим причинам, из-за нехватки рабочей силы для проведения поливов, возделывания на орошаемых землях культур, дающих при орошении меньший эффект, чем возделывание ценных технических культур, овощей, бахчевых культур, разведение садов и виноградников. В ряде случаев земли с оросительной сетью не поливаются из-за недостаточного технического уровня ирригационных систем, отставания в области механизации полива, недостаточно высокого к. п. д. ирригационных систем и низкого коэффициента использования поливной воды.

Ликвидация этих недостатков, резкое повышение производительности ирригационных систем, улучшение внутрихозяйственного водопользования, обеспечение высоких урожаев поливных культур — основная задача водохозяйственных и сельскохозяйственных органов, колхозов и совхозов.

Непременное условие организации правильного планового водораспределения по ирригационным системам — обеспечить забор из источников орошения нормированного количества воды и строго распределить эту воду между хозяйствами-водопользователями. Добиться этого можно только при наличии на ирригационных системах необходимого количества водозаборных и регулирующих сооружений. Несмотря на большие работы, проведенные в этом направлении за последние 30 лет, пункты забора воды в ирригационные системы из источников орошения оснащены сооружениями лишь на 35%, с колебаниями от 9—10% (Тад-

жикская ССР и Армянская ССР) до 45—58% (Туркменская ССР, Казахская, ССР, РСФСР). Возможность полного регулирования забора воды в ирригационные системы имеется лишь в Украинской ССР и Молдавской ССР.

В задачу водохозяйственного строительства на ближайшие годы входит строительство около 14 тыс. средних и малых головных гидротехнических сооружений. Организация правильного планового водопользования — основы работы ирригационных систем — зависит в огромной степени от ошлюзования выделов воды в колхозы и совхозы, постройки в этих пунктах регулирующих сооружений, оборудованных совершенными водоизмерительными устройствами. Из имеющихся 51 990 пунктов выдела воды в хозяйства в настоящее время имеют гидротехнические сооружения только 12 308 выделов (табл. 35).

Таблица 35

Республики	Всего имеется пунктов выдела воды в хозяйства	В том числе оборудовано регулирующими сооружениями	Недостает сооружений
Узбекская ССР	15 309	4 660	10 649
Туркменская ССР . . .	1 791	521	1 270
Таджикская ССР . . .	2 978	720	2 258
Киргизская ССР	4 860	435	4 425
Казахская ССР	6 408	912	5 496
Азербайджанская ССР .	4 556	3 276	1 280
Армянская ССР	3 533	204	3 329
Грузинская ССР	3 375	74	3 301
Украинская ССР	685	176	509
Молдавская ССР	451	89	362
РСФСР	8 044	1 241	6 803
Всего по СССР . .	51 990	12 308	39 682

Одна из основных задач — ошлюзование средствами колхозов и совхозов выделов воды в хозяйства. Одновременно с этим необходимо закончить переустройство внутрихозяйственной оросительной сети. Правильнее даже

сказать, что ошлюзование выделов воды является составной частью переустройства оросительной сети в колхозах и совхозах.

Начатые в 1950 г. в связи с постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР о переходе на новую систему орошения работы по переустройству внутрихозяйственной оросительной сети явились новым этапом в развитии орошаемого земледелия.

Так, с 1959 по 1956 г. оросительная сеть была переустроена на площади 2,68 млн. *га*. В результате проведенных работ колхозы и совхозы получили прирост орошаемых площадей свыше 80 тыс. *га* и построили свыше 21 тыс. гидротехнических сооружений. Объем земляных работ по переустройству внутрихозяйственной сети на 1 января 1957 г. составил около 650 млн. $м^3$, в том числе 523 млн. $м^3$ было выполнено механизмами машинно-тракторных станций. Работы по переустройству внутрихозяйственной оросительной сети оказали большое положительное влияние на повышение производительности сельскохозяйственных машин в орошаемом земледелии. Площади поливных участков с 1—2 *га* возросли до 10—20 *га* и более. Улучшилось также использование воды на полях. Однако эти работы еще далеко не закончены.

Теперь, когда сельскохозяйственная техника передана колхозам, они имеют возможность завершить переустройство внутрихозяйственной оросительной сети и тем самым значительно повысить производительность труда на сельскохозяйственных работах. Особое внимание необходимо при этом обратить на планировку поливных участков. Этому важному делу в 1950—1956 гг. уделялось недостаточное внимание. Без должной планировки орошаемых земель нельзя обеспечить хорошую технику полива, добиться удлинения поливных борозд, а следовательно, повышения производительности труда на поливе, нельзя добиться равномерного увлажнения почвы и качественного проведения промывных поливов — обязательного условия получения высоких урожаев на поливных землях.

К 1965 г. намечено провести планировочные работы на площади около 6 млн. *га*, что потребует выполнения около 1,5—1,8 млрд. $м^3$ земляных работ. Для удешевления стоимости планировочных работ необходимо

внедрить в производство широкозахватные планировщики. В США, где планировка поверхности полей является обязательным условием поливной агротехники, применяются именно эти машины. Такой планировщик разработан Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации (ВНИИГиМ). К 1965 г. необходимо иметь до 10 тыс. таких планировщиков. Стоимость планировки широкозахватными планировщиками определяется в 16 руб. на 1 *га*, или около 100 млн. руб., в то время как при использовании существующих механизмов она обошлась бы в 200 млн. руб. Если учесть, что производительность труда в сельском хозяйстве после проведения планировки, по имеющимся данным, удваивается, а урожайность хлопчатника повышается почти на 30%, то затраты на планировку окупятся в очень короткий срок.

Серьезным недостатком в эксплуатации ирригационных систем является недостаточная механизация работ по очистке от заиления, особенно внутрихозяйственных каналов. За последние 10 лет значительно возросла механизация работ по очистке крупных межхозяйственных каналов. Процент механизации этих работ составляет около 84,6. Однако по отдельным республикам этот процент ниже среднего. Например, уровень механизации очистки межхозяйственных каналов составляет в Узбекской ССР только 75,5%, в Таджикской ССР — 78,5, в Грузинской ССР — 75, в Украинской ССР — 51,5%.

Выполнение вручную ежегодно почти 20 млн. $м^3$ земляных работ по очистке межхозяйственных каналов отрывает в самое напряженное для полевых работ время не менее 5—6 млн. рабочих дней колхозников.

Процент механизации очистки внутрихозяйственной сети составляет лишь 36,7. На работы по очистке внутрихозяйственной оросительной сети отвлекается в году не менее 6—7 млн. рабочих дней колхозников, а в общей сложности на очистку каналов затрачивается около 12 млн. рабочих дней колхозников. В текущем семилетии необходимо довести уровень механизации очистки по межхозяйственным каналам до 90—95%, а по внутрихозяйственной сети — не менее чем до 75%. Это позволит освободить для использования в сельском хозяйстве до 6 млн. рабочих дней.

Ежегодно только государственными ирригационными системами (не считая мелких колхозных систем) забирается из источников орошения свыше 68 млрд. $м^3$ воды. Из этого количества до пунктов выдела воды колхозам и совхозам доставляется около 52 млрд. $м^3$. Около 16 млрд. $м^3$ теряется на фильтрацию из каналов; к. п. д. межхозяйственных каналов составляет 77%.

Коэффициент полезного действия внутрихозяйственной сети в настоящее время в среднем не превышает 0,65—0,70. Около 18 млрд. $м^3$ воды, поступающих в хозяйства, не доводится до полей, а бесполезно теряется в оросительных внутрихозяйственных каналах и идет на пополнение грунтовых вод. Если учесть, что при существующей технике полива поступающая на поля оросительная вода полезно используется растениями в корнеобитаемой зоне не более чем на 70%, то можно считать, что от пунктов выдела воды в хозяйства до растений бесполезно теряется свыше 25 млн. $м^3$ воды, или около 50% подаваемой хозяйствам воды (70% от забираемой воды). В некоторых районах этот процент еще больше.

Повышение к. п. д. внутрихозяйственной оросительной сети до 0,85—0,90 вполне достижимо при организации четкого планового водопользования в колхозах и совхозах. Для этого необходимо завершить переустройство оросительных систем колхозов и совхозов, ошлюзовать их и спланировать орошаемые земли.

§ 69. ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПЛАН УЛУЧШЕНИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Совершенствование и улучшение оросительных систем во всех районах СССР нельзя рассматривать как единовременное мероприятие. Для переустройства оросительных систем требуется время и значительные средства. Поэтому улучшение оросительных систем в различных районах нужно проводить с учетом экономических условий. В первую очередь оно необходимо там, где затруднена эксплуатация оросительных систем и где современное состояние орошения тормозит получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

В таком направлении идет осуществление семилетнего плана развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 гг. в области орошения.

Наряду с введением в сельскохозяйственный оборот земель нового орошения осуществляется и переустройство старых оросительных систем.

Каждая оросительная система должна иметь перспективный план ее переустройства, основанный на тщательном анализе ее работы. В нем предусматривается проведение ежегодных эксплуатационных работ по поддержанию системы в порядке и проведение капитальных работ.

В перспективном плане оросительной системы приводятся показатели существующего положения, изменения, происшедшие за последние годы работы системы, объемы и ориентировочная стоимость намеченных мероприятий (с выделением эксплуатационных и строительных работ, госбюджетных ассигнований и средств водопользователей), очередность выполнения во времени, а также показатели эффективности запланированных мероприятий.

Перспективный план ежегодно уточняется и совершенствуется в связи с проводимыми работами, улучшением технических показателей, мелиоративных условий и водообеспеченности системы.

Переустройство оросительной системы осуществляется по этапам, в порядке строительных работ по соответствующим проектам.

Переустройство внутрихозяйственной сети выполняется самими хозяйствами с помощью водохозяйственных организаций либо этими организациями по договорам с колхозами.

В перспективном плане предусматривается:

широкое развитие работ по облицовке оросительных каналов бетоном и другими материалами для предотвращения непроизводительных, вредных потерь воды на фильтрацию из каналов;

оснащение оросительной системы необходимым количеством водозаборных, распределительных и водоизмерительных сооружений и устройств, улучшение телефонной связи по системе, переход по крупным узлам сооружений и по насосным станциям к автоматизации и телемеханизации управления их работой;

оборудование всех выделов воды в хозяйства сооружениями, регулирующими поступление воды и учитывающими ее количество;

проведение тщательной планировки орошаемых полей;

работы по устройству дренажа засоленных и заболоченных земель и тщательная промывка этих земель; при этом необходимо смелее переходить к устройству закрытых дренажных систем, исключающих потерю земли и излишние расходы на эксплуатацию;

переход на полив с помощью передвижных трубопроводов, трубочек, переносных сифонов, щитков и других приспособлений, повышающих производительность труда на поливе, а также развитие полива дождеванием;

повышение водообеспеченности оросительных систем в результате регулирования стока рек, переброски воды из других источников орошения, отыскания дополнительных источников воды, использования грунтовых вод;

ликвидация параллелизма оросительных каналов и излишней их протяженности, исправление трасс каналов, препятствующих эффективному использованию сельскохозяйственных машин и орудий;

улучшение поперечных сечений каналов и дамб и замена ряда старых каналов каналами инженерного профиля;

улучшение дорожной сети по оросительной системе;

обеспечение нормального водоснабжения поселков и животноводческих ферм, не связанного с работой оросительных каналов;

развитие лесных насаждений на оросительной системе.

При разработке перспективного плана переустройства и улучшения оросительной системы важно правильно установить водообеспеченность орошаемых земель.

Водообеспеченность орошаемых земель и хозяйств системы, а также земельные ресурсы ее определяются на основе водоземельного баланса, в котором учитываются все водные источники системы как поверхностные, так и подземные, и все земли как орошаемые, так и неорошаемые, доступные для орошения данной оросительной системой.

Земельные ресурсы, входящие в границы системы, учитываются как в количественном, так и в качественном отношении. Особенно важно установить неиспользуемые земли, причины неиспользования их и наметить необходимые мелиоративные мероприятия.

Одновременно с этим устанавливается потребность в расширении орошаемых площадей.

§ 70. ПЛАНИРОВКА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Планировка бывает двух видов: капитальная и эксплуатационная. Эксплуатационная выполняется по мере надобности самим хозяйством и заключается в выравнивании поверхности поливного участка. Она выполняется обычно без предварительного составления проекта. К этому виду планировки относится и частичная, при которой сохраняется существующий уклон поля, устраняются отдельные небольшие и сглаживаются более крупные неровности. Объем работ по такой планировке составляет до 200 *м*^{3}/*га*; она проводится широкозахватными планировщиками (рис. 65), после того как почва взрыхлена. Частичная планировка проводится в пределах поливного участка, который предварительно очищается от растительности, пней и т. п.

В зависимости от микрорельефа требуется до шести проходов планировщика по одному следу. Участок обрабатывается планировщиком в продольном и поперечном направлениях. Норма выработки широкозахватного планировщика с длиной базы 14—15 *м* при ширине рабочего захвата 4 *м* и работе с тракторами С-80 или С-100 может быть принята в переводе на один след — 10 *га* за восьмичасовую смену. Планировщики с длиной продольной базы 13,5—15 *м* и шириной рабочего захвата 2,75—2,8 *м*, работающие с трактором ДТ-54 и ДТ-54А, имеют производительность 5—6 *га* за смену.

Капитальная планировка, объем которой в зависимости от микрорельефа колеблется чаще всего в пределах 250—400 *м*^{3}/ *га*, а в отдельных случаях достигает 800—1000 *м*^{3}/ *га*, осуществляется только по предварительно составленному проекту.

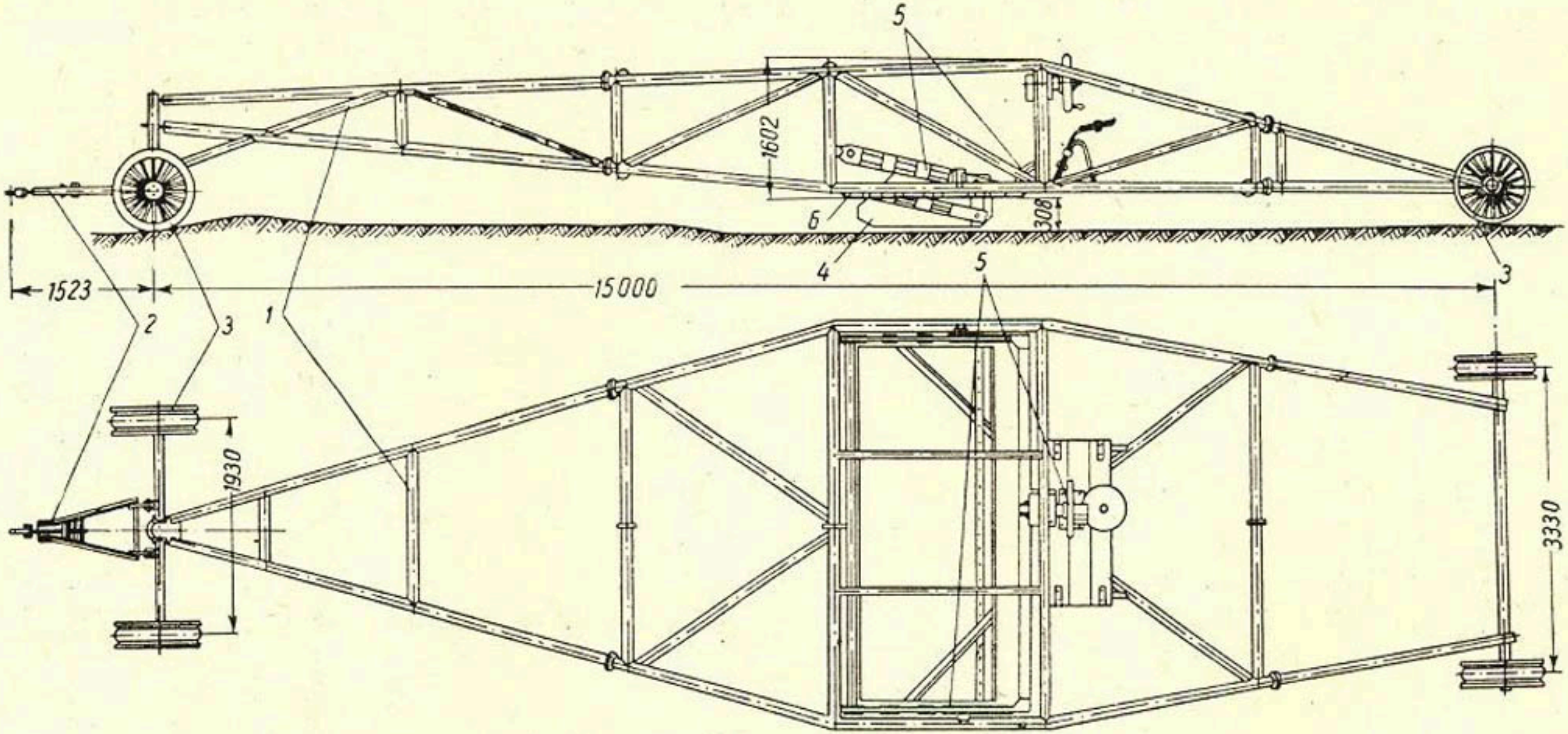


Рис. 65. Длиннобазисный планировщик ПТ-4А:
1 — рама; *2* — передок; *3* — колеса; *4* — ковш; *5* — механизм подъема ковша.

Основные требования при проектировании и производстве планировки:

1) в результате планировки должна быть получена такая поверхность, на которой можно нарезать возможно более длинные борозды и обеспечить равномерное увлажнение поля;

2) величина срезок и подсыпок не должна нарушать плодородие почвы, так как на участках глубоких срезок и значительных подсыпок сильно снижается урожайность (табл. 36);

3) проектные объемы земляных работ должны быть минимальными;

4) метод проектирования и переноса проекта в натуру должен быть простым и наименее трудоемким;

5) производство работ и контроль за их выполнением должны быть простыми.

Таблица 36

Влияние срезок и подсыпок на урожайность хлопчатника

Величина срезки в *см*	Урожайность в %	Величина подсыпки в *см*	Урожайность в %
0	100,0	0	100,0
10	84,5	10	114,1
20	71,1	20	111,9
30	54,2	30	93,7
40	42,9	40	79,6

Не рекомендуется делать срезки более 20 *см*.

Существует много методов проектирования и производства планировочных работ: метод баланса работ по средним отметкам (метод ВНИИГиМ); метод Среднеазиатского научно-исследовательского института ирригации САНИИРИ; метод проектного института Узгипроводхоз; метод Каменско-Днепровской станции УкрНИИГиМ; метод, предложенный Крымской опытно-мелиоративной станцией; метод, разработанный В. Н. Мартинсеном (Министерство водного хозяйства Азербайджанской ССР), и др.

Для определения объемно-сметных показателей при планировке орошаемых площадей Ю. К. Неумываки-

ным (Московский институт инженеров землеустройства) предложен способ, основанный на математическом анализе сложности микрорельефа.

Проектирование планировочных работ по методу ВНИИГиМ проводится на планах в масштабе 1 : 2000 или 1 : 1000, составленных на основании вертикальной съемки по квадратам 20 × 20 *м*. Горизонтали проводятся в зависимости от уклона через 0,1—0,3 *м*. По плану поливной карты, по поперечникам, перпендикулярным направлению полива, определяют средние отметки поперечников, устанавливают средний уклон поливной карты и проектные отметки. Отметки изменяют так, чтобы общая сумма средних вычисленных отметок равнялась сумме измененных проектных отметок, что обеспечивает баланс земляных работ. При явно выраженном поперечном уклоне сумма отклонений проектных отметок от средней проектной отметки поперечника должна равняться нулю. Далее выделяют производственные площади планировки, определяют дальность возки грунта и объемы работ для каждой площадки. Направление и среднюю дальность возки грунта определяют для каждой площадки как расстояние между центрами тяжести объемов срезки и насыпи грунта. В результате проектирования по методу ВНИИГиМ получается топографическая поверхность, удовлетворяющая требованиям техники полива и минимуму земляных работ. Однако этот метод очень трудоемок, требует детальной съемки участка, дает несколько преувеличенные объемы работ, не дает графического представления о проектируемом микрорельефе, сложен при переносе проекта в натуру и не позволяят сохранить в натуре границы контуров срезок и насыпей.

По методу САНИИРИ капитальная планировка проектируется на плане в масштабе 1 : 1000 по полосам шириной от 20 до 120 *м*, в зависимости от рельефа. Съемка поверхности проводится также по квадратам 20 × 20 *м*.

На плане по повышенным точкам разбивают трассы временных оросителей. На продольный профиль полосы наносят проектную линию, имеющую только прямые уклоны и обеспечивающую минимальные срезки и подсыпки. Баланс работ по всей полосе обеспечивается продольной возкой грунта. По центрам квадратов на-

мечают проектные отметки. Отметки выписывают на план или профиль с точностью до сантиметра. Суммы рабочих отметок срезок и подсыпок подсчитывают отдельно по каждому горизонтальному ряду, затем по всему участку или профилю.

При производстве планировочных работ на местности восстанавливают продольные опорные линии, разбивают поперечные маячные линии и указывают места и глубины срезок и высот насыпей.

Этот метод более совершенен, чем метод ВНИИГиМ, так как проектирование линейчатой поверхности облегчает перенос проекта в натуру. Однако и его основные недостатки заключаются в трудоемкости, отсутствии графического представления о проектируемом микрорельефе, дроблении поливных делянок уступами, завышении объемов работ.

Метод Каменско-Днепровской станции УкрНИИГиМ, который представляет собой несколько измененный метод САНИИРИ, применяется на участках с малыми уклонами (до 0,005). Поскольку он допускает баланс земляных масс в пределах нескольких поливных делянок, а не одной, при этом методе получаются меньшие уступы на границах поливных делянок, допустимые величины срезок и меньшие объемы земляных работ.

В основу метода проектирования и производства планировочных работ, предложенного В. Н. Мартинсеном, положена наклонная плоскость, образуемая в пределах каждой поливной делянки в зависимости от ее микрорельефа. Этот метод прост, удобен при переносе в натуру, но также имеет существенные недостатки: требует плановой основы в масштабе 1 : 2000 с сечением горизонталей через 0,1 *м;* при сложном микрорельефе не позволяет соблюдать допустимые величины срезок почвы; дает значительно завышенные объемы работ по сравнению с ранее приведенными методами; не позволяет избежать уступов в местах сопряжения поливных делянок.

В основу метода, разработанного Крымской опытно-мелиоративной станцией (КОМС), положено проектирование и производство планировочных работ по проектным (красным) горизонталям. Это позволяет составлять проекты заранее, соблюдать предельно допустимую глубину срезки почвы, назначать длинные поливные бо-

розды или полосы. Проектирование ведется по плану в масштабе 1:2000 с горизонталями через 0,20—0,25 *м*. При малых уклонах проектные горизонтали наносятся с сечением 0,05—0,10 *м*. Они наносятся по возможности ближе к черным горизонталям последовательно на всех поливных картах для увязки их на границах карт. Затем разбивается сетка квадратов 20×20 *м*, в углах квадратов определяют черные и красные отметки, вычисляют величины срезок и насыпей и оконтуривают линиями нулевых работ площади срезок и насыпей. Земляные работы подсчитывают по каждому контуру.

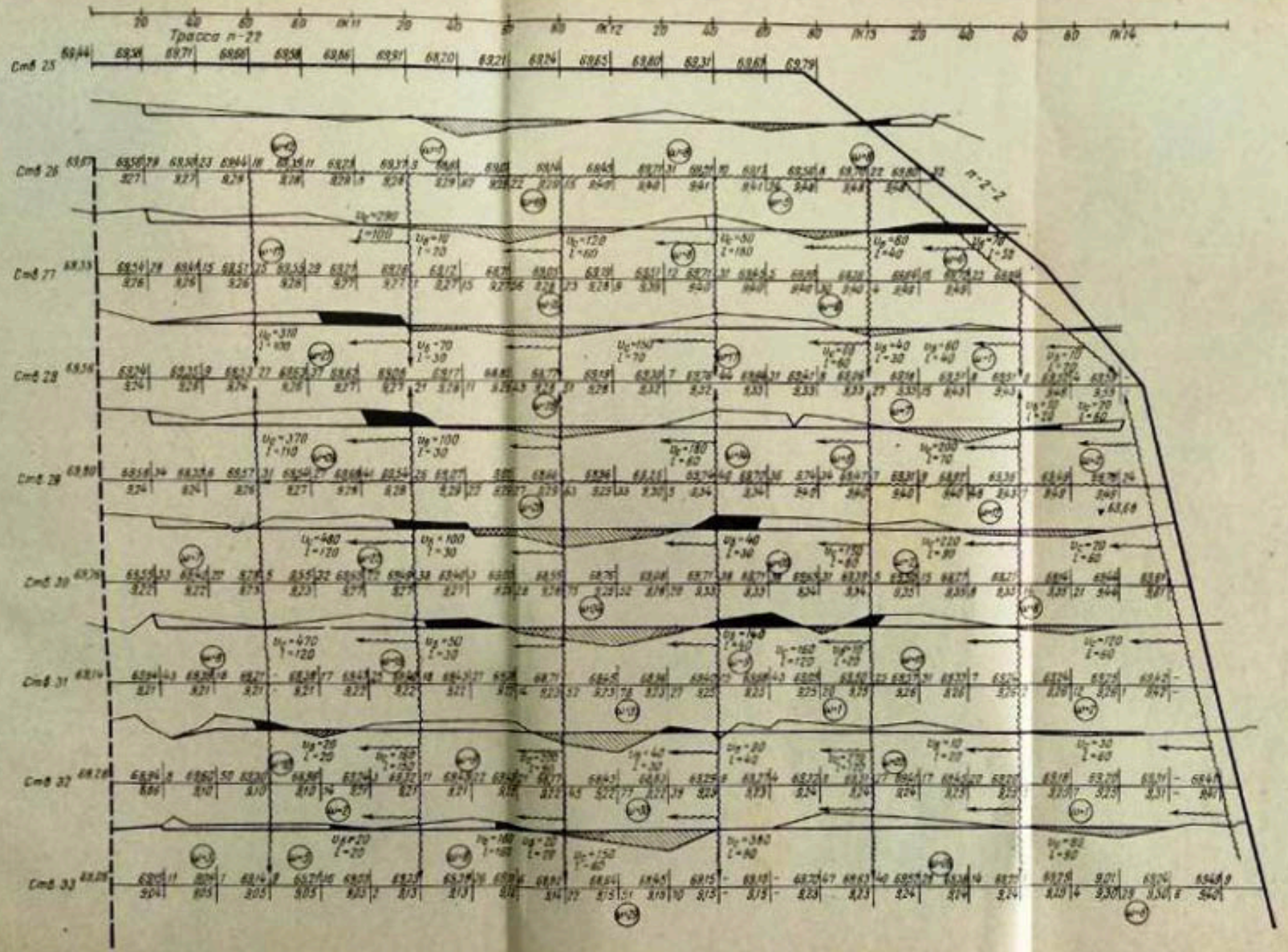
Метод КОМС позволяет составлять проекты и переносить их в натуру с относительно меньшими, по сравнению с описанными уже методами, затратами труда, просто и достаточно точно определять объемы земляных работ, дает меньшие значения объемов работ, чем метод САНИИРИ.

Основной недостаток этого метода заключается в том, что правильность нанесения красных горизонталей можно установить только после подсчета объемов земляных работ, а следовательно, может требоваться исправление проектных горизонталей и пересчет вычисленных объемов.

Метод Узгипроводхоза заключается в планировке поливных участков по длинным продольным полосам. Этот метод позволяет проектировать поверхность поливного участка под любую заданную проектную поверхность. Как указывают авторы метода, при проектировании поверхности под полив по бороздам весь поливной участок между постоянными оросителями планируется целиком без уступов, без дробления на планировочные площадки или делянки. Работы производятся большегрузными скреперами, что обеспечивает длинные прямолинейные гоны с минимальным числом поворотов.

Проектирование планировки должно быть объединено с проектированием временной сети так, чтобы при нарезке этой сети по спланированной поверхности не требовалось устройства подушек. Одновременно ведется проектирование постоянной оросительной сети.

Сущность метода сводится к следующему: с учетом наиболее выгодного направления перемещения земляных масс (обычно по основному направлению полива)



Объем срезки в м³	Дальность возки в м									Диаметр колодца в м	Длина дюкера или водопропускной трубы в м
	бульдозером					скрепером					
	I	II	III	IV	под	I	II	III	IV	под	
600	10	60	70	—	—	120	280	50	—	—	0,68	260
500	20	40	140			60	100	190				
700	10	110	60	—	—	60	150	310	—	—	0,74	
680	20	30	40			60	70	110				
890	10	130	—	—	—	180	200	370	—	—	0,78	
730	20	30				60	70	110				360
1010	140	—	—	—	—	20	150	220	480	—	0,80	
830	30					60	80	90	170			
940	10	50	140	—	—	120	630	—	—	—	0,82	
780	20	30	40			60	120					
820	30	40	80	—	—	30	200	270	160	—	0,84	
690	20	30	40			60	90	170	150			
810	40	—	—	—	—	150	460	160	—	—	0,86	
680	20					60	90	150				
5770	Итого: 990					Итого: 4780					5,58	620

Условные обозначения

- Постоянная оросительная сеть
- Временная оросительная сеть
- Коллекторная сеть
- Существующая поверхность земли
- Проектная поверхность земли
- Срезка, Подсыпка — бульдозером
- Срезка, Подсыпка — скрепером

а | б — а. Существующая отметка земли; б. Проектная отметка земли
в | г — в. Глубина срезки; г. Высота насыпи

Рис. 66. Продольный профиль рабочих створов.

участок разбивается створами на параллельные полосы шириной 20 *м*. Створы вычерчиваются на листе миллиметровки — контурном плане участка — в масштабе 1 : 2000 и нивелируются от перпендикулярной им базисной линии через каждые 20 *м* (с плюсовыми точками, если характерные перегибы рельефа приходятся между створами). Нивелировочные записи ведутся непоследовательно на листе-плане. Затем на нем же вычерчиваются поперечники, на которых размечается линия проектной поверхности из условия допускаемых продольных и поперечных уклонов и с обязательным балансом срезок — подсыпок на длине каждого профиля (рис. 66). Баланс земляных работ на полосе в целом должен состоять из суммы балансов по ее участкам не длиннее 150—250 *м*.

Разбивка осуществляется по кольям, которыми обозначены точки нивелировки створов. На этих точках выставляют вехи с флажками разных цветов для обозначения срезки и подсыпки. На вехах делают затески, на которых выписывают величины подсыпок. Таким образом, при разбивке не требуется повторных измерений и нивелировок.

Скрепер начинает движение вдоль линии створа профиля, отступив от линии разбивочных кольев на 0,30—0,50 *м*, и движется на всем протяжении профиля. Движение в обратном направлении может производиться по последней полосе или по противоположной стороне полосы, что удобнее при развороте. Средняя часть полосы отрабатывается после приемки крайних проходок, что значительно облегчает водителю сохранение заданного уклона на полосе (рис. 67).

Если должны быть использованы бульдозеры, то участки, на которых они будут работать, закрашиваются на профилях красным или иным цветом, а объем работ выписывается отдельно от остального объема, выполняемого скреперами. В этом случае скреперы выводятся на поле только после выполнения работ бульдозерами. Вообще же назначение бульдозеров в составе бригады вспомогательное: они выполняют предшествующее планировке заравнивание старых оросителей, дрен, дорог, доделывают концы полос у участковых оросителей или дорог, которые не прорабатываются скреперами во время разворота (рис. 68, 69).

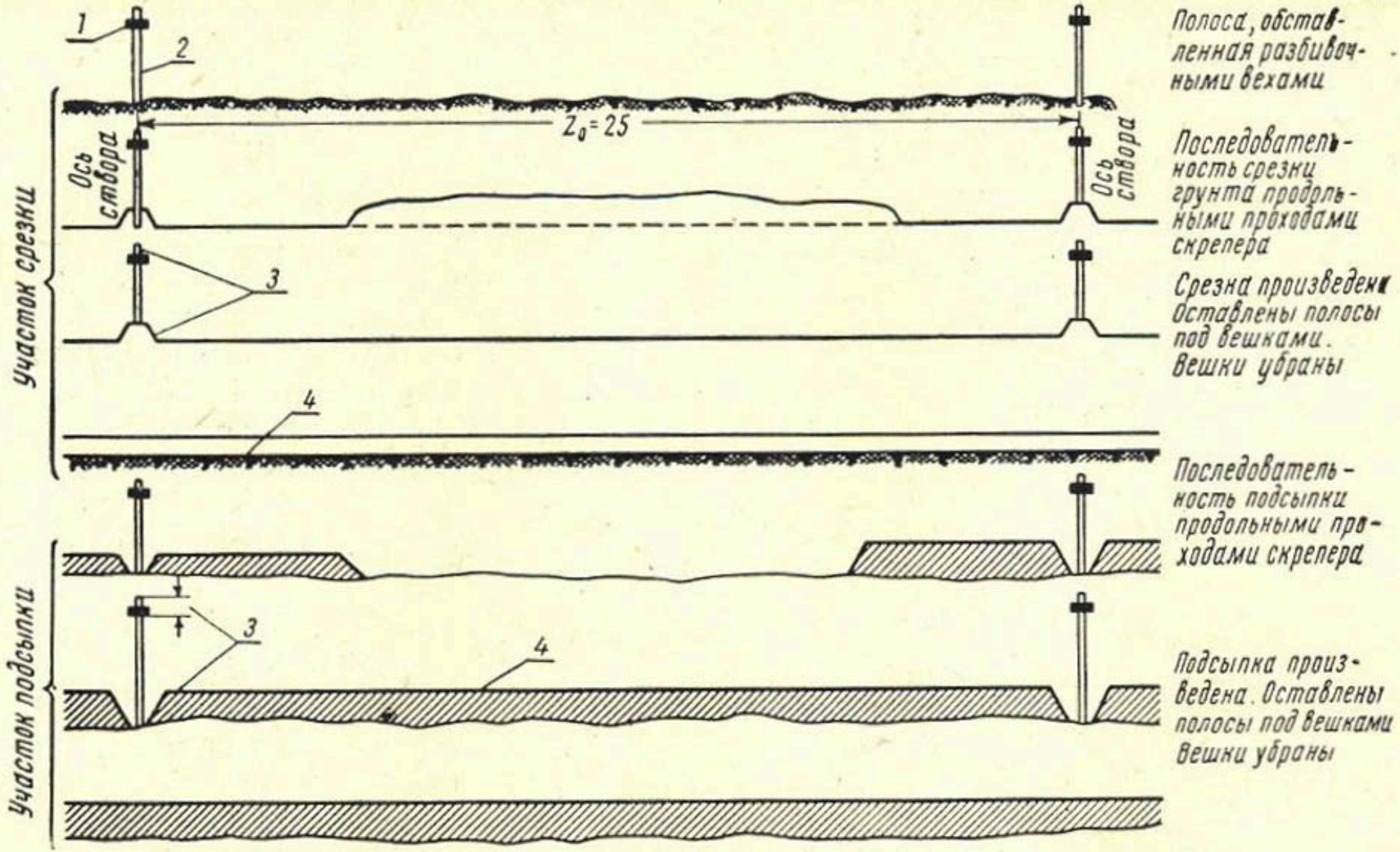


Рис. 67. Последовательность разработки полосы:

1 — ленточка; *2* — веха; *3* — величина срезки; *4* — проектная поверхность.

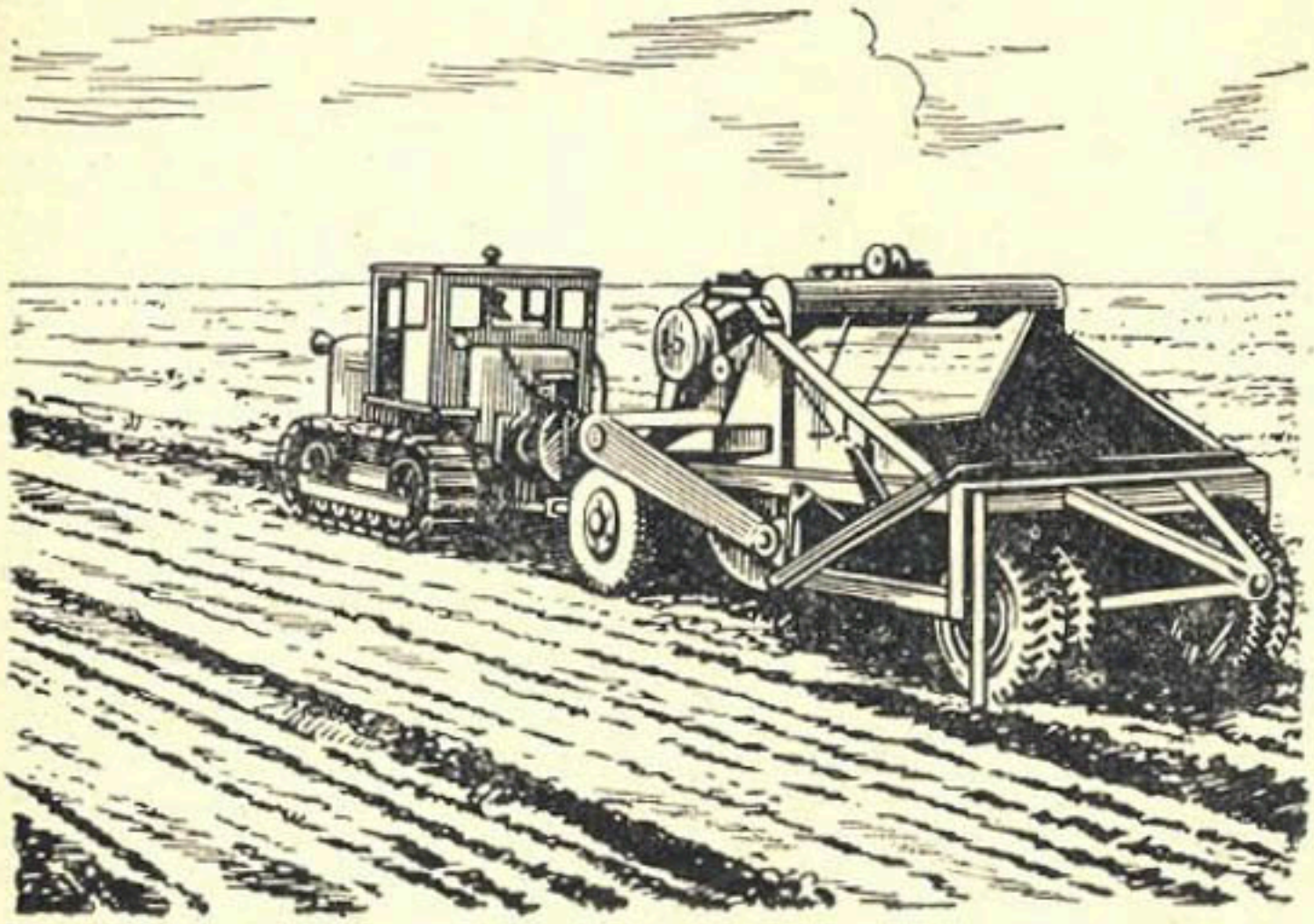


Рис. 68. Производство планировки внутри полос.

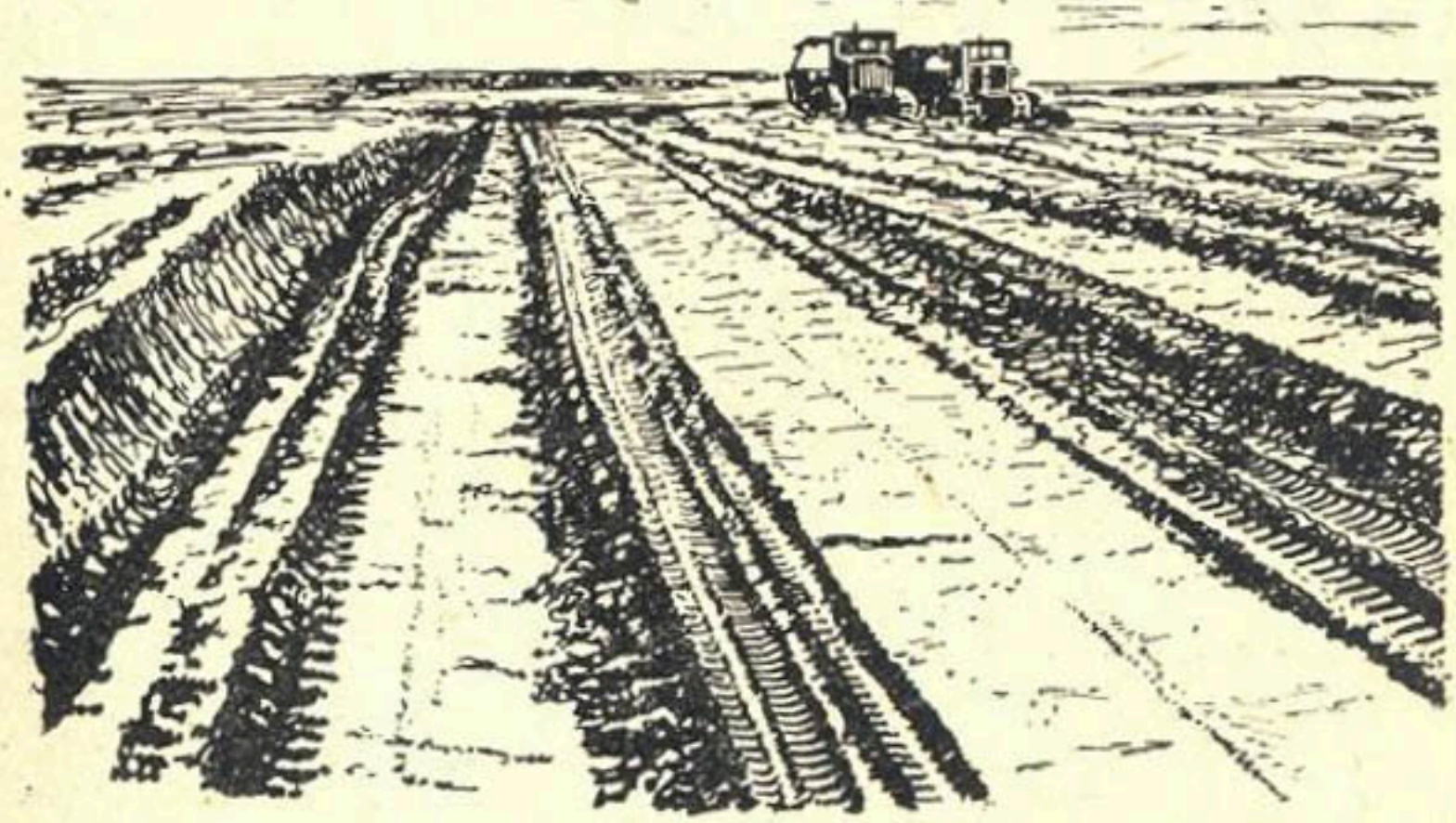


Рис. 69. Законченная разработка внутри полос.

Иногда (очень редко) не удается получить баланс земляных работ на отдельных полосах. Это может случиться, например, когда на одной полосе имеется бугор, а на другой — впадина, объемы которых не балансируются. В этом случае баланс сводится без учета их объемов, которые рассматриваются как забалансовые и перемещаются до планировки.

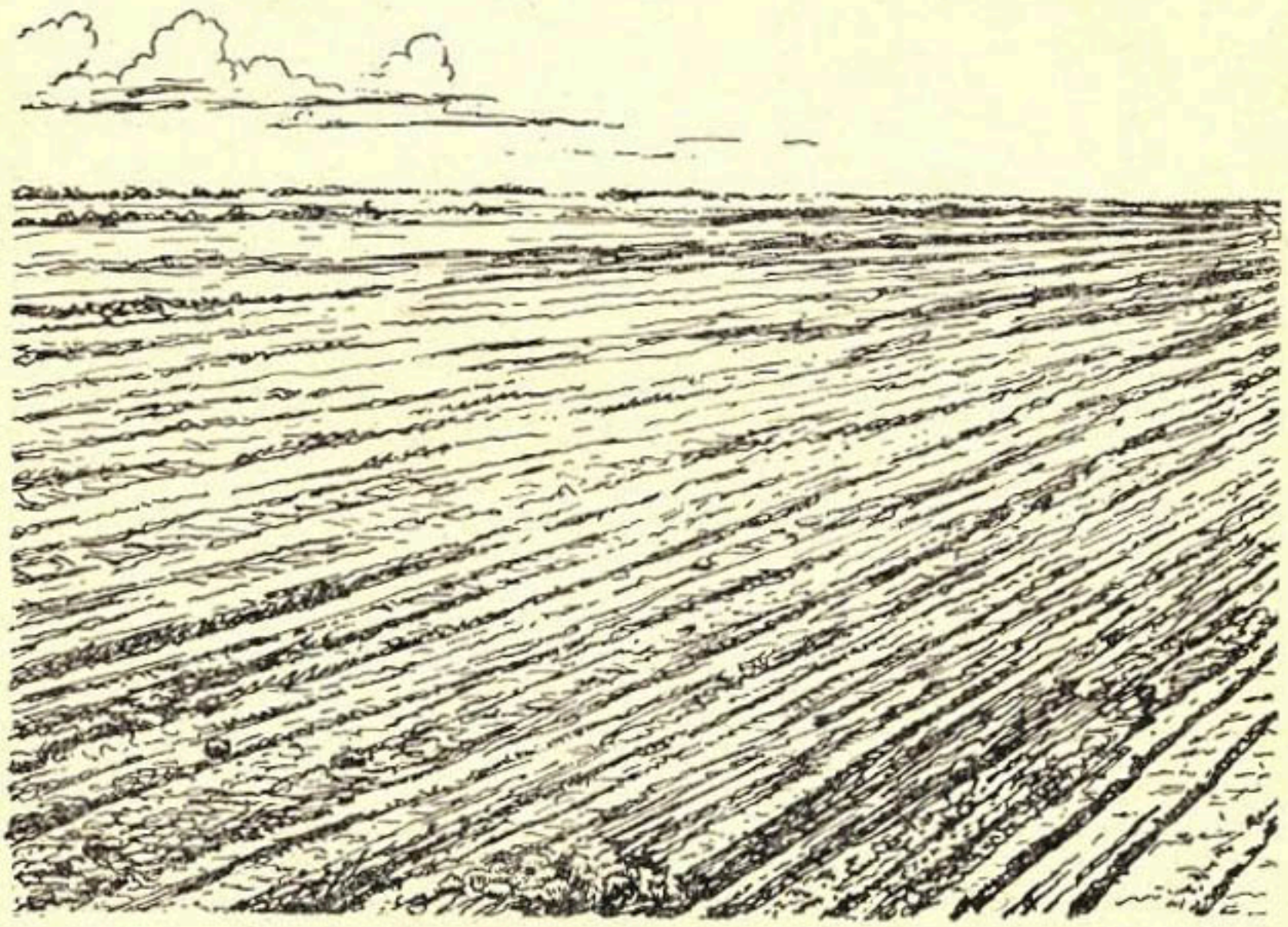


Рис. 70. Спланированное скрепером поле выровнено грейдерами.

Что касается производства работ на коротких полосах, то здесь рекомендуется добиваться баланса земляных работ на общей длине двух-трех соседних полос и выполнять планировку кольцевым движением скрепера.

Окончательное выравнивание проводится планировщиками или другими имеющимися в распоряжении выглаживателями, обычно грейдерами (рис. 70). Наилучшим выглаживателем является планировщик. Если требуется планировка с неглубокими срезками, этот снаряд можно успешно использовать в качестве основного планировочного механизма. Нередко в таких случаях можно обойтись без предварительных съемок и

проектирования, особенно при уклоне местности более 0,002.

Метод Узгипроводхоза трудно применять на участках со сложным микрорельефом, где требуется перемещение грунта в различных направлениях. Это относится к наиболее существенным его недостаткам. Однако надо признать, что он наиболее прост и удобен, не требует дорогостоящей мензульной съемки. По затратам времени на проектирование он близок к методу КОМС.

§ 71. НЕКОТОРЫЕ НОРМАТИВЫ И ПОКАЗАТЕЛИ ПО ПЕРЕУСТРОЙСТВУ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

При нормальных условиях эксплуатации можно для ориентировочных подсчетов принимать на 1000 *га* орошаемой площади:

регулирующих сооружений .	50—60
выделов в хозяйства	1—2
гидрометрических постов . .	10—15
телефонных линий	8—10 *км*
служебных, инспекторских дорог	8 *км*

При переходе на полную автоматизацию распределения воды по системе с управлением из единого диспетчерского пункта количество выделов может быть увеличено.

Н. Д. Кременецкий предлагает эффект от переустройства учитывать по следующим показателям (в сравнении их до и после переустройства):

площади (валовая, орошаемая брутто и нетто, неорошаемая);

коэффициент использования земли для орошения;

суммарный и удельный забор воды из источников орошения;

коэффициент обеспеченности водозабора, т. е. отношение забираемого в оросительную систему в разные периоды расхода воды к потребному расходу;

коэффициент полезного действия системы и отдельных каналов;

суммарная и удельная протяженность оросительных, дренажных каналов, дорог; пропускная способность каналов;

количество выделов воды водопользователям и их состояние;

общее и удельное количество гидротехнических сооружений по их видам;

общее и удельное количество наносов, поступающих в систему, задерживаемых в отстойниках, осаждающихся в каналах и выносимых на поля;

общее и удельное количество работ по очистке каналов (затраты труда, машино-смен и горючего);

планировка и выравнивание поверхности на 1 *га* орошаемой площади;

насыщенность системы сооружениями по учету воды;

древесные насаждения на системе;

водоснабжение хозяйств;

энерговооруженность системы, автоматизация и телемеханизация управления ею, обеспеченность жилыми и производственными помещениями.

Показателями мелиоративного состояния земельного фонда системы являются данные о степени засоления почвенного покрова поливных земель, о глубине стояния грунтовых вод, о площади промытых земель и затраченной на промывку воды.

РАЗДЕЛ II.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Глава одиннадцатая

ВОДНЫЙ РЕЖИМ КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ ПОЧВЫ И ЕГО РЕГУЛИРОВАНИЕ

§ 72. ХАРАКТЕР ВОДНОГО РЕЖИМА НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ; ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЭТОТ РЕЖИМ

Водный режим корнеобитаемого слоя почвы имеет громадное значение как для процессов почвообразования, так и для жизнедеятельности растений. Динамика почвенной влажности имеет большое значение для устойчивости русел рек и каналов, дорожного полотна и других сооружений на осушительных системах.

В настоящее время различают следующие источники водного питания, формирующие водный режим корнеобитаемого слоя:

1) атмосферные осадки, выпадающие непосредственно на осушаемую территорию в виде дождя или снега; снег, перенесенный ветром с других частей водосбора; конденсация в корнеобитаемом слое паров воздуха; все это составляет атмосферное питание;

2) поверхностные воды, стекающие со склонов прилегающего водосбора,— склоновое питание;

3) воды половодий и паводков рек и озер — русловое питание;

4) грунтовые воды, которые стекают со склонов прилегающего водосбора и просачиваются в корнеобитаемый слой из рек и озер, а также грунтовые воды, которые поступают из подстилающих слоев по капиллярам,— грунтовое питание;

5) грунтовые воды, поступающие из более глубоких слоев под напором,— грунтово-напорное питание.

Количество источников водного питания и степень обводненности осушаемой территории зависят от раз-

мещения ее по элементам рельефа. В направлении от водораздела ко дну долины увеличивается обводненность местности и возрастает число источников водного питания, участвующих в формировании водного режима.

Применительно к условиям водного питания следует различать такие группы рельефа.

1. Водоразделы — повышенные и плоские элементы макро- и мезорельефа, не имеющие водосборов, обычно с глубоко залегающими грунтовыми водами. К этой группе рельефа относятся: водораздельные плато, плоские повышенные междуречья, повышенные равнины, повышенные плоские поверхности, размещающиеся на других элементах макро- и мезорельефа.

2. Склоны — наклонные и ровные поверхности, относящиеся к более повышенным элементам рельефа. Сюда входят: речные и озерные террасы (за исключением пойменных), склоны и скаты речных долин и озерных котловин, балки, пади.

Водный режим склонов речных долин и озерных котловин различается в зависимости от площади тяготеющего к ним водосбора и глубины залегания грунтовых вод. В верхней части склонов, водосбор которых обычно незначителен, а грунтовые воды залегают глубоко, обводненность наименьшая и во многих случаях приближается к обводненности водоразделов. Нижняя часть склонов имеет наибольшую площадь водосбора, грунтовые воды залегают здесь обычно неглубоко, обводненность этих территорий чаще всего повышенная и близка к обводненности низин. В. Р. Вильямс предложил поэтому подразделять склоны по степени обводненности на верхнюю, среднюю и нижнюю части.

3. Низины — пониженные, преимущественно плоские, элементы макро- и мезорельефа, окруженные более повышенными поверхностями, образующими водосборы. Грунтовые воды залегают здесь обычно на небольшой глубине. К этой группе рельефа относятся депрессионные равнины, низменности, пониженные равнины, бессточные котловины.

4. Поймы — пониженные поверхности, затапливаемые полыми и паводковыми водами рек и озер. Эта группа охватывает речные и озерные пойменные террасы, приморские низменности, плавни, дельты, займища.

Атмосферное питание свойственно территориям, приуроченным ко всем элементам рельефа, однако значимость и удельный вес его возрастают в направлении к водоразделу. В чистом виде атмосферное питание наблюдается только на землях первой группы рельефа — на водоразделах. На участках, приуроченных к другим группам рельефа, но имеющих небольшие водосборные площади, например верхняя часть склонов, атмосферное питание также может иметь главенствующее значение.

Склоновое питание свойственно всем территориям, имеющим водосборную площадь. Обилие склонового питания при прочих равных условиях (климат, проницаемость почвенного покрова, характер растительности, виды хозяйственного использования земель и т. п.) определяется величиной площади тягогеющего водосбора. Чем больше величина отношения площади водосбора к площади рассматриваемой территории, тем значительней удельный вес склонового питания, и наоборот. Основное значение склоновые воды имеют в водном питании корнеобитаемого слоя территорий, массивов и участков второй и третьей групп рельефа — склонов и низин.

В водном питании пойм склоновое питание обычно сопутствует другим источникам, однако часто и здесь склоновые воды приобретают главенствующее значение, например при редкой затопляемости пойм и глубоком стоянии на них грунтовых вод.

Русловое питание обычно является главенствующим в формировании водного режима корнеобитаемого слоя пойм.

Грунтовое питание свойственно низинам, поймам, а также нижней и реже средней части склонов, где грунтовые воды или верховодка залегают на глубине, не превышающей высоты капиллярного поднятия. В районах, где почвенный покров подстилается мелкозернистыми глинистыми или иловатыми породами, высота капиллярного поднятия будет выше, чем на почвах песчаных или торфяных. Весной, осенью, а также в периоды выпадения обильных дождей этот вид питания приобретает существенное значение и на тех водоразделах, где корнеобитаемый слой на глубине до 1—1,5 *м* подстилается труднопроницаемыми породами.

Грунтово-напорное питание характерно для притеррасной части речных и озерных пойм, шлейфов горных склонов и конусов выносов в предгорьях. В районах ледникового и карстового рельефов этот вид питания встречается на участках, расположенных в средней и особенно нижней части склонов. Грунтово-напорное питание в подавляющем большинстве случаев сопутствует грунтовому и русловому.

Основными элементами расхода почвенной влаги являются: испарение воды растениями (транспирация), испарение почвой, отток воды за пределы осушаемой территории и просачивание в более глубокие слои. Наибольшее количество воды расходуется растениями и теряется на испарение почвой.

Для установления наиболее правильных и рациональных приемов регулирования водного режима нужно определить, какой же из источников водного питания и элементов расходования влаги в данном случае является главным. Это необходимо еще и потому, что между корнеобитаемым слоем почвы и подстилающей его грунтовой толщей происходит непрерывный обмен влагой, растворенными в ней веществами, газами и теплом. Резко разграничить водный режим собственно корнеобитаемого слоя почвы и режим подстилающей толщи невозможно, поэтому в большинстве случаев их приходится рассматривать совместно.

Как показывают материалы многочисленных наблюдений, в годовом цикле водного режима корнеобитаемого слоя для подавляющего большинства районов Советского Союза можно выделить:

период наибольшей влажности почвы, совпадающий обычно с концом зимы и весной;

период уменьшающейся и низкой влажности, который приходится на конец весны и лето;

период низкой, но увеличивающейся влажности осенью и в начале зимы.

Длительность этих периодов и влажность корнеобитаемого слоя почвы на разных глубинах зависят: от места расположения осушаемой территории — на водоразделе, склоне или в низине (пойме); от типа и оструктуренности почвенного покрова и литологии подстилающей грунтовой толщи; от источников водного питания, климатических факторов и от характера хозяйственного

использования осушаемой площади и уровня урожайности.

Климатические факторы и хозяйственное использование земель имеют решающее значение для динамики влажности корнеобитаемого слоя почвы.

В дождливые годы происходит увеличение влажности корнеобитаемого слоя. В сухие годы с большим количеством безоблачных дней происходит интенсивное испарение и быстрое высыхание корнеобитаемого слоя почвы. В годы с малым снеговым покровом вследствие более глубокого промерзания и значительной разности температур верхних и глубоких слоев почвы подъем парообразной воды из нижних теплых слоев почвы в верхние происходит интенсивнее, чем в годы с мощным снеговым покровом, когда температура почвы по глубине изменяется в меньшей степени.

При посеве на осушенных землях трав количество воды, забираемое растениями из почвы, резко отличается от количества воды, необходимого, например, для произрастания зерновых или овощных культур.

§ 73. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ВОДНОМУ РЕЖИМУ ОСНОВНЫМИ ГРУППАМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Требования различных сельскохозяйственных культур к водно-воздушному режиму далеко не одинаковы. Они зависят главным образом от биологических особенностей отдельных видов сельскохозяйственных культур и связанной с этими особенностями глубины распространения корневой системы. Глубина эта зависит от характера почвенного покрова, его плодородия и климатических условий.

В нечерноземной полосе Советского Союза основная масса корней зерновых культур сосредоточена в слое 0—25 ≈ 0—35 *см*, низовых злаковых трав — в слое 0—20 *см;* верховых трав — в слое 0—25 ≈ 0—30 *см;* бобовых трав, корнеплодов и овощей — в слое 0—40 ≈ 0—50 *см.*

Наблюдения показывают, что растения с малой глубины поглощают воды больше, чем из глубоко залегающих слоев почвы (табл. 37); вот почему влажность верхних слоев почвы должна быть выше влажности более глубоких слоев.

Таблица 37

Потребление воды в *мм* райграсом и озимой пшеницей из слоев различной глубины на легких глинистых почвах (по Верховену)

Глубина слоя в *см*	0—20	20—40	40—60	60—80	80—100
Озимая пшеница	36	33	26	11	10
Райграс	35	23	26	22	18

В таблицах 38 и 39 приведены величины наиболее благоприятной для сельскохозяйственных растений влажности пахотного слоя на протяжении всего вегетационного периода.

Таблица 38

Наиболее благоприятная влажность пахотного слоя для полевых культур

Культуры	Влажность в % от полной влагоемкости	
	на минеральных почвах (по Вильямсу)	на торфяных почвах низинных болот (по Лебедевичу)
Яровая пшеница . . .	40—50	80
Сахарная свекла . . .	60—70	60—70
Картофель	60—70	73
Конопля	60—70	73—75
Овес	40—50	75—80
Подсолнечник на силос	—	76—78
Многолетние травы . . .	80—90	78—80

Влажность пахотного слоя зависит от структуры почвы, системы и уровня агротехники, от интенсивности выпадающих осадков и глубины стояния уровня грунтовых вод. Чем ближе к поверхности земли уровень грунтовых вод, тем больше влажность пахотного слоя и слабее аэрация, и наоборот (табл. 40, 41).

Таблица 39

Наиболее благоприятная влажность пахотного слоя для овощных культур (по данным Кюза и Брызгалова)

Культуры	Капуста белокочанная	Огурцы	Лук репчатый	Редис	Фасоль	Помидоры
Влажность в % от полной влагоемкости . . .	70—85	60—85	75—80	70—75	65—75	50—70

Таблица 40

Влажность и аэрация пахотного слоя торфяной почвы низинных болот в Белоруссии за вегетационный период в % от полной влагоемкости (по данным Лебедевича)

Уровень грунтовых вод от поверхности в *см*	Влажность		Аэрация	
	средняя	колебания	средняя	колебания
50	84,0	82,5—86,0	14,0	15,8—12,5
75	78,7	76,5—80,0	19,0	21,4—18,2
100	73,6	70,0—76,0	23,3	26,0—21,5
125	68,5	64,0—70,0	28,0	32,0—26,0

Таблица 41

Влияние уровня грунтовых вод на влажность и аэрацию пахотного слоя (0—40 *см*) **за вегетационный период** (по данным Эйзена)

Уровень грунтовых вод от поверхности в *см*	Влажность	Аэрация
	в % от объема почвы	
30—50	82—81	9—12
60—70	64—60	27—31
80—100	53—50	38—42

Анализируя влияние влажности корнеобитаемого слоя почвы низинных болот на урожайность сельскохо-

зяйственных культур, Б. Д. Оношко подразделяет главнейшие сельскохозяйственные культуры (по отношению их к глубине стояния грунтовых вод) на три группы (табл. 42).

Таблица 42

Уровень грунтовых вод, потребный для возделывания сельскохозяйственных культур

Культуры	Средний уровень грунтовых вод за вегетацию в *см*	Необходимый уровень грунтовых вод в *см*	
		до начала обработки	к началу сева
I группа — овощные культуры, корнеклубнеплоды, конопля, подсолнечник	80—90	50	70
II группа — луговые травы при пастбищном использовании, зерновые	70—80	45	60
III группа — луговые травы при сенокосном использовании, лен, вико-овсяная смесь	50—60	40	50

Н. Ф. Лебедевич считает, что для условий Белоруссии наиболее подходящими глубинами стояния уровня грунтовых вод за вегетационный период являются следующие:

для озимых и яровых зерновых культур	70—90	*см*
» конопли, махорки, овощей, корнеклубнеплодов и подсолнечника	80—100	»
» искусственных многолетних сенокосов	60—75	»
» » » пастбищ	70—80	»

Аналогичные глубины стояния грунтовых вод на осушенных болотах рекомендуются также для условий Украины, Латвии и Эстонии.

Обработка почвы и проведение других сельскохозяйственных работ на осушенных землях возможны, как показали наши исследования, когда уровень грунтовых

вод стоит в слаборазложившихся торфяных и песчаных почвах не ближе 40 *см*, а в глинистых и сильноразложившихся торфяных почвах — не ближе 60 *см* от поверхности земли.

Исследования, проведенные бывшим Всесоюзным болотным институтом, показали, что для увеличения плодородия торфяных почв необходимо, чтобы уровень грунтовых вод на осушенных болотах зимой поддерживался на глубине 70—80 *см*. При такой глубине грунтовых вод обеспечивается достаточно интенсивная аэрация корнеобитаемого слоя и связанное с ней разложение органического вещества торфяника.

Потребность растений во влаге меняется на протяжении вегетационного периода, причем особенно сильно на избыток или недостаток влаги растения реагируют в начальные фазы своего развития. Вот почему влажность почвы, а значит, и норма осушения не могут и не должны быть постоянными во все фазы вегетации.

Наиболее благоприятная глубина стояния грунтовых вод в большой степени зависит от местных условий, и значение ее поэтому следует принимать по опыту ближайших осушительных систем, находящихся в аналогичных природных условиях, или по данным местных опытных станций и научно-исследовательских институтов. При отсутствии таких сведений для предварительных соображений можно пользоваться данными, приведенными в таблице 43.

Глубина стояния грунтовых вод влияет на влажность и на условия развития растений на проницаемых почвах: песчаных, супесчаных, суглинистых и торфяных.

На территориях, поверхностные слои которых сложены труднопроницаемыми глинистыми и тяжелосуглинистыми почвогрунтами, грунтовые воды обычно отсутствуют и режим влажности почвы зависит от выпадения и расходования атмосферных осадков. В этих условиях норма осушения не имеет ни практического, ни теоретического значения и величина наиболее благоприятной влажности почвы зависит от продолжительности стока поверхностных вод и степени окультуренности корнеобитаемого слоя. Так, по данным В. А. Розина, капиллярная влажность пахотного слоя на тяжелых глинистых почвах достигает 80—85% полной влагоемкости.

§ 74. ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ

Своеобразие свойств торфяных и заболоченных минеральных почв создает для развития сельскохозяйственных растений ряд условий, отличных от условий развития растений на почвах нормального увлажнения.

Фактический вегетационный период на торфяных почвах начинается позже, а заканчивается раньше, чем на окружающих минеральных почвах. В ряде случаев сокращение вегетационного периода на этих землях достигает 18—22 дней, что составляет 10—15% длительности вегетационного периода на повышенных элементах рельефа. Заморозки на болотах и в низинах весной заканчиваются позже, а осенью начинаются нередко на 5—12 дней раньше, чем на обычных минеральных почвах и на повышенных элементах рельефа. Причем в некоторых районах заморозки наблюдаются на протяжении почти всего вегетационного периода (Барабинская низменность). В районах глубокого промерзания торфяные почвы оттаивают значительно позже минеральных. Нередки случаи, когда гнезда мерзлоты на них встречаются во второй половине июня и в начале июля. Сроки развития растений на осушенных землях отстают от сроков развития растений на окружающих более повышенных землях. Влажность завядания на торфяных и торфяно-болотных почвах значительно выше, чем на минеральных почвах, вследствие чего растения на осушаемых болотах начинают испытывать недостаток влаги для нормального развития при значительно большей общей влажности почвенного слоя.

Избыточная влажность корнеобитаемого слоя весной, а в дождливые годы летом и осенью и недостаток влаги для нормального развития растений в засушливые периоды года требуют применения на осушаемых землях различных приемов регулирования почвенной влажности.

В периоды избыточного увлажнения корнеобитаемого слоя главной задачей регулирования является отвод излишков влаги. Избыточные воды сбрасываются регулирующей осушительной сетью. Притекающие на осушаемую территорию поверхностные и грунтовые воды задерживаются на водосборе; для задержания этих вод устраивают также нагорные и ловчие каналы.

В периоды недостатка влаги задачей регулирования является увеличение влажности корнеобитаемого слоя. Способ решения этой задачи определяется в зависимости от источников водного питания и гидрогеологических условий осушаемых земель. На осушительных системах с грунтовым и грунтово-напорным водным питанием увеличение влажности корнеобитаемого слоя достигается шлюзованием осушительной сети, посредством которого обеспечивается повышенное стояние уровня грунтовых вод. На системах атмосферного и склонового питания повышение влажности достигается проведением оросительных мероприятий — весенней влагозарядки, лиманного орошения, поверхностного орошения, дождевания и подпочвенного орошения при помощи кротовин.

На осушительных системах, расположенных в поймах рек и озер, где водный режим корнеобитаемого слоя формируется при преобладающем влиянии руслового водного питания, запасы влаги в почве обычно достаточны для получения урожаев всех культур, кроме овощных и второго укоса трав. Здесь повышение влажности почвенного слоя на участках, занятых овощами, достигается дождеванием или подпочвенным орошением. Последнее применяется только на торфяных почвах с малой и средней степенью разложения. На участках, занятых травами, применяют летние лиманы, заполняемые водой из реки или специально устроенных на водосборе водохранилищ.

В годы с малоснежной зимой и сухой весной влажность корнеобитаемого слоя уже к началу вегетационного периода резко снижается. Это задерживает всходы растений, вызывает частичную их гибель и ведет в конечном счете к снижению урожайности выращиваемых культур. Для сохранения влаги в почве в такие неблагоприятные годы надо выключать осушительную систему из действия, что достигается закрытием всех шлюзов-регуляторов уже в период снеготаяния. Из сказанного вытекает необходимость оборудования шлюзами-регуляторами всех осушительных систем, расположенных в районах, где наблюдается резкое колебание количества выпадающих в отдельные годы зимних и весенних осадков.

Мощным средством, помогающим регулировать водный режим корнеобитаемого слоя, является система обработки почвы, обеспечивающая оструктуривание кор-

необитаемого слоя. В этом можно убедиться на следующем примере. В Европейской части нечерноземной полосы запас воды в снеге перед весенним таянием составляет обычно 100—120 *мм*, а коэффициент весеннего стока колеблется, в зависимости от величины уклонов поверхности и проницаемости почвенного слоя, от 0,4 до 0,7. Порозность почвогрунтов колеблется обычно в пределах 48—52% от объема почвенного слоя и может быть в среднем принята равной 50%. Влажность почвы перед снеготаянием близка к предельной полевой влагоемкости, которая в среднем равна 70% порозности, или 35% объема слоя почвы. Таким образом, свободная порозность весной составляет около 15% объема почвы. При таком отношении свободного объема пор к объему почвы 1 *мм* просочившейся воды займет слой почвы мощностью около 6,7 *мм*. При коэффициенте стока 0,4 в почве необходимо будет разместить $120 \times 0{,}6 = 72$ *мм* воды, для чего потребуется слой почвы мощностью $72 \times 6{,}7 = 480$ *мм*. При коэффициенте стока 0,7 этот слой будет составлять $36 \times 6{,}7 = 240$ *мм*. Если принять запас над уровнем грунтовой воды к началу весенней обработки равным 0,6 *м*, нетрудно определить, что создание на землях, заболачиваемых атмосферными осадками, оструктуренного слоя мощностью в первом случае 100—110 *см*, а во втором 80—85 *см* обеспечит накопление в почве необходимых на случай засухи значительных запасов влаги и позволит полностью отказаться от устройства осушительной сети. Особенно большое значение оструктуривание корнеобитаемого слоя приобретает в районах засоленных болот, где оно является основным средством предохранения пахотного слоя от вторичного засоления.

Соответствующая система обработки почвы в сочетании с мелиоративной сетью позволяет приступать к весеннему севу на 5 и более дней раньше. В настоящее время рядом научно-исследовательских организаций предложено несколько схем обработки болотных и минеральных почв. Таковы, например, предложения Института мелиорации, водного и болотного хозяйства Академии наук БССР, Украинского и Северного научно-исследовательских институтов гидротехники и мелиорации и др. В основу всех этих предложений положен принцип проведения вспашки и основной обработки

мелиорируемых полей на тяжелых малопроницаемых почвах вдоль склона, что обеспечивает возможность скорейшего отвода избыточных вод из пахотного горизонта и увеличения мощности оструктуренного слоя.

Глава двенадцатая

ПЛАН РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ

§ 75. СОСТАВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПЛАНА РЕГУЛИРОВАНИЯ

Главной задачей технической эксплуатации осушительных систем является *поддержание в корнеобитаемом слое водно-воздушного режима, обеспечивающего условия для получения устойчивых и высоких урожаев, не зависящих от погоды того или иного года.*

В это определение следует внимательно вдуматься, так как среди агрономов и руководителей сельскохозяйственных предприятий широко распространено мнение, что для получения высоких урожаев на минеральных избыточно увлажненных землях и болотах достаточно только построить осушительную сеть и провести культуртехнические работы. Сторонники этой точки зрения забывают сформулированный В. Р. Вильямсом закон незаменимости факторов жизни растений, из которого вытекает, что всякое изменение одного фактора жизни (в нашем случае влажности почвы) требует соответствующего изменения других факторов — условий питания, воздухообмена и т. п. Вот почему специалисты-мелиораторы должны отчетливо представлять себе и разъяснять другим (агрономам, хозяйственникам, широким массам колхозников и рабочих совхозов), что *проведение осушительных мелиораций способно только создать условия, при которых применяемые агротехнические приемы в наибольшей степени проявляют свою эффективность.*

Поддержание в корнеобитаемом слое условий, наиболее благоприятных для развития растений, связано с проведением ежегодно комплекса мероприятий по регулированию водного режима. В периоды избытка влаги необходимо своевременно отводить избыточные воды, а в периоды недостатка влаги, наоборот, увеличивать

влажность корнеобитаемого слоя путем использования местных водных ресурсов или вод, подводимых извне.

Распределение мероприятий по регулированию влажности во времени и называется планом регулирования водного режима. Регулирование водного режима может быть успешным только при условии нормальной работы осушительной сети и всех сооружений на ней, а также своевременного проведения на осушаемых землях необходимых агрономических и агротехнических мероприятий. Это означает, что в плане регулирования должны быть предусмотрены как технические, так и агротехнические мероприятия.

Основными техническими мероприятиями, которые должны быть отражены в плане регулирования водного режима, являются следующие:

а) подготовка системы к сбросу весенних талых вод;

б) пропуск весенних талых вод;

в) отвод избыточных поверхностных и грунтовых вод для обеспечения возможности своевременно начать весенние сельскохозяйственные работы;

г) поддержание влажности корнеобитаемого слоя в пределах, требуемых выращиваемыми культурами (орошение, подпор грунтовых вод и т. п.);

д) подготовка системы к летне-паводковому периоду и пропуск летних паводков;

е) подготовка системы к поддержанию зимнего режима.

Время проведения всех этих мероприятий должно быть увязано и согласовано со временем выполнения основных сельскохозяйственных работ и ходом развития растений. Из агротехнических мероприятий в плане регулирования должны быть отражены: весенние предпосевные работы, посев яровых культур, уход за культурами, уборка, послеуборочные работы, осенний сев.

§ 76. ВОДНЫЙ БАЛАНС И ЕГО ЭЛЕМЕНТЫ

Водный режим корнеобитаемого слоя почвы, под которым принято понимать изменение во времени влажности этого слоя, отражает соотношение между поступающим на данную территорию количеством влаги и его расходованием. Это соотношение наиболее правильно можно установить на основе изучения водного баланса,

который характеризует источники поступления и статьи расходования почвенной влаги за рассматриваемый отрезок времени (год, вегетационный период, часть этого периода и т. д.).

В зависимости от соотношения элементов, слагающих водный баланс, запасы воды на рассматриваемой территории могут либо увеличиваться, либо уменьшаться. При увеличении запасов воды обводненность территории и влажность корнеобитаемого слоя будут возрастать, при уменьшении же их будет наблюдаться иссушение территории, а влажность корнеобитаемого слоя будет снижаться.

Следовательно, для составления плана регулирования водного режима корнеобитаемого слоя осушительной системы необходимо располагать данными, характеризующими приходные и расходные статьи водного баланса как за вегетационный период в целом, так и по отдельным фазам этого периода.

Приходные и расходные статьи водного баланса территории, охватываемой осушительной системой, обеспеченной исправными водоприемниками и исправно действующей сетью оградительных каналов, слагаются из таких элементов:

Приходные статьи — П

1. Атмосферные осадки, выпадающие в жидком виде. . $П_ж$
2. Снег, выпадающий непосредственно на рассматриваемую территорию . . . . . $П_с$
3. Снег, перенесенный ветром с других частей водосбора . . . . . $П_{с.п}$
4. Воды рек и озер, затапливающие рассматриваемую территорию во время половодий . . . . . $П_р$
5. Воды, просачивающиеся из рек, каналов и озер, расположенных в пределах рассматриваемой территории $П_п$
6. Грунтовые воды, поступающие из подстилающих слоев по капиллярам . . . . $П_в$
7. Грунтовые воды, поступающие из подстилающих слоев под напором . . . . . $П_н$

Расходные статьи — Р

1. Испарение с поверхности почвы . . . . . $Р_{и.п}$
2. Испарение с водной поверхности . . . . . $Р_{и.в}$
3. Испарение выпавших осадков за время их нахождения на поверхности почвы . . . $Р_о$
4. Потребление воды растениями (транспирация) . . . $Р_т$
5. Снег, сдутый за водораздельную линию рассматриваемой системы . . . . . $Р_с$
6. Поверхностные воды, стекшие за границы рассматриваемой осушительной системы . . . . . $Р_{ск}$
7. Грунтовые воды, оттекающие за пределы рассматриваемой системы . . . . . $Р_г$

8. Конденсация в корнеобитаемом слое паров воздуха. . . $П_к$
8. Грунтовые воды, просочившиеся в более глубокие слои . . . . . $Р_ф$
9. Грунтовые воды, дренируемые реками, озерами и каналами, расположенными в границах рассматриваемой территории . . . . . $Р_д$

В принятых обозначениях водный баланс территории за определенный промежуток времени (год, сезон, месяц, декада и т. п.) может быть выражен таким уравнением:

$$З \pm \Delta_з \pm \Delta П = П_ж + (П_с + П_{п.с} - Р_с) + П_р + П_п + П_в + П_н + П_к - Р_{и.н} - Р_{и.в} - Р_о - Р_т - Р_{ск} - Р_г - Р_ф - Р_д, \quad (77)$$

где З — исходные запасы воды;

$\Delta з$ — изменение запаса влаги в корнеобитаемом слое;

$\Delta П$ — изменение запаса поверхностных вод на рассматриваемой территории.

Различие механического состава (в торфяных почвах — ботанического состава и степени разложения) и структурности корнеобитаемого слоя, геологического строения и гидрогеологических условий подстилающей толщи, а также неодинаковый уровень агротехники и разное хозяйственное использование осушенных земель приводят к тому, что отдельные приходные и расходные статьи водного баланса сказываются по-разному на величине влажности корнеобитаемого слоя в каждый данный момент. Это указывает на необходимость проявлять крайнюю осторожность в использовании данных наблюдений над динамикой влажности, проведенных в других местах, и данных, приводимых в справочной и учебной литературе.

Пользоваться уравнением водного баланса в приведенном выше виде трудно, так как не все его элементы можно определить с достаточной точностью прямыми замерами, а по многим из этих элементов необходимо располагать данными многолетних наблюдений. В связи с этим при исчислении водного баланса следует применять уравнения, дающие возможность использовать данные многолетних метеорологических и гидрологических наблюдений, а также учитывающие те элементы баланса, измеренные значения которых существенно больше величин ошибок самих измерений.

Опыт показывает, что исчислять водный баланс осушительных систем в периоды затопления их водами весеннего половодья нет смысла, так как в это время все поры корнеобитаемого слоя заполнены влагой, жизнедеятельность растительности и микрофлоры полностью или почти полностью подавлена, а сельскохозяйственные работы выполняться не могут. Для этих периодов гораздо важнее знать распределение заливаемой площади по длительности и календарным срокам затопления в годы различной увлажненности. Поэтому для данного случая в уравнении (77) можно опустить величину $П_р$, что существенно облегчает определение величины $Р_{ск}$.

Многочисленные наблюдения над водным балансом показывают, что решающее влияние на величину почвенной влажности оказывают атмосферные осадки, глубина стояния грунтовых вод, транспирация и испарение почвой. Учет влияния этих статей баланса позволяет с достаточной для производственных целей точностью определять водный режим корнеобитаемого слоя и устанавливать способы его регулирования. Такие же статьи, как испарение выпавших осадков за время их нахождения на поверхности почвы $Р_о$ и накопление влаги вследствие конденсации паров воздуха $П_к$ при современных способах измерений настолько незначительны, что ими можно пренебречь без большого ущерба для точности расчетов.

Рассмотрим, как следует определять значения основных элементов водного баланса и каков должен быть вид уравнения этого баланса, пригодный для расчетов.

Исходные запасы влаги $W_{исх}$ в слое почвы мощностью $H_м$ определяются по такой формуле:

$$W_{исх} = (\beta_1 p_1 \delta_1 + \beta_2 p_2 \delta_2 + \ldots + \beta_n p_n \delta_n) HF \ м^3, \quad (78)$$

где F — площадь системы в *га;*

$\beta_1, \beta_2 \ldots \beta_n$ — исходная влажность в % от объема пор по каждой выделенной почвенной разновидности;

$p_1, p_2 \ldots p_n$ — порозность почвы в % от объема слоя по каждой выделенной почвенной разновидности;

$\delta_1, \delta_2 \ldots \delta_n$ — удельный вес каждой выделенной почвенной разновидности в долях F.

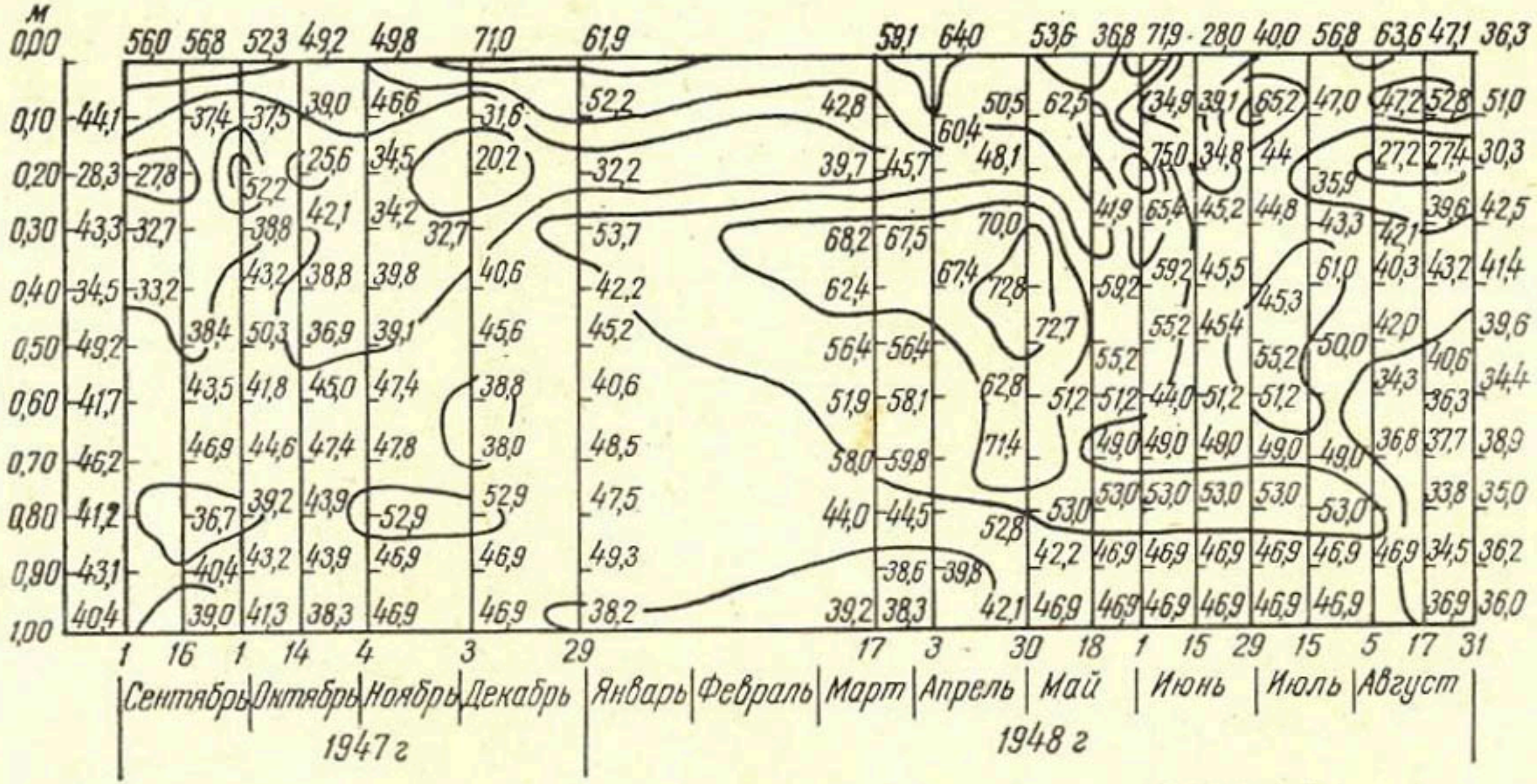


Рис. 71. Изоплеты влажности.

Величины порозности и исходной влажности определяются обычно принятыми в почвоведении приемами для всех выделяемых по почвенной карте разновидностей почв.

Влажность корнеобитаемого слоя, характеризующая наличные запасы в почве влаги в каждый момент, при прочих равных условиях, зависит от вида почвы и структуры корнеобитаемого слоя. Поэтому пункты для изучения почвенной влажности на осушаемой территории необходимо назначать с таким расчетом, чтобы они охватывали все основные разновидности почв, встречающиеся в границах осушительной системы. Для большей точности каждая почвенная разновидность должна быть охарактеризована не менее чем двумя (лучше тремя) пунктами для изучения влажности.

Результаты изучения влажности почвы изображаются в виде изоплет (рис. 71) или графиков распределения влажности по глубине (рис. 72). Для упрощения последующего использования материалов наблюдений почвенную влажность как в первом, так и во втором случае следует выражать в процентах от порозности корнеобитаемой толщи.

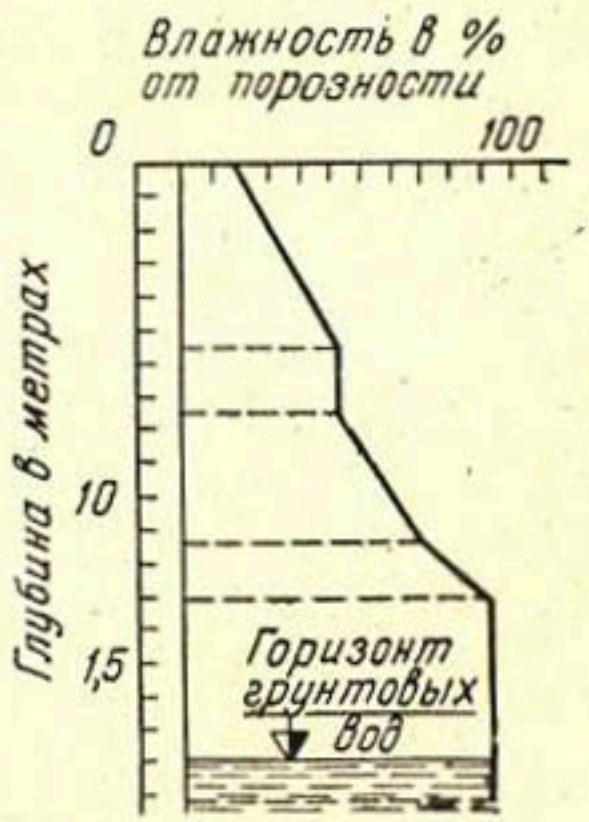


Рис. 72. График распределения влажности почвы по глубине.

Из физиологии растений известно, что не всякая влага, находящаяся в почве, доступна для растений. Поэтому одновременно с определением общей влажности почвы необходимо установить запасы продуктивной влаги, под которой понимается влажность, доступная растениям.

Запасы продуктивной влаги выше в почвах с высокой предельной полевой влагоемкостью, низкой гигроскопичностью и низкой влажностью увядания. К таким почвам относятся тяжелые по механическому составу, но структурные почвы, а также почвы песчаные, с крупными порами. На торфяных почвах, характеризующихся высокой влажностью увядания, растения начинают страдать от недостатка влаги при общей влажности корне-

обитаемого слоя, более высокой, чем на минеральных почвах.

Как показывают многочисленные наблюдения, растения начинают испытывать недостаток во влаге при влажности почвы, меньшей предельной полевой влагоемкости. Если эта влажность для зерновых и технических культур менее 60%, а для трав и овощей менее 70% предельной влагоемкости, урожайность культур снижается. При изучении влажности корнеобитаемого слоя необходимо определять также запасы влаги, соответствующие этим пределам.

Из агрометеорологии известно, что полезными с точки зрения сельскохозяйственного использования являются жидкие осадки, дающие слой не менее 5 *мм*. Поэтому при исчислении водного баланса следует учитывать не все выпавшие жидкие осадки, а только те, которые могут быть использованы в сельском хозяйстве, т. е. превышающие 5 *мм*. При этом следует иметь в виду условность указанной величины, так как она в значительной степени зависит от предшествующих погодных условий, характера и состояния почвы. А. Н. Костяков рекомендует учитывать все осадки, выпавшие за определенный период, умножая их на коэффициент использования, который, по его мнению, следует принимать равным от 0,4 до 0,7.

Количество и распределение во времени выпадающих жидких атмосферных осадков определяется по данным ближайших метеорологических станций. В случаях, когда эти станции расположены в условиях, резко отличных от условий расположения осушенной территории (значительная разница в отметках поверхности, разная степень облесенности и т. п.) или на большом удалении от нее, возникает необходимость установки специальной метеорологической станции или дождемерного пункта непосредственно на территории системы. Если длительность наблюдений на метеорологической станции менее 25—30 лет, предварительно приводят наблюдения к 25-летнему периоду.

Количество влаги $W_ж$, поступившее на осушаемую площадь за определенный период в результате выпавших продуктивных жидких осадков (дожди, ливни), определяется по формуле:

$$W_ж = 10\Sigma h \cdot F \ м^3. \qquad (79)$$

где Σh — сумма выпавших за рассматриваемый период продуктивных осадков в *мм;*

F — площадь осушительной системы в *га.*

Выпадающий зимой снег переносится ветром с повышенных и открытых участков в понижения и места, покрытые лесом, кустарником и высокой травяной растительностью. Поэтому количество зимних осадков, фиксируемое на метеорологических станциях, часто не характеризует количество снега, залегающего на осушаемой территории и тяготеющем к ней водосборе. Для определения действительных запасов воды в снеге проводится перед весенним снеготаянием маршрутная снегомерная съемка.

Маршруты снегомерной съемки назначают с расчетом охвата ими всех выделяемых в границах осушительной системы характерных по рельефу и растительности ландшафтных разностей (например, пашни на повышениях, пашни в низинах; площади, покрытые кустарником, сенокос на осушенном болоте и т. п.). Для большей точности результатов снегомерной съемки все маршруты прокладывают так, чтобы каждая из выделенных ландшафтных разностей характеризовалась не менее чем двумя маршрутами.

Запасы воды в снеге для каждой выделенной разности определяются по формуле:

$$W_л = 2\frac{(p_1 + p_2)\,l_1 + (p_2 + p_3)\,l_2 + \ \ldots\ + (p_{n-1} + p_n)\,l_{n-1}}{l_1 + l_2 + \ \ldots\ + l_{n-1}} \qquad (80)$$

где $W_л$ — запас воды в снеге на 1 *га* выделенной ландшафтной разности в $м^3$;

$p_1,\ p_2,\ p_3 \ldots p_n$ — вес пробы снега в каждой промерной точке в *г;*

$l_1,\ l_2 \ldots l_{n-1}$ — расстояние между пунктами взятия проб в *м.*

Запас воды в снеге $W_{сн}$ перед таянием для всей системы определяется по формуле:

$$W_{сн} = F\,\Sigma\,\delta_л W_л \ м^3, \qquad (80')$$

где F — площадь осушительной системы в *га;*

$\delta_л$ — удельный вес площади выделенной ландшафтной разности в общей площади системы в долях единицы;

$W_л$ — запас воды в снеге на 1 *га* выделенной ландшафтной разности в $м^3$.

Пример. На осушительной системе площадью 1000 *га* снегомерная съемка проведена на трех ландшафтных разностях, имеющих площадь $F_1 = 200$, $F_2 = 300$ и $F_3 = 500$ *га*. Значения $\delta_л$ соответственно будут равны 0,2, 0,3 и 0,5. При запасах воды на 1 *га* выделенной ландшафтной разности $W_л = 100$ $м^3$, $W_л'' = 150$ $м^3$ и $W_л''' = 120$ $м^3$ общий запас воды в снеге по системе в целом составит:

$$W_{сн} = 1000\ (0{,}2 \times 100 + 0{,}3 \times 150 + 0{,}5 \times 120) = 125\,000\ м^3.$$

Количество $W_п$ грунтовых вод, просачивающихся из рек, каналов и водоемов, расположенных в границах осушительной системы, можно определить, зная длину контура питания и удельный дебит грунтовых вод, по такому уравнению:

$$W_п = q_п L_п T_р\ м^3, \tag{81}$$

где $q_п$ — удельный дебит грунтового потока, просачивающегося из водотоков и водоемов, в $м^3/сутки$ на один метр длины фронта питания;

L — длина водотоков и периметр водоемов, примыкающих к осушительной системе, в *м;* в случаях, когда водотоки (реки, каналы) размещены в границах осушаемой территории или пересекают ее, $L_п$ равна удвоенной длине этих водотоков и каналов;

$T_р$ — продолжительность рассматриваемого периода в сутках.

Длины рек и каналов и периметры водоемов, подпитывающих просачивающимися водами корнеобитаемый слой, определяются по картам масштаба 1 : 10 000 или замером в натуре. Периоды подпитывания и дренирования корнеобитаемого слоя реками, каналами и водоемами и длительность этих периодов устанавливается по данным наблюдений за колебанием уровня грунтовых вод.

Количество грунтовых вод, которое может поступить в корнеобитаемый слой по капиллярам $W_в$, и грунтово-напорных вод $W_н$ зависит от глубины стояния грунтовых вод (уровня напорных вод), скорости капиллярного поднятия и величины испарения грунтовых вод. Практически эту величину принимают по материалам

наблюдений, проводимых местными опытными станциями, или по формулам, выведенным для отдельных районов. Так, например, В. Ф. Шебеко рекомендует в условиях Белоруссии определять величину подпитывания корнеобитаемого слоя за счет грунтовых и грунтово-напорных вод по такой формуле:

$$W_{\text{п}} + W_{\text{н}} = 11{,}6\,\frac{F}{H^{1.6}}\ м^3/сутки,$$

где F — площадь осушительной системы в *га;*

H — глубина залегания грунтовых вод в *м.*

Формула эта действительна, если глубина грунтовых вод не менее 0,5 *м* и не более 1,6 *м.*

При отсутствии данных наблюдений можно пользоваться данными ВНИИГиМ, приведенными в таблице 44.

Таблица 44

Количество грунтовых вод, поступающее в корнеобитаемый слой (при суглинистых и торфяных почвах) **за вегетационный период**

Глубина залегания грунтовых вод от поверхности в *м*	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Поступающее количество грунтовых вод в $м^3/га$	2500	1500	800	400	100

Основными расходными статьями водного баланса являются транспирация и испарение почвой.

Величина транспирации $P_{\text{т}}$ и ее изменение на протяжении вегетационного периода обусловливаются видами произрастающей растительности и ее урожайностью, уровнем применяемой агротехники, свойствами почвенного покрова и метеорологической обстановкой (температура воздуха и почвы, ветер, влажность воздуха и почвы). От этих же причин зависит и испарение влаги почвой. Определить, какая часть почвенной влаги испаряется почвой и какая расходуется растениями на транспирацию, чрезвычайно трудно, да и результаты

таких определений не очень точны. Гораздо проще и точнее в вегетационный период учитывать затраты воды на транспирацию и на испарение почвой совместно. Эта суммарная затрата воды на транспирацию и на испарение почвой называется водопотреблением. Величина водопотребления *E*, выражаемая обычно в *м³/га*, определяется через коэффициент водопотребления *K*, характеризующий затраты воды на транспирацию и испарение, необходимые для формирования единицы урожая (тонна, центнер и т. п.).

Сопоставление величин водопотребления для разных районов центральной полосы Европейской части Советского Союза, находящихся примерно в одинаковых климатических условиях, показало, что различие в водопотреблении главным образом обусловливается глубиной стояния грунтовых вод и связанной с ней влажностью корнеобитаемого слоя, уровнем плодородия почвы, величиной урожая и состоянием поверхности поля. Чем выше урожай, тем суммарное водопотребление больше, а коэффициент водопотребления меньше. Чем выше плодородие почвы, тем ниже коэффициент водопотребления. Чем выше уровень применяемой агротехники, чем в лучшем состоянии поддерживается поверхность поля, тем меньше испарение почвой, а значит и меньше водопотребление (табл. 45). Так же сказывается и глубина стояния грунтовых вод, с увеличением которой снижается влажность корнеобитаемого слоя и испарение почвой.

Величина коэффициентов водопотребления и их изменение на протяжении вегетационного периода прини-

Таблица 45

Влияние условий питания и структуры почвы на коэффициент водопотребления *K*

Культура / Варианты опыта	С удобрением		Без удобрений		По пласту	На бесструктурной почве
	урожай в *т/га*	*K* в *м³/т*	урожай в *т/га*	*K* в *м³/т*	*K* в *м³/т*	*K* в *м³/т*
Просо (зерно)	3,31	611	1,48	1010	—	—
Томаты (плоды)	3,60	144	2,35	203	—	—
Картофель (клубни)	46,8	40	23,7	69	—	—
Ячмень	—	—	—	—	182	400

маются по данным местных опытных станций и научно-исследовательских институтов.

При отсутствии местных данных о величине коэффициента водопотребления значения его можно принимать по данным, приведенным в таблице 46.

Таблица 46

Коэффициент водопотребления (в $м^3$ на 1 $т$ урожая)

Культуры	Пределы значения K	Среднее значение K
Яровая пшеница (зерно) . . .	280—360	350
Кукуруза (зеленая масса с початками)	35—52	50
Овес (воздушносухая масса включая зерно)	420—550	500
Картофель (клубни)	68—100	80—85
Сахарная свекла (корни)	56—110	75—85
Конопля (сухая масса)	520—715	600
Лен (соломка + семена)	243—375	300—310
Томаты (плоды)	90—110	100
Огурцы (плоды)	—	120
Капуста поздняя (кочаны)	80—90	—
» ранняя	70—80	—
Морковь (корни)	—	70
Свекла столовая (корни)	70—80	—
Многолетние травы (сено)	470—550	500

Испарение почвой $P_{и.п}$ на протяжении невегетационных периодов года по всем выделенным ландшафтным разностям определяется по данным ближайших агрометстанций и местных научно-исследовательских учреждений. При отсутствии таких данных эта величина определяется по графикам Б. В. Полякова с поправкой С. Ф. Федорова или по соответствующим формулам, приводимым в учебниках по метеорологии и гидрологии.

Суммарный объем воды, расходуемый на транспирацию и на испарение почвой $W_т + W_{и.п}$ определяется по такой формуле:

$$W_т + W_{и.п} = \Sigma [F_i (\alpha_i K_i) M_i] + 10 \Sigma h_л \cdot F_{л.i} \; м^3, \qquad (82)$$

где F_i — площади, занятые в рассматриваемый период отдельными культурами, в *га;*

K_i, M_i — коэффициент водопотребления в $м^3/т$ и расчетная урожайность отдельных культур в $т/га$;

α_i — удельный вес водопотребления отдельными культурами за рассматриваемый период в долях K_i;

$F_{л.i}$ — площадь ландшафтных разностей, по которым в рассматриваемый период определяется испарение почвой, в $га$;

$\Sigma h_л$ — слой испарения почвой за рассматриваемый период с площади $F_{л.i}$ в $мм$.

Вода, поступающая на поверхность осушительной системы в виде дождя или таящего снега, частично испаряется, частично просачивается в почвенную толщу, а остающаяся часть стекает по поверхности в каналы и отводится за границы системы. Очевидно, что возникновение склонового стока возможно лишь в условиях, когда интенсивность потерь на испарение и просачивание меньше интенсивности притока, т. е. когда на поверхности рассматриваемой территории накапливается вода. В нечерноземной полосе и в лесостепи во время весеннего снеготаяния, при выпадении ливней, а также в периоды длительных и затяжных дождей интенсивность испарения, как правило, меньше интенсивности поступления поверхностных вод, и возникновение склонового стока в этих районах определяется соотношением между притоком и просачиванием.

Просачивающаяся вода вначале впитывается в грунтовую толщу, а затем после заполнения свободной капиллярной порозности в зоне аэрации начинает просачиваться в грунтовые воды. В таких условиях склоновый сток может возникнуть либо в случаях, когда скорости впитывания и фильтрации меньше интенсивности притока, либо в тех случаях, когда емкость свободных от воды пор в зоне аэрации меньше объема притекающих вод, а отток просачивающихся в грунтовую толщу вод затруднен.

Вода по земной поверхности течет отдельными струйками по сложным и меняющимся во времени траекториям. Однако для упрощения расчетов обычно принимают, что сток происходит сплошным слоем одинаковой мощности. Мощность эта при однообразном характере территории, охватываемой системой, принимается

одинаковой по всей системе. При различии в уклонах, почвенно-растительном покрове и видах хозяйственного использования система подразделяется на однородные по ландшафту части, и мощность слоя стока в таких случаях определяется для каждой выделенной части. Объем поверхностных вод $W_п$, которые могут стечь с осушаемой территории за рассматриваемый промежуток времени при указанной модели стока, определяется по такой формуле:

$$W_п = Q_п T_р = 864 \cdot 10^5 v_{ск} L h_р T_р \ м^3, \qquad (83)$$

где $Q_п$ — расход стекающего по поверхности потока в $м^3/сек$;

$v_{ск}$ — скорость склонового стока в $м/сек$;

L — длина фронта стока в $км$, суммарная по всей системе или по выделенной части ее;

$h_р$ — расчетная мощность стока в $м$;

$T_р$ — продолжительность рассматриваемого периода в сутках (рис. 73).

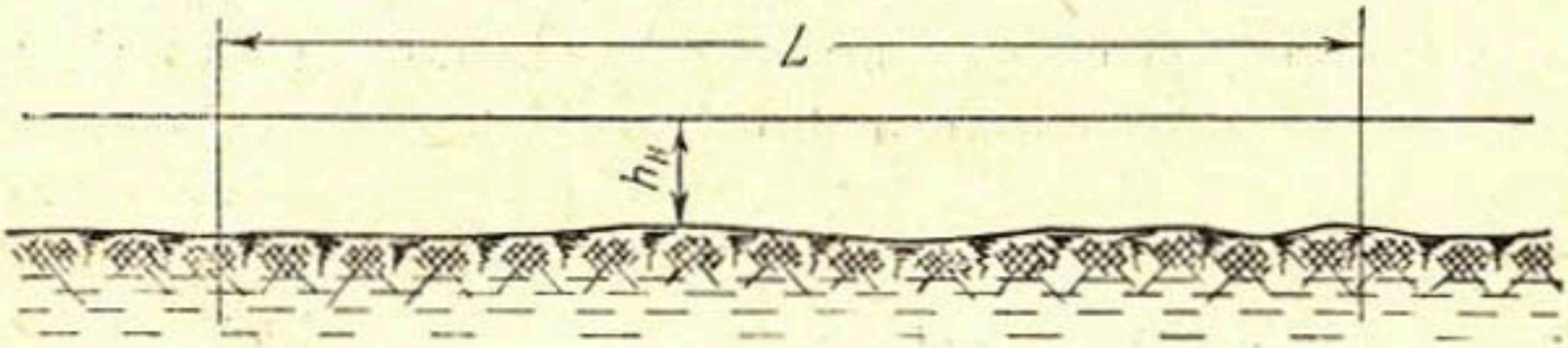


Рис. 73.

В случаях, когда $T_р$ больше продолжительности склонового стока $T_{ст}$ в приведенном выражении вместо $T_р$ подставляют значение $T_{ст}$.

Продолжительность склонового стока

$$T_{ст} = \frac{l}{86,4 v_{ск}} \ суток,$$

где l — длина пути склоного стока в $км$;

$v_{ск}$ — скорость склонового стока в $м/сек$.

Длина пути склонового стока равна расстоянию между открытыми каналами или закрытыми собира-

телями, перехватывающими стекающие поверхностные воды.

Скорость склонового стока зависит от уклонов местности, от шероховатости подстилающей поверхности и от изменяющейся за время стока мощности стекающего слоя воды. Закономерность изменения мощности слоя стока во времени зависит, как показывают исследования гидрологов, от соотношения между продолжительностью поступления воды на объект $T_п$ (время выпадения дождя, продолжительность таяния снега) и продолжительностью стока $T_{ст}$. В тех случаях, когда $T_п \leqslant T_{ст}$, мощность слоя стока во времени изменяется по треугольнику, а когда $T_п > T_{ст}$, эта мощность изменяется по кривой, близкой к параболе или трапеции.

Скорость склонового стока можно определять по такой формуле (А. Д. Панадиади):

$$v_{ск} = \frac{h_р^{0,66} i^{0,83}}{n^{1,6}} \quad м/сек, \qquad (84)$$

где $h_р$ — расчетная мощность слоя стока в *м*;
i — средний уклон местности в направлении стока;
n — коэффициент шероховатости поверхности, значение которого при отсутствии данных прямых определений принимают по таблице 46а.

Таблица 46а

Характеристика поверхности	Величина коэффициента шероховатости n
При глубине слоя воды 10 см и более	
Поверхности, не заросшие древесной или кустарниковой растительностью	0,05—0,06
Поверхности, заросшие древесной или кустарниковой растительностью:	
а) при плотности до 25%	0,06—0,09
б) » » 25—50%	0,09—0,115
в) » » 50—100%	0,115—0,240
При глубине слоя воды до 10 см	
Хорошо обработанная поверхность поля с бороздами вдоль уклона	0,05
Вспаханная поверхность с хорошей последующей разделкой	0,12
Свежескошенный сенокос	0,8
Естественный выгон	0,9
Нескошенный сенокос	2,3

Расчетная мощность стекающего по склону слоя воды $h_р$ равна средней мощности слоя стока за рассматриваемый период, уменьшенной на величину потерь на впитывание и фильтрацию:

$$h_р = \xi h_м - h_{вп} - h_ф, \qquad (85)$$

где $h_м$ — максимальная мощность слоя притока в *м*;
$h_{вп}$ — слой потерь на впитывание в *м*;
$h_ф$ — то же, на фильтрацию в *м*;
ξ — коэффициент, принимаемый при треугольной форме графика притока равным 0,5 и при трапецеидальной (параболической) форме — 0,67.

Если продолжительность расчетного периода $T_р$ меньше длительности стока $T_{ст}$, то в уравнение (85) вместо величины $\xi h_м$ подставляют значение средней высоты притока за рассматриваемый период.

Средний слой потерь на впитывание за расчетный период равен средней за этот период скорости впитывания.

Величину скорости впитывания и ее изменение во времени следует определять по каждой выделенной на системе ландшафтной разности при разных значениях влажности почвы. При отсутствии таких определений для предварительных расчетов можно пользоваться формулой, рекомендуемой А. Н. Костяковым:

$$v_{вп} = \frac{k_0}{(1-\alpha)T_р^{\alpha}} \; см/мин,$$

где $v_{вп}$ — средняя скорость впитывания за рассматриваемый период в *см/мин*;
k_0 — коэффициент впитывания исследуемой почвы в первую единицу времени в *см/мин*;
$T_р$ — продолжительность расчетного периода в *мин*;
α — показатель, изменяющийся от 0,3 до 0,8 в зависимости от свойств почвы и ее влажности.

Слой потерь на впитывание $h_{вп}$, равный свободной капиллярной порозности в слое почвы мощностью H, определяется по такому выражению:

$$h_{вп} = 10^{-4}(\beta_{пр} - \beta_н)\, pHм, \qquad (86)$$

где $\beta_{пр}$ — влажность почвенного слоя, соответствующая предельной полевой влагоемкости, в % от порозности почвы;

$\beta_н$ — влажность почвенного слоя в начале рассматриваемого периода в % от порозности почвы;

p — порозность почвенного слоя в % от объема слоя;

H — мощность изучаемого слоя почвы от поверхности земли до уровня грунтовых вод в *м*.

Продолжительность заполнения свободной капиллярной порозности

$$T_{вп} = 0{,}07 \frac{h_{вп}}{v_{вп}}.$$

В случаях, когда $T_р$ больше $T_{вп}$, величина впитывания должна определяться постепенным приближением, подстановкой в приведенные формулы постепенно уточняемых величин.

Слой потерь на фильтрацию за рассматриваемый период определяется по такой формуле:

$$h_ф = v_ф(T_р - T_{вп}) = 0{,}5k_ф \left(1 + \frac{\xi h}{H}\right)^2 (T_р - T_{вп}) \text{ м}, \quad (87)$$

где $v_ф$ — скорость фильтрации в *м/сутки*;

$k_ф$ — коэффициент вертикальной фильтрации в *м/сутки*.

Значения остальных компонентов этой формулы приведены выше.

Очевидно, что потери на фильтрацию следует учитывать лишь в случаях, когда $T_р > T_{ст}$, а $T_{ст} > T_{вп}$.

Количество влаги, которое профильтруется в почву и пойдет на пополнение грунтовых вод $W_ф$, составляет:

$$W_ф = 10^4 h_ф F \text{ м}^3, \quad (88)$$

где F — площадь системы в *га*;

$h_ф$ — слой потерь на фильтрацию за рассматриваемый период в *м*.

Величины $h_{вп}$ и $h_ф$ определяются для всех почвенно-грунтовых разновидностей, выделяемых на осушительной системе. Для этого по всем указанным разновидностям должны определяться величины: $k_о$, $k_ф$, $\beta_{пр}$, $\beta_н$ и p. Глубина залегания грунтовых вод H определяется на типичных участках, характеризующих основные типы

рельефа, по картам гидроизогипс или по графикам колебаний уровней грунтовых вод.

Расчетные значения всех исходных компонентов определяются как средневзвешенные, причем за вес каждого частного значения принимают величину площади характеризуемой части системы.

Количество почвенно-грунтовых вод $P_п$, оттекающих за границы системы, и количество вод $P_д$, дренируемых реками, каналами и озерами, определяются по такой формуле:

$$W_о + W_д = T_р(q_о L_о + q_д L_д), \qquad (89)$$

где $W_о$ — количество грунтовых вод, оттекающее за границы системы, в $м^3$;

$W_д$ — количество грунтовых вод, дренируемое реками, каналами и озерами системы, в $м^3$;

$q_о$ — удельный дебит грунтового потока, оттекающего за границы системы, в $м^3/сутки$ на метр длины фронта оттока;

$L_о$ — длина фронта оттока в $м$;

$q_д$ — средний удельный дренажный дебит на метр длины фронта дренирования в $м^3/сутки$;

$L_д$ — длина рек, каналов и периметра озер, дренирующих систему, в $м$;

$T_р$ — продолжительность расчетного периода в сутках.

Определение перечисленных величин производится по аналогии с компонентами формулы (81).

Учитывая все сказанное, вместо уравнения (77) можно написать

$$W_{исх} - W_к \pm \Delta W = W_ж + W_{ск} + W_п + W_в + W_н - W_т - \\ - W_{и.п} - W_п - W_ф - W_о - W_д, \qquad (90)$$

где ΔW — изменение запасов влаги на протяжении исследуемого периода в $м^3$.

Значения остальных членов рассмотрены выше.

Приведенное уравнение следует применять на системах, по которым неизвестны приходные и расходные статьи водного баланса и их удельное значение. На тех системах, для которых эти статьи известны при составлении и осуществлении планов регулирования водного режима следует пользоваться данными о величине продуктивной влажности по отдельным слоям корнеобитае-

мой толщи. Эта влажность характеризует запасы влаги в почве в каждый момент и является самым важным критерием определения, в каком направлении следует проводить мероприятия по регулированию водного режима в тот или иной отрезок вегетационного периода.

§ 77. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ И ИХ КОРРЕКТИРОВАНИЕ

План регулирования водного режима разрабатывается на основе сопоставления потребного для растений количества влаги с фактическими запасами ее в корнеобитаемом слое. Количество влаги, необходимое для различных культур в отдельные фазы их развития, определяется по данным наблюдений на ближайших осушительных системах или по данным местных научно-исследовательских институтов и опытных станций.

Потребление культурами воды в различные периоды вегетации в процентах от суммарного водопотребления приводится в таблицах 47 и 48.

Таблица 47

Потребление воды сельскохозяйственными культурами в процентах от суммарного водопотребления
(по данным Украинского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации)

Яровые зерновые				Травы			
20—30/IV	1—31/V	1—30/VI	1—31/VII	20—30/IV	1/V—10/VI	10/VI—30/VII	1/VIII—1/X
13	17	40	30	10	50	15	25

Картофель, овощи, сахарная свекла				
Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
10	15	25	35	15

Таблица 48

Потребление воды сельскохозяйственными культурами в процентах от суммарного водопотребления

(по данным Института мелиорации, водного и болотного хозяйства Академии наук БССР)

Месяцы	Декады	Культуры			
		сахарная свекла	картофель	травы в год посева	травы последующих лет
IV	3	—	—	—	2,0
V	1	—	—	—	5,1
	2	—	—	—	6,6
	3	—	—	2,4	7,3
VI	1	3,1	5,0	5,1	8,2
	2	4,6	7,3	5,0	10,2
	3	5,8	10,8	7,8	10,0
VII	1	5,9	13,6	14,9	7,6
	2	8,8	18,0	17,5	7,5
	3	12,4	15,3	15,5	7,2
VIII	1	13,1	15,0	5,1	9,8
	2	15,5	10,7	8,4	11,4
	3	9,3	4,3	10,2	7,1
IX	1	8,3	—	8,1	—
	2	7,7	—	—	—
	3	5,5	—	—	—
Итого		100	100	100	100

По данным Академии наук Эстонской ССР, потребление воды многолетними травами составляет в первую половину вегетационного периода (май — конец июня, начало июля) 57,7% и во вторую половину — 42,3%.

Количество влаги, необходимое для развития какой-либо культуры севооборота в различные периоды вегетации, определяется по такой формуле:

$$W = NK\alpha, \qquad (91)$$

где W — потребное количество влаги в *м³/га;*
N — планируемая урожайность в *т/га;*
K — коэффициент водопотребления в *м³* на 1 *т* урожая;
α — водопотребление по периодам в долях от суммарного водопотребления K.

Например, для получения урожая в 30 *т/га* картофеля при коэффициенте водопотребления, равном 85 *м³* на тонну в условиях Белоруссии, необходимо в отдельные месяцы затратить следующее количество влаги (табл. 49).

Таблица 49

Показатели	Месяцы									
	июнь			июль			август			Всего
	декады									
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Водопотребление в % от K . .	5,0	7,3	10,8	13,6	18,0	15,3	15,0	10,7	4,3	100,0
Потребность в воде в *м³/га* .	127	186	277	347	459	390	382	273	109	2550

Имеющиеся в почве запасы продуктивной влаги определяются по формуле:

$$W_{пр} = (\beta_{наб} - \beta_{ув})\, pH, \qquad (91')$$

где $W_{пр}$ — запас продуктивной влаги в *м³/га;*
$\beta_{наб}$ — наблюденная влажность корнеобитаемого слоя в % от порозности;
$\beta_{ув}$ — влажность увядания в % от порозности;
p — порозность в % от объема почвы;
H — мощность корнеобитаемого слоя в *м.*

Так, например, для торфяной почвы при порозности, равной 60% объема слоя и влажности увядания $\beta_{ув} = 14\%$, запасы продуктивной влаги в расчетный по водности год будут следующие (табл. 50).

Таблица 50

Запасы воды в слое торфяной почвы мощностью 0,8 *м*

Показатели \ Месяцы и декады	Июнь			Июль			Август		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Наблюденная влажность $\beta_{наб}$ в % от порозности	36,6	34,2	35,3	36,5	36,3	36,1	35,0	34,4	34,0
Наличный запас влаги $W_{наб} = \beta_{наб} pH$ в $м^3/га$	1 757	1 642	1 694	1 752	1 742	1 733	1 680	1 651	1 632
Продуктивный запас влаги $W_{пр} = (\beta_{наб} - \beta_{ув}) pH$	1 085	970	1 022	1 080	1 070	1 061	1 008	979	960
Недостаток (—) или избыток (+) по сравнению с влажностью при предельной полевой влагоемкости $\Delta_1 = W_{пр.вл} - W_{наб}$ в $м^3/га$	— 1 600	—1 718	— 1 664	— 1 608	— 1 618	— 1 627	— 1 680	— 1 709	— 1 728
Недостаток (—) или избыток (+) по сравнению с влажностью угнетения $\Delta_2 = W_{наб} - W_{уг}$ в $м^3/га$	—593	—708	—656	—598	—608	—617	—670	—699	—718

Выше указывалось, что растения начинают испытывать недостаток во влаге, когда влажность корнеобитаемого слоя будет ниже предельной полевой влагоемкости. Примем для нашего примера предельную влагоемкость равной 70% порозности; влажность угнетения для картофеля равна примерно 70% предельной полевой влагоемкости. Запас влаги при предельной полевой влагоемкости составит 3360 *м³/га* (10 000 · 0,6 · 0,7 · 0,8), а запас влаги угнетения — 2352 *м³/га* (3360×0,7) или при округлении $W_{уг}$=2350 *м³/га*. Сопоставление этих величин с запасами наличной влаги $W_{наб}$ (табл. 50) показывает, что для предупреждения снижения урожая необходимо начиная с первой декады мая подавать в почву дополнительно воду, в количествах, не меньших величины Δ_2 (последняя строка табл. 50).

Наиболее благоприятная для развития картофеля влажность пахотного слоя в торфяных почвах составляет 73% от полной влагоемкости (табл. 38). В нашем примере полная влагоемкость равна 4800 *м³/га* (10 000 · 0,8 · 0,6), а оптимальная влажность 3504 *м³/га* (4800 · 0,73). Следовательно, чтобы создать нам более благоприятные условия для развития картофеля, необходимо дополнительно подать уже в конце мая 1500—1600 *м³/га* воды. Это повысит уровень грунтовых вод и тем самым увеличит влажность верхнего пахотного слоя.

Аналогичные расчеты проводятся по всем культурам севооборота и по всем основным почвенным разностям, выделенным в границах осушительной системы.

Количество выпадающих осадков и их интенсивность, температура воздуха и почвы, облачность и интенсивность радиации, влажность воздуха и другие климатические факторы, влияющие на водный режим корнеобитаемого слоя, почти постоянные в многолетнем разрезе, в отдельные годы изменяются довольно резко. Поэтому план регулирования водного режима необходимо составлять не только для расчетного года, но и для условий многоводного и маловодного годов. В большинстве случаев многоводность или маловодность наблюдается в течение не всего года, а только в отдельные периоды. В связи с этим планы регулирования влаги в почве следует составлять по отдельным периодам — маловодной и многоводной весны, маловодного и многоводного лета и т. п.

Расчеты для составления планов регулирования водного режима почвы в многоводные и маловодные годы проводятся аналогично приведенным выше.

Сопоставление данных о содержании в почве влаги с ее потребным количеством для развития растений показывает, в чем должны заключаться мероприятия по регулированию водного режима почвы в отдельные периоды года.

В плане регулирования следует предусматривать отвод воды из западин и других понижений рельефа, не пересекаемых каналами, а также создание на имеющихся водохранилищах и водоемах, регулирующих сток, емкостей, необходимых для накопления избытков протекающих русловых и склоновых вод.

В дождливые годы необходимо устраивать дополнительную сеть временных каналов или борозд. В годы с малоснежными зимами основным мероприятием является замедление стока поверхностных вод с осушительной системы. Для этого закрывают шлюзы-регуляторы на осушительных каналах, а при их отсутствии устраивают временные перемычки. В данном случае в плане регулирования водного режима должно быть предусмотрено закрытие шлюзов-регуляторов сразу же после прохода весеннего половодья и снижения уровня грунтовых вод до 50—60 *см* ниже поверхности земли.

Участки, занятые овощными культурами и семенниками трав, нужно обеспечивать поверхностным или подпочвенным орошением.

Расчетные планы регулирования водного режима составляются по каждому землепользованию и по системе в целом. Ежегодно эти планы корректируют на основе данных долгосрочного прогноза. Так, например, если по прогнозу ожидается сухая весна, без дождей, предусматривают меры по замедлению стока вод с осушаемой территории, и, наоборот, в годы с дождливой и холодной весной все шлюзы-регуляторы должны быть открыты и приняты меры к ускоренному отводу поверхностных вод.

В годовые планы регулирования водного режима вносят также коррективы, связанные с условиями погоды в отдельные периоды года и ходом сельскохозяйственных работ, которые могут быть выполнены либо раньше, либо позднее сроков, предусмотренных в планах.

§ 78. ПЛАН ОТКАЧКИ

Нормальная работа осушительных систем с машинным водоподъемом может быть обеспечена лишь при условии своевременного отвода насосной станцией воды, собираемой осушительной сетью.

Практика эксплуатации осушительных систем с машинным водоподъемом показывает, что стоимость откачки воды с 1 *га* осушаемой площади будет минимальной в тех случаях, когда в максимальной степени используются периоды возможного самотечного сброса вод, собираемых осушительной сетью, а в остальное время режим работы насосной станции наиболее полно увязан с режимом работы осушительной системы. Эти режимы и увязывают в плане откачки. В этом плане устанавливают периоды и продолжительность работы как станции в целом, так и отдельных ее агрегатов. Кроме того, по плану откачки определяется количество энергии, потребное для работы станции, и стоимость 1 $м^3$ откачиваемой воды.

Колебание количества выпадающих в отдельные годы осадков приводит к резкому колебанию объемов воды, подлежащих откачке (табл. 51). Поэтому план откачки следует составлять не меньше чем для трех различных по водности лет — многоводного года (обеспеченность 10%, среднего и маловодного (обеспеченность 90%).

Таблица 51

Объем откачки (по данным Т. А. Кадревич)

Водность года	Побережье Курского залива		Рижское побережье		Дельта Вислы	
	$м^3/га$	%	$м^3/га$	%	$м^3/га$	%
Многоводный	4 150	136	2 600	144	2 700	135
Средний	3 150	100	1 800	100	2 000	100
Маловодный	2 400	76,4	1 400	77,8	1 000	50

Для составления плана откачки необходимо знать следующее:

а) режимы колебания внутренних и внешних уровней, сопоставление которых позволяет определить возможные периоды самотечной работы системы, а также величину напоров в отдельные периоды года;

б) режим притока вод, собираемых осушительной сетью в разные периоды года;

в) регуляционную емкость каналов и понижений, используемых для регулирования стока;

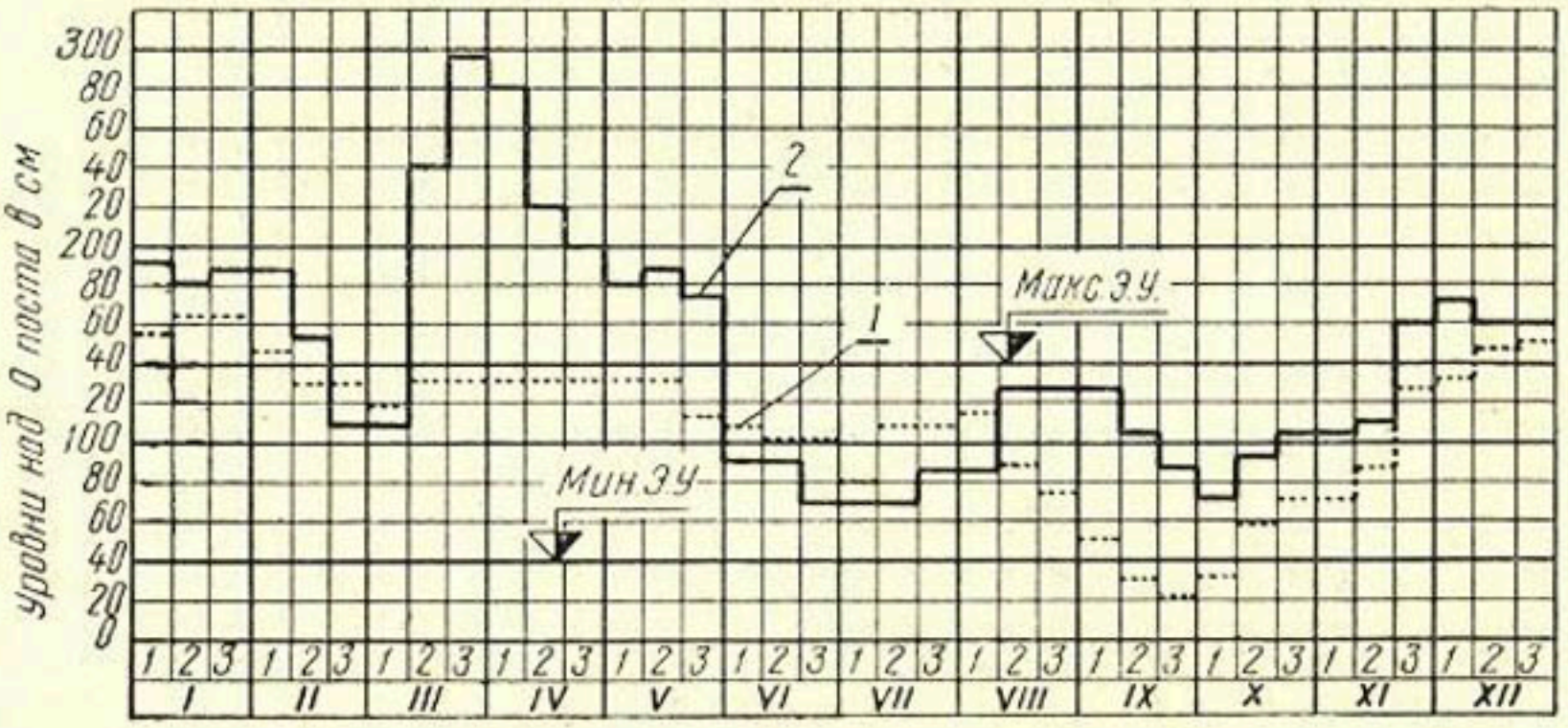


Рис. 74. График колебания внешних и внутренних уровней:

1 — внутренние уровни; *2* — внешние уровни; макс. э. у. — отметка максимального эксплуатационного уровня; мин. э. у. — отметка минимального эксплуатационного уровня.

г) характеристику насосно-силового оборудования, установленного на станции, и отпускную цену электроэнергии или стоимость топлива (горючего) франко-станция.

Для характеристики режима уровней составляют совмещенные графики колебания внешних и внутренних уровней (рис. 74), по которым определяют периоды возможного сброса вод самотеком, максимальные и минимальные эксплуатационные горизонты, а также строят кривые среднедекадных или среднемесячных напоров.

Графики колебания внешних уровней составляют на основании обработки гидрометрических материалов по водоприемнику, а графики колебания внутренних уровней — на основании гидрографов расчетной обеспеченности и кривых расходов магистрального канала

Положение максимального эксплуатационного уровня определяется из условий предупреждения подтопления выращиваемых сельскохозяйственных культур, если максимальный расчетный расход проходит в течение вегетационного периода, или исходя из обеспечения условий для проведения весенних сельскохозяйственных работ, если максимальный расчетный расход проходит

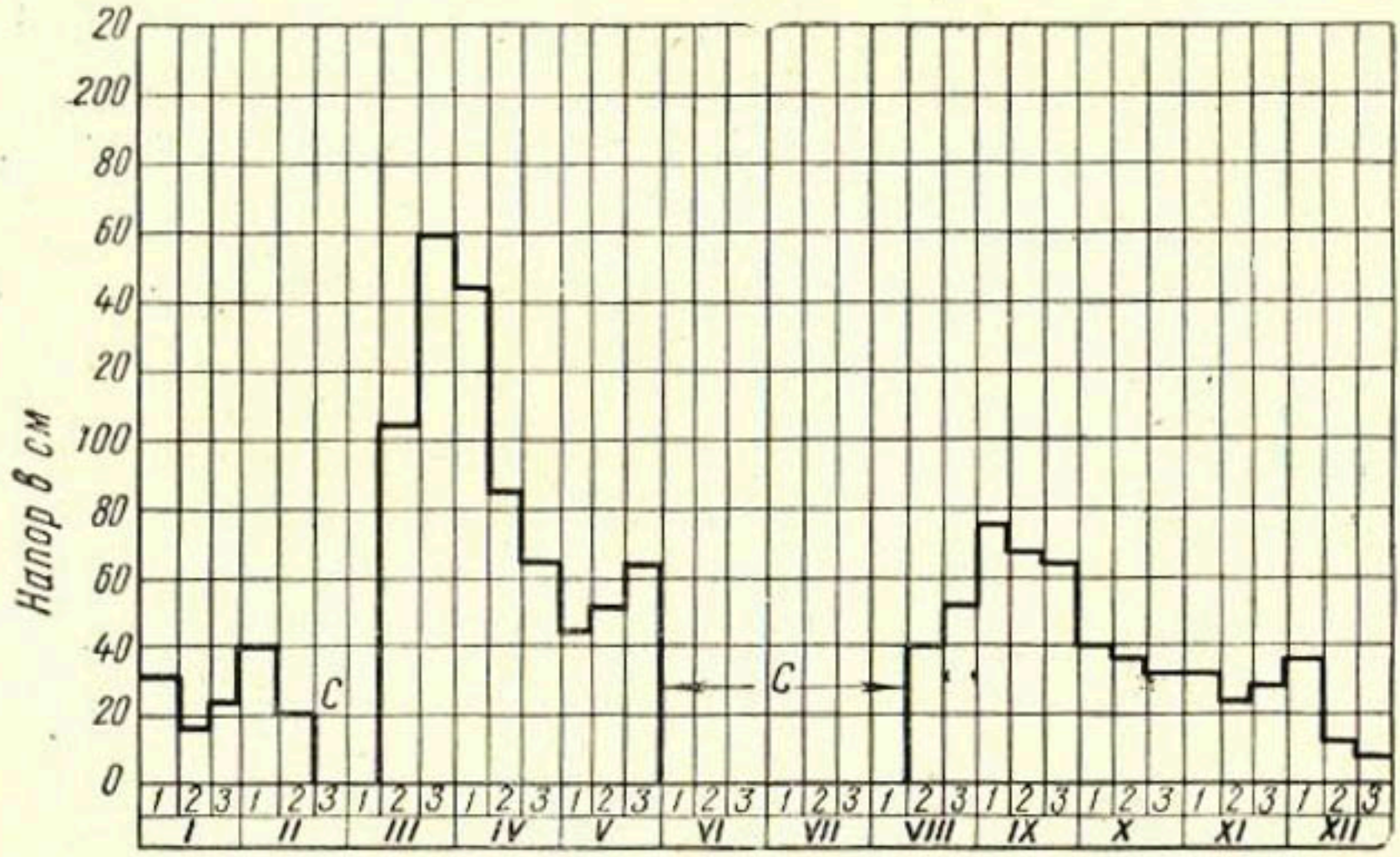


Рис. 75. График среднедекадных напоров:
C — вода сбрасывается самотеком.

весной. Во всех случаях, в том числе и зимой, этот уровень должен находиться на 40—60 *см* ниже среднениз-кой отметки осушаемой территории.

Минимальный эксплуатационный горизонт определяется условиями пропуска минимальных расходов. Если у станции имеется регулирующий резервуар, этот горизонт равен низшему уровню воды в резервуаре.

Кривые среднедекадных или среднемесячных напоров составляют по разности между внешними и внутренними уровнями с учетом отметок предельных эксплуатационных горизонтов (рис. 75).

Режим притока вод к насосной станции можно определять по гидрографам стока, по коэффициентам откач-

ки * и по годовым осадкам. Наиболее точный прием определения притока — по гидрографам — можно применять в тех случаях, когда на рассматриваемой системе или по другим системам, находящимся в аналогичных условиях, имеются многолетние данные по стоку.

Оба других приема по точности примерно равноценны.

Приток по коэффициентам откачки лучше определять, если в рассматриваемом районе имеются осушительные насосные станции, по отчетам которых эти коэффициенты могут быть установлены. Если вблизи насосных станций нет, значения коэффициентов откачек можно принимать по данным Т. А. Кадревич (табл. 52) или Бертрама (табл. 53).

Таблица 52

Сезонные коэффициенты откачки для Рижского побережья
(годовая сумма осадков 559 *мм*; среднегодовая температура +5,4°; торф мощностью до 1,5 *м* подстилается песком)

	Осень X—XI	Зима XII—III	Весна IV—V	Лето VI—IX	Год
Коэффициент откачки . .	0,32	0,47	0,98	0,18	0,30—0,47

Таблица 53

Сезонные коэффициенты откачки в дельте р. Вислы
(годовая сумма осадков 550 *мм*; среднегодовая температура воздуха +7,5°; ил мощностью 0,5—1,5 *м* подстилается песком)

	Осень X—XI	Зима XII—III	Весна IV—V	Лето VI—IX	Год
Коэффициент откачки . . .	0,65	1,12	0,42	0,18	0,30—0,42

Примечание. Зимний коэффициент больше 1 вызван тем, что зимой откачивается часть осенних осадков, зааккумулированных в почве.

* Под коэффициентом откачки понимается отношение откаченного за определенный период объема воды к количеству выпавших за этот период осадков.

Обработка материалов по многим насосным станциям СССР, ГДР и Польши показала, что годовой приток к насосным станциями (W) достаточно точно определяется уравнениями такого типа:

$$W = 10a(h - b)F, \qquad (92)$$

где h — годовая сумма осадков в *мм*,
F — площадь, с которой происходит приток к насосной станции, в *га;*
a и b — коэффициенты, зависящие от местных условий.

По определениям треста Росводстрой эти коэффициенты для Калининградской области имеют такие значения: $a=0{,}56$ и $b=125$; для Рижского побережья, по определениям Т. А. Кадревич, $a=0{,}44$ и $b=155$, для ГДР — $a=0{,}94$ и $b=430$.

Внутригодовое распределение притока к насосной станции зависит от хода выпадения атмосферных осадков и аккумуляционной способности почвенного слоя. В таблицах 54 и 55 в качестве примера приводятся данные о внутригодовом распределении притока по насосным станциям Калининградской области и Рижского побережья.

Внутримесячный режим насосной станции определяется анализом ежедневного стока за характерные месяцы (весна, время прохождения летних и осенних паводков, зима) и характерные годы. Суточный режим работы насосной станции устанавливается для характерных дней отдельных месяцев с учетом влияния регулирующей емкости осушительной сети и водоемов, расположенных на осушенной территории.

Регуляционная емкость каналов и понижений, используемых для накопления воды при остановке насосной станции, определяется в пределах между минимальным и максимальным эксплуатационными уровнями (рис. 74).

Кроме суммарного графика регуляционной емкости, целесообразно составлять также графики по системе каждого магистрального канала и по каждому понижению, используемому для регулирования стока. Такие графики позволяют рациональнее использовать установленные на станции насосы.

Таблица 54

Внутригодовое распределение притока по насосным станциям Калининградской области в % от годового объема

	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Многоводный год	11,5	5,2	8,4	3,0	1,5	2,6	×	5,3	6,2	22,0	15,2	19,1
Средний год . .	10,0	26,0	18,0	8,0	1,0	×	×	×	×	10,0	10,0	17,0
Маловодный год	13,0	5,8	31,8	21,2	5,8	×	×	×	×	×	×	22,4

Примечание. × — самотечный сброс.

Таблица 55

Внутригодовое распределение притока в средний по водности год по станциям Рижского побережья

	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Объем притока в % от годового . .	6	8	7	20	12	4	3	5	6	11	8	10

Суточная продолжительность работы насосной станции и число необходимых насосных агрегатов определяются из сопоставления графиков притока и характеристик установленного на станции насосно-силового оборудования.

Следует учитывать, что при круглосуточной работе оборудования затрудняется техническое обслуживание и профилактические ремонты и как следствие снижаются коэффициенты полезного действия отдельных агрегатов и станции в целом. Во избежание этого при составлении плана откачки необходимо допускать круглосуточную работу агрегатов лишь как исключение, предусматривая в таких случаях чередование круглосуточной работы отдельных агрегатов с работой их в течение 18—20 часов.

§ 79. БОРЬБА С НАВОДНЕНИЯМИ

Способы предохранения населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий и других народнохозяйственных объектов от затопления во время половодий и паводков зависят от того, что́ затапливается, насколько часто, в какое время года наблюдается затопление и каковы убытки, вызываемые этими затоплениями. При систематически повторяющихся наводнениях для защиты населенных пунктов и промышленных предприятий чаще всего устраивают защитные ограждающие валы. Ими ограждают и сельскохозяйственные угодья, если наводнения происходят на протяжении вегетационного периода. Для предупреждения наводнений устраивают также водохранилища, в которых задерживается паводковый сток, срабатываемый впоследствии в периоды маловодья. Нередко регулирование стока сочетают с устройством защитных валов.

При затоплении сельскохозяйственных угодий во время весенних половодий часто возникает необходимость регулирования поемности, под которым понимается сокращение либо, наоборот, удлинение сроков весеннего затопления пойм.

Сооружения и устройства, необходимые для предохранения защищаемых объектов от затопления, их размеры, размещение и компоновка определяются специальными проектами. Задача эксплуатационных орга-

нов — обеспечить правильное и целесообразное использование этих сооружений с учетом гидрологической обстановки, складывающейся в отдельные годы. Для этого на основе прогноза определяются: время прохождения паводка (начало, конец), интенсивность нарастания и спада уровней, отметка максимального уровня и его продолжительность, ожидаемый объем стока. По полученным данным разрабатывается план пропуска паводка. Этот план включает следующее:

а) мероприятия, обеспечивающие свободный отток притекающих паводковых вод;

б) создание в регулирующих водохранилищах (если они есть) емкости, необходимой для задержания установленного объема паводкового стока;

в) устройство в необходимых случаях временных защитных сооружений или усиление существующих сооружений;

г) переселение жителей и вывоз материальных ценностей из районов, которым угрожает затопление;

д) перечень организаций и лиц, ответственных за проведение того или иного мероприятия.

Не менее важной задачей эксплуатационных органов является разработка на основе данных прогноза рекомендаций по рациональному использованию незащищаемых затопляемых сельскохозяйственных угодий. Для этого по материалам прогноза гидравлическим расчетом устанавливают и наносят на план границы площадей с разными сроками и разной длительности затопления. Зная сроки и длительность затопления, разрабатывают соответствующие рекомендации, которые сообщают землепользователям.

§ 80. РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА ВОДОСБОРЕ

Один из серьезных недостатков мелиоративных мероприятий, проводимых в настоящее время,— это их территориальная ограниченность. Этот недостаток явился следствием того, что многие годы в практике осушительных мелиораций применялся односторонний принцип борьбы с избытком воды. Создание всесторонне развитого и высокопродуктивного сельского хозяйства связано с наиболее полным и рациональным исполь-

зованием в первую очередь всех природных ресурсов и в том числе воды.

Во всех районах страны позышенные элементы рельефа быстро обсыхают и растущие там растения зачастую с самой весны страдают от недостатка влаги. Вот почему был совершенно прав В. Р. Вильямс, который ратовал за овладение водным режимом страны, т. е. за разумное и рациональное перераспределение поверхностного стока во времени и в пространстве. Такой подход к решению мелиоративных проблем требует проведения комплекса мероприятий и на водосборе, тяготеющем к осушительной системе. В связи с этим органы эксплуатационной службы осушительных систем должны разрабатывать рекомендации по регулированию стока на водосборе, пропагандировать их в колхозах и совхозах, а также руководить их осуществлением.

Основные мероприятия, которые обеспечивают перевод поверхностного стока в грунтовый, а значит, способствуют увеличению влажности корнеобитаемого слоя на водосборе, следующие: устройство по горизонталям местности водозадерживающих валиков и мелководных лиманов, проведение специальных приемов обработки (прерывистое бороздование, крестование и др.), снегозадержание, посадка снегозадерживающих лесных полос, а также постройка в балках прудов.

Особенно большое значение эти мероприятия имеют в районах, где развита водная эрозия, так как проведение мероприятий, замедляющих сток поверхностных вод, одновременно будет способствовать уменьшению смыва и размыва почвы.

Глава тринадцатая

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОПРИЕМНИКОВ И КАНАЛОВ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

§ 81. УСЛОВИЯ РАБОТЫ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В РАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ ГОДА

Водно-воздушный режим корнеобитаемого слоя почвы на осушаемых землях формируется под одновременным воздействием факторов, определяющих источники водного питания, и системы применяющихся агротехни-

ческих мероприятий. В разные периоды года степень влияния этих факторов на водно-воздушный режим корнеобитаемого слоя почвы различна. Различны на протяжении года и условия работы осушительной системы в целом и отдельных ее элементов, что и должно учитываться при проведении эксплуатационных мероприятий.

Весной во время таяния снега и половодья водоприемники и осушительные каналы, как правило, затоплены или работают с полным заполнением. В это время осушительная система подпитывает грунтовые воды, а гидродинамическое давление в откосах рек и каналов либо отсутствует вовсе, либо достигает минимальных значений; часто бывают затоплены дорожная сеть и сооружения на каналах. По мере уменьшения расходов горизонты воды в водоприемниках и каналах снижаются, и они начинают отводить грунтовые воды. Так как падение уровня воды в водотоках происходит значительно скорее, чем успевает срабатываться уровень грунтовых вод, гидродинамическое давление достигает в этот период максимальных значений. Это приводит к образованию оползневых деформаций откосов.

Гидротехнические сооружения, дорожная сеть и переезды по мере снижения уровней воды в каналах постепенно обсыхают, а вышедшие из-под воды части откосов каналов под воздействием солнечного тепла начинают подвергаться деформациям растрескивания и шелушения. На осушаемых территориях атмосферного, склонового и руслового питания, заболачивание которых вызывается неурегулированностью поверхностного стока, открытая осушительная сеть всех порядков после сброса талых снеговых вод обсыхает и начинает интенсивно зарастать травой.

То же самое происходит и с нагорными каналами, откосы и дно которых не задернованы. На этих каналах нередко можно наблюдать значительное количество ходов червей и кротоpoин.

На осушаемых землях, заболачивание которых вызвано высоким стоянием грунтовых и грунтово-напорных вод, глубокие каналы и крупные магистрали не просыхают и по ним в течение всего года наблюдается ток воды; мелкие каналы (осушители) пересыхают здесь

лишь после значительной сработки уровня грунтовых вод. Части сечений каналов, находящиеся выше уровня воды, а также пересыхающие каналы растрескиваются и зарастают водолюбивой и кустарниковой растительностью. Подводная часть русла каналов зарастает водорослями различных видов. В аналогичных условиях находятся ловчие каналы и открытые береговые дрены.

В периоды выпадения летних и осенних дождей осушительные каналы всех порядков наполняются водой, причем нередко больше, чем весной, так как они зарастают травяной и кустарниковой растительностью. Вода, поступая в трещины, червоточины и кротороины, промачивает грунтовую толщу, что приводит к возникновению оползней и обрушению откосов.

Режим работы закрытых осушительных систем имеет примерно тот же характер, что и открытых. Разница заключается главным образом во времени сработки грунтовых или поверхностных вод. При таянии снега весной и во время выпадения дождей летом и особенно осенью в закрытые дрены и собиратели попадает наибольшее количество воды и находящихся в ней илистых частиц. В эти периоды устья закрытых каналов бывают подтоплены, а иногда и затоплены. Вследствие этого скорость течения воды в закрытых каналах резко снижается, влекомые водой илистые частицы выпадают и, отлагаясь, заиляют их. Этот процесс ускоряется, если в почве содержатся соли закисного железа. При соприкосновении с воздухом соли, растворенные в воде, выпадают из раствора в виде хлопьев, которые, осаждаясь, увлекают с собой и минеральные взвеси, находящиеся в воде. В кротовых и щелевых дренах при подпоре или затоплении устья сильно намокают стенки, которые потом при снижении уровня обрушаются.

Закрытые дрены и закрытые собиратели, проходящие вблизи деревьев, а также осушающие пастбища, нередко засоряются корнями деревьев и трав (рис. 76), которые могут целиком заполнить все сечение трубы, образовав в ней своеобразную пробку.

Одним из самых неприятных обстоятельств, с которым приходится сталкиваться при осушении земель закрытыми системами, является замерзание устьев. Образование льда в устьевой части трубы создает опасность ее разрушения и, кроме того, ухудшает работу систем

весной, так как закупоривающий трубу лед тает очень медленно и это задерживает своевременный отвод избыточных вод. Особенно большую опасность для целости закрытой системы и своевременного отвода избыточных вод представляет промерзание закрытых дрен или закрытых собирателей на отдельных участках.

Водоподпорные сооружения во время половодий и паводков, а также зимой работают с открытыми затво-

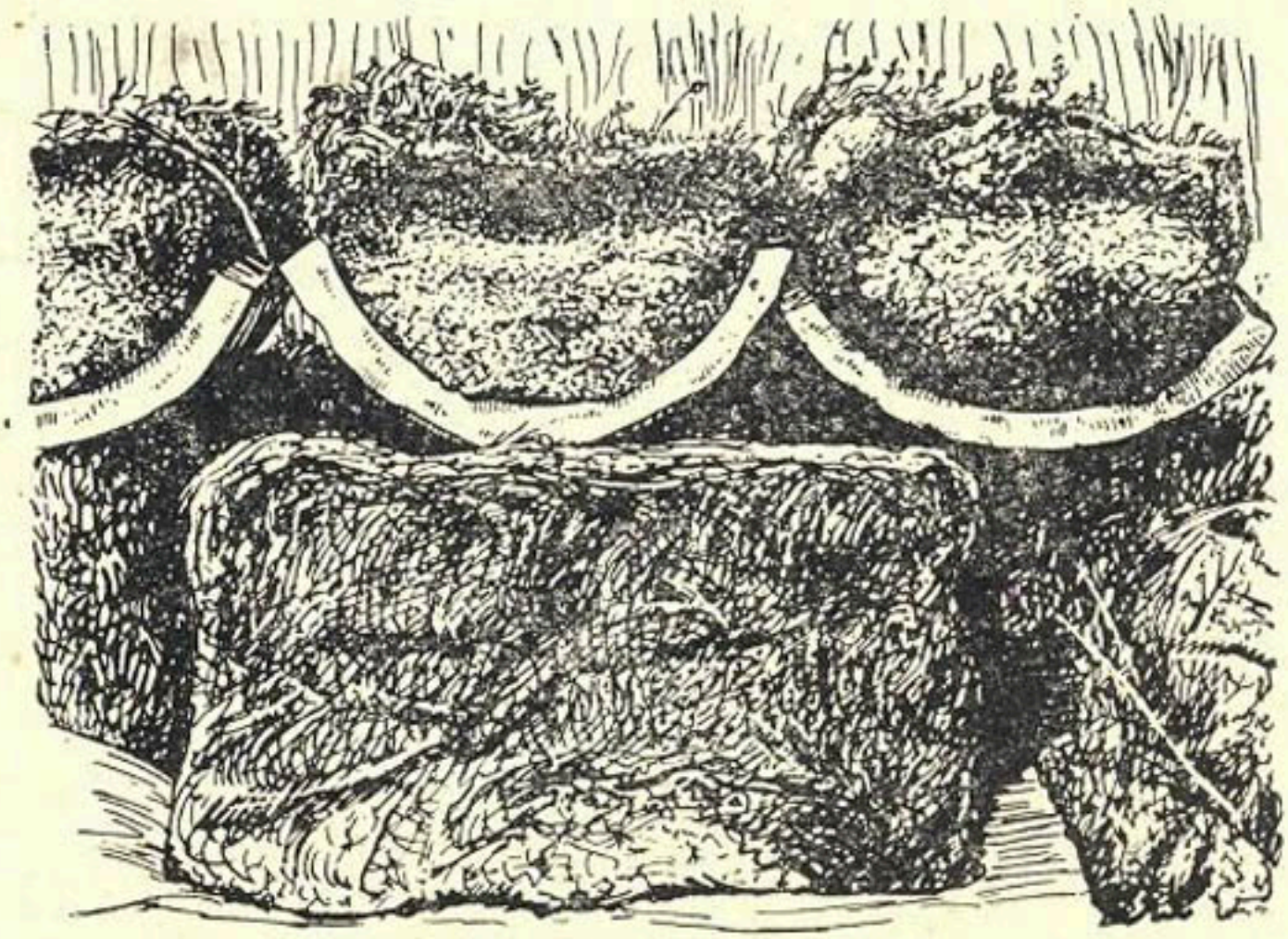


Рис. 76. Поперечное сечение дренажной трубы $d = 20$ *см*, заросшее корнями растений (фото Шилейко).

рами; в остальное время года затворы этих сооружений закрыты.

Бóльшую часть года водоподпорные и другие сооружения на водоприемниках и осушительных каналах работают в условиях переменного увлажнения, что приводит к быстрому гниению деревянных частей сооружений и к ускоренному разрушению бетонных и железобетонных частей.

Валы, предохраняющие осушаемую территорию от затопления высокими водами, подвергаются воздействию воды лишь во время половодий и паводков, а в приморских и приозерных районах — и в периоды нагонных ветров. При длительном стоянии высоких уровней воды и быстром падении их откосы валов под влиянием

гидродинамического давления нередко сползают. Зимой во время морозов тело валов промерзает, и это приводит к образованию трещин. В сухое время года валы портят кроты, водяные крысы и другие землерои, которые проделывают в теле вала многочисленные ходы и тем самым ослабляют его прочность.

В особо неблагоприятных и тяжелых условиях находятся крепления откосов водоприемников и крупных магистральных каналов, а также струевыправительные сооружения в руслах рек. Помимо того, что эти сооружения все время находятся в условиях переменной влажности, они подвергаются деформирующему воздействию льда при зимних колебаниях горизонтов воды и при подвижках его в весеннее время.

Дорожная сеть, не имеющая твердого или улучшенного грунтового покрытия, во время выпадения дождей, особенно осенних, а также после окончания весеннего снеготаяния становится непригодной для использования; в районах с глубоким промерзанием и небольшим снеговым покровом нередко наблюдаются пучения земляного полотна.

§ 82. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Нормальное сельскохозяйственное использование осушаемых земель и нормальная работа каналов и сооружений осушительных систем зависят от того, насколько систематически и своевременно проводятся мероприятия по технической эксплуатации, основными видами которых являются надзор, уход и ремонты. Все эти эксплуатационные мероприятия взаимосвязаны и зависят друг от друга.

Можно привести немало примеров, когда из-за отсутствия надлежащего надзора и ухода правильно выстроенная осушительная сеть выходила из строя через 2—3 года после окончания строительства, хотя общеизвестно, что при должном проведении этих мер отрегулированные водоприемники и открытые каналы являются по существу «вечными» сооружениями. Вот почему надзор и уход за осушительными системами имеют первостепенное значение в общем комплексе эксплуатационных мероприятий.

Надзор и уход за осушительными системами осуществляется линейным персоналом эксплуатационной службы, причем зачастую эти мероприятия приходится выполнять одновременно. Поэтому трудно провести резкую грань и определить, где кончается надзор и начинается уход. Главными задачами надзора считаются следующие:

а) наблюдение за соблюдением правил пользования осушительной системой и предохранение ее от повреждений, вызываемых нарушением этих правил;

б) наблюдение за работой системы и выявление причин, вызывающих нарушение нормальной работы отдельных каналов, сооружений или их частей;

в) контроль за водным режимом осушительной системы (замеры уровней и расходов воды в водоприемнике и каналах, наблюдения за колебанием уровня и дебита грунтовых вод, определение послойной влажности почвы, метеорологические наблюдения);

г) наблюдение за соблюдением противопожарных мер на осушенных болотах и организация тушения пожаров;

д) выявление начинающихся деформаций и мест возможного возникновения аварий;

е) контроль за освоением и хозяйственным использованием осушаемых земель.

Уход за осушительной системой состоит в проведении работ и мероприятий, обеспечивающих поддержание системы в рабочем состоянии и создание условий для нормального хозяйственного использования осушаемой площади. В задачу этих работ и мероприятий входят:

а) предохранение каналов от зарастания древесной, кустарниковой и травяной растительностью;

б) очистка каналов от растительности и попавших в них посторонних предметов (корчи, кочки, глыбы земли и т. п.), затрудняющих свободный ток воды, а также уничтожение всех самовольно устраиваемых сооружений и приспособлений (язы, заколы, перемычки), создающих в каналах подпоры;

в) очистка от наносов водопропускных воронок, отверстий шлюзов-регуляторов, мостов, труб-переездов; отстойников, устьев, смотровых колодцев и фильтров-поглотителей (шлюкеров) закрытых осушительных сис-

тем, колодцев для наблюдений за уровнем грунтовых вод; промывка и прочистка пробок, образовавшихся в закрытых дренах и закрытых собирателях; исправление в сооружениях всех мелких повреждений;

г) ликвидация ходов землероев и морозобойных трещин в теле валов, плотин и других земляных подпорных сооружений, а также ликвидация промоин или подмывов у сооружений на реках и каналах;

д) поддержание в проезжем состоянии дорог;

е) регулирование уровней воды в каналах открытием или закрытием затворов в шлюзах-регуляторах;

ж) подготовка систем к пропуску половодий и паводков;

з) исправление знаков береговой обстановки;

и) проведение противомалярийных мероприятий.

На системах с механическим водоподъемом, кроме перечисленного, необходимо обеспечивать нормальную работу насосных станций и сооружений, связанных с ними.

§ 83. НАДЗОР И УХОД ЗА ОСУШИТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ

Соблюдение правил пользования отдельными элементами осушительной системы и всей системой в целом является одним из главнейших условий, обеспечивающих возможность нормального использования осушаемых земель. Борьба со всеми нарушениями правил пользования осушительной системой должна вестись систематически. Колхозники, рабочие совхозов и лесхозов, механизаторы и другие специалисты сельского хозяйства должны знать и строго соблюдать эти правила. Одной из главных задач работников службы эксплуатации является постоянное и настойчивое разъяснение по радио, через печать и устно правил пользования осушительными системами.

Во всех наиболее видных местах — вдоль дорог, каналов, у крупных сооружений, при въездах в населенные пункты устанавливают специальные щиты с изложением основных правил пользования системой.

Чтобы предупреждать нарушения правил пользования осушительной системой и принимать соответствующие меры против нарушителей, организуется охрана системы линейным персоналом. Охрана обеспечивается систематическим обходом или объездом сторожами-ре-

монтерами закрепленных за ними участков осушительной системы.

При обходе особое внимание следует обращать на соблюдение правил пользования отрегулированными водоприемниками и крупными каналами при сплаве по ним леса и при использовании их для мелкотоннажного судоходства; предупреждать переезды и переходы каналов в неустановленных местах; следить за тем, чтобы не было свободной пастьбы скота вдоль каналов и водопоя скота из каналов в неуказанных местах; не допускать забора воды на бытовые и хозяйственные нужды в неприспособленных для этих целей пунктах.

Сторожа-ремонтеры и другие работники эксплуатации обязаны составлять на нарушителей правил пользования системой акты и передавать их для принятия соответствующих мер в исполкомы сельских и районных Советов.

При периодическом осмотре устанавливается, как работает система, насколько она обеспечивает нужды сельскохозяйственного производства и какие причины вызывают нарушение нормальных условий ее работы.

Особенно важен усиленный надзор за системой в первые годы после окончания строительства, когда наиболее выраженно и интенсивно происходят все изменения, вызываемые осушением и освоением территории. В первоначальный после строительства период, как известно, происходит основная осадка осушаемой территории и все деформации каналов и сооружений, связанные с осадкой и понижением уровня грунтовых вод. В это же время происходит и наиболее интенсивно перестройка всех процессов почвообразования. Внимательное и вдумчивое наблюдение за действием осушительной системы с самого начала ее работы позволяет обнаружить и устранить в короткие сроки недостатки и ошибки, допущенные при проектировании и строительстве.

Работа осушительных систем оценивается главным образом на основе данных осмотров, проводимых весной, осенью и летом после сильных дождей.

При осмотре открытой регулирующей сети устанавливаются: величина заполнения отдельных каналов, скорость движения в них воды и наличие препятствий для свободного ее тока. Действие открытой сети считается нормальным, если выдерживается необходимая норма

осушения, а глубина и скорость воды по всему каналу примерно постоянны. Если это условие не выполняется, то участки канала с меньшими глубинами необходимо прочистить, а все препятствия, снижающие скорость течения воды, устранить.

При осмотре закрытой регулирующей сети обращают внимание на величину проходящего по отдельным коллекторам расхода, на прочность устьев и условия их сопряжения с принимающими каналами.

Расходы коллекторов, обслуживающих одинаковые площади, при отсутствии дополнительных источников питания в виде перехватываемых ключей или поверхностных вод должны быть примерно одинаковы. Если по одному из таких коллекторов проходит меньший расход, значит, система этого коллектора неисправна и нужно выяснить, чем вызвана такая неисправность. Величина расходов воды, текущей по коллекторам, определяется в устьях или в смотровых колодцах.

Устья закрытых осушительных систем должны быть прочны и не заилены, а крепления в принимающем канале исправными. Защитный клапан должен легко открываться и закрываться.

Закрытые системы должны работать, как правило, без подпора, за исключением периода весеннего половодья и нескольких дней во время летних паводков. Особенно недопустим подпор закрытых систем осенью, когда возникает опасность замерзания труб.

Одним из лучших признаков нормальной работы как закрытой, так и открытой регулирующей сети является состояние влажности корнеобитаемого слоя на осушаемой площади и своевременное поспевание почвы. Если влажность почвы на отдельных участках избыточна или поспевание почвы на них задерживается, это свидетельствует о неисправности осушительной сети. Если такое переувлажнение наблюдается ежегодно в течение нескольких лет подряд, то можно сделать вывод, что принятое расстояние между регулирующими каналами велико и необходимо устроить дополнительные каналы, либо принимать другие меры, облегчающие поступление избыточных вод в осушительную сеть (например, агромелиоративные мероприятия).

При проверке смотровых и наблюдательных колодцев выясняют, в каком они состоянии. В случае засоре-

ния или заиления их немедленно очищают. Действие фильтров-поглотителей (шлюкеров) считается нормальным, когда на их поверхности не наблюдается застоя воды в то время, когда остальная площадь уже обсохла.

Нагорные каналы, предназначенные для перехвата поступающих с водосбора поверхностных вод, считаются действующими нормально, если кавальер отсыпан на низовую сторону, и если во время половодий и паводков притекающая к ним внешняя вода не переливается на осушаемую территорию. При осмотре этих каналов следует обращать внимание на исправность внешнего откоса, который нередко размывается при поступлении в канал воды.

Действие ловчих каналов удовлетворительно, если уровень грунтовых вод ниже канала стоит на заданной глубине, а в самом канале вода движется примерно с постоянной скоростью. Когда уровень грунтовых вод превышает намеченный, а в канале нет препятствий для его нормальной работы, необходимо либо углубить ловчий канал, либо принять другие меры, обеспечивающие снижение уровня грунтовых вод на должную глубину.

При осмотре сооружений следят за тем, чтобы не были повреждены отдельные части их, не было подмывов и обвалов, а работа движущихся элементов и подъемных устройств или механизмов была нормальной. В местах сопряжения сооружения с грунтом не должно быть свободных проходов для воды и пазух, в которых могла бы скапливаться вода.

Чтобы обеспечить устойчивость защитных валов, нельзя допускать ослабления их поперечного сечения. Ни в коем случае нельзя производить раскопки тела валов, закладывать вблизи них в неустановленных местах карьеры для добычи песка или глины, корчевать растущие на валах деревья или кустарники, разбирать крепления и т. п.

При осмотре защитных валов нужно особое внимание обращать на выявление кротоpoин и ходов других землероев, а также всевозможных трещин (морозобойных, осадочных и пр.), помня, что наибольшую опасность представляют трещины, идущие поперек вала.

Для затопляемых валов особенно важно сохранить в

ненарушенном состоянии гребень и внутренние откосы валов, а также сопряжения переливных сооружений с телом насыпи.

Все обнаруженные при осмотре нарушения или разрушения тщательно описывают.

Для предупреждения порчи не имеющих твердого покрытия дорог, проходящих на осушаемых землях, езда по ним допускается только в сухое время года. Поэтому после выпадения дождей нельзя допускать проход по дорогам тяжелых машин и тракторов до тех пор, пока не подсохнет проезжая часть дорожного полотна. Для этого на дорогах устраивают шлагбаумы, которые закрывают в случае необходимости. Нельзя также пользоваться неисправными мостами, трубами-переездами и переходами до окончания их ремонта.

Во избежание пожаров в летнее время, особенно при отсутствии дождей, ни в коем случае нельзя разводить на осушенных болотах костры, обжигать растительность, курить и работать на тракторах с неисправными выхлопными трубами. Следует твердо помнить, что на болотах, как и всюду, пожар легче предупредить, чем потушить.

Работы и мероприятия по уходу за осушительными системами осуществляются во время ежедневного осмотра работниками линейной службы (сторожами-ремонтерами) закрепленных за ними участков системы. В случаях, когда объемы работ значительны, в помощь этим работникам выделяются специальные ремонтные бригады, средства механизации и транспорт.

Способы борьбы с зарастанием водоприемников и очистки сети и сооружений от наносов рассмотрены в главе пятнадцатой.

§ 84. КОНТРОЛЬ ЗА ОСВОЕНИЕМ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Наиболее полная оценка действия осушительной системы может быть дана только на основе анализа хозяйственного эффекта, который получается при использовании осушаемых земель. Данные, необходимые для такого анализа, обязаны получать работники службы технической эксплуатации при контроле за ходом освоения и использования осушаемых земель.

Нередко работники службы эксплуатации ограничиваются проверкой выполнения хозяйствами плановых предположений и докладом соответствующим районным или областным организациям о результатах этой проверки.

В действительности же задачами эксплуатационных органов являются: ознакомление с применяемыми в том или другом хозяйстве приемами освоения осушаемых земель и с системой агротехнических мероприятий, анализ влияния этих работ и мероприятий на урожайность, пропаганда лучших приемов обработки и использования осушаемых земель среди всех землепользователей, охватываемых системой.

При таком подходе к контролю данные, необходимые для составления доклада о выполнении отдельными землепользователями годовых и перспективных планов, получаются более полными. На их основе могут быть намечены конкретные меры по улучшению системы и использованию осушаемых земель.

§ 85. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ЗИМОЙ

В зимнее время на осушительной системе проводят мероприятия, обеспечивающие нормальную работу системы и предохраняющие каналы и сооружения от разрушений, а также исправляют возникающие разрушения.

Виды и объемы зимних эксплуатационных мероприятий зависят главным образом от причин заболачивания, источников водного питания осушенной территории и климатических особенностей района ее расположения.

При осушении территорий грунтового или грунтово-напорного питания, заболачивание которых вызвано высоким стоянием уровня грунтовых вод, т. е. территорий, где осушительная сеть должна сбрасывать избыточную воду круглый год, основное внимание эксплуатационного персонала зимой должно быть уделено своевременному сбросу этой воды. Необходимо следить за тем, чтобы в каналах не образовывались ледяные пробки, вовремя расчищать наледи, расчищать устьевые участки открытой сети и устья закрытой сети, очищать отверстия труб-переездов, мостов и т. п.

При эксплуатации осушительных систем, расположенных в районах с часто повторяющимися оттепелями и зимними дождями, нужно поддерживать каналы в таком состоянии, чтобы они могли своевременно отвести талую воду и воду выпавших дождей и тем самым не допустить затопления осушаемой территории и образования на ней ледяной корки при морозах. В этих случаях особое внимание обращают на поддержание в работоспособном состоянии устройств, отводящих воду из замкнутых понижений.

Известно, что образование льда в реках и каналах начинается при расходах и горизонтах воды, более высоких, чем средние зимние; в связи с этим лед в последующем несколько садится. Осадка льда нередко приводит к разрушению креплений откосов. Для предупреждения этих разрушений необходимо окалывать первый лед на участках креплений; лед здесь нужно окалывать также и в случаях зимних подъемов горизонтов воды. Устья закрытых систем также необходимо освобождать зимой от льда.

В районах с глубоким промерзанием грунтов, где заболачивание в большинстве случаев происходит за счет поверхностных вод, следует принимать меры к скорейшему заполнению каналов снегом; это изолирует откосы от прямого воздействия мороза, ослабляет их растрескивание и повышает устойчивость осушительной сети.

Если на осушительных системах имеются валы, предохраняющие территорию от затопления, работники эксплуатации должны своевременно выявлять и немедленно ликвидировать морозобойные трещины. Для этого поврежденное место раскапывают и забивают его вновь талой землей, смешанной с навозом или торфом.

Эксплуатационные мероприятия по гидротехническим сооружениям в зимнее время заключаются в очистке отверстий сооружений, по которым должна проходить вода, в охране их от порчи, разборке и вывозке на незатопляемые места сооружений или их частей, не приспособленных к пропуску весенних полых вод. В случаях резкого подъема уровня воды во время оттепелей или нагона воды из моря (озера) около сооружений нужно окалывать лед.

В зимнее же время срезают кустарник по откосам водоприемников, каналов, валов и струевыправительных сооружений, заготовляют материалы, инструменты и оборудование для весенних и летних ремонтных работ.

§ 86. ПОДГОТОВКА ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ К ПРОПУСКУ ПОЛОВОДИЙ И ПАВОДКОВ

Наиболее серьезные нарушения в работе осушительных систем и большинство аварий происходят обычно во время половодий и паводков. Поэтому одной из серьезных задач органов эксплуатации и является подготовка систем к безаварийному пропуску расходов половодий и паводков.

Подготовка осушительных систем к пропуску вод половодий и паводков заключается в следующем.

Осматривают все сооружения на системе и закрепляют части, которые могут быть снесены или размыты при проходе вешних или паводковых вод. Особое внимание уделяют осмотру валов и водоудерживающих плотин. Все обнаруженные при осмотре трещины и ходы землероев расчищают и тщательно затрамбовывают землей, перемешанной с навозом или хорошо разложившимся торфом. Таким же образом заполняют все пазухи, образовавшиеся в местах сопряжения гидротехнических сооружений и переездов с насыпями или стенками котлованов.

Все сооружения или части их, подлежающие разборке, разбирают и вывозят в незатопляемые пункты или же крепят на месте укладки.

Тщательно очищают от снега и мусора отверстия шлюзов-регуляторов, мостов, труб-переездов и прочих водопропускных сооружений и открывают затворы на всех имеющихся водоподпорных сооружениях, которые не предназначены для задержания вод паводков и половодий.

На реках и крупных каналах перед весенним подъемом воды окалывают лед у свай мостов, боковых стенок и оголовков регуляторов, оголовков выправительных сооружений, вдоль креплений и защитных валов для предохранения их от нарушений при подъеме льда и т. п. Около сооружений и защитных валов лед окалывают лишь в случаях, когда мощность льда превы-

шает 0,30—0,35 *м*, так как практически установлено, что при меньшей толщине повреждений сооружений от подъема льда не происходит.

Все установленные перед сооружениями ледорезы осматривают и в случаях надобности заблаговременно ремонтируют.

На закрытых осушительных системах очищают от льда и снега устья, проверяют подвижность клапанов и разрыхляют верхний слой фильтров-поглотителей.

Если в осушительную систему входит водохранилище или какой-либо водоем, или понижение, предназначенные для регулирования стока, то перед проходом половодья или паводка в соответствии с установленным режимным графиком уровень воды в них срабатывается для создания необходимой емкости регулирования.

Для предохранения русел отрегулированных водоприемников и крупных магистральных каналов от размыва во время паводков, когда скорости воды могут превышать допустимые по условию неразмываемости грунтов, для увеличения коэффициента шероховатости русел сажают кустарники на откосах или устанавливают временные заграждения из ветвей деревьев.

Нередко во время половодий и летних паводков река начинает размывать пойму, образуя промоины и протоки, или отлагать на пойме песок. Для предупреждения таких размывов рекомендуется поперек опасных направлений тока полых вод высаживать защитные полосы из быстрорастущих древесных пород. Наиболее пригодны здесь тополи, вербы и тальники. Для предохранения поймы от занесения песком следует высаживать защитные полосы из кустарника в непосредственной близости от места выноса песка. Вынос песка чаще всего наблюдается при повороте речной долины и в месте перехода узкой долины в расширенную (рис. 77).

Для срочной ликвидации аварий в системном управлении должен быть забронирован запас материалов, необходимых для проведения аварийных работ. При большой протяженности системы, а также при затоплении во время половодий и паводков дорожной сети запас этих материалов должен быть создан заблаговременно в наиболее опасных в отношении размыва или

разрушения частях системы. В эти же пункты до начала половодья завозят также и необходимые строительные механизмы, оборудование и инструменты.

Во время прохода высоких вод во всех этих местах организуется круглосуточное дежурство для немедленного ремонта всех возникающих разрушений.

Примерное количество материалов и строительного оборудования, необходимых, по мнению инж. Г. М. Ефимова, для проведения аварийных работ, приводится в таблицах 56 и 57.

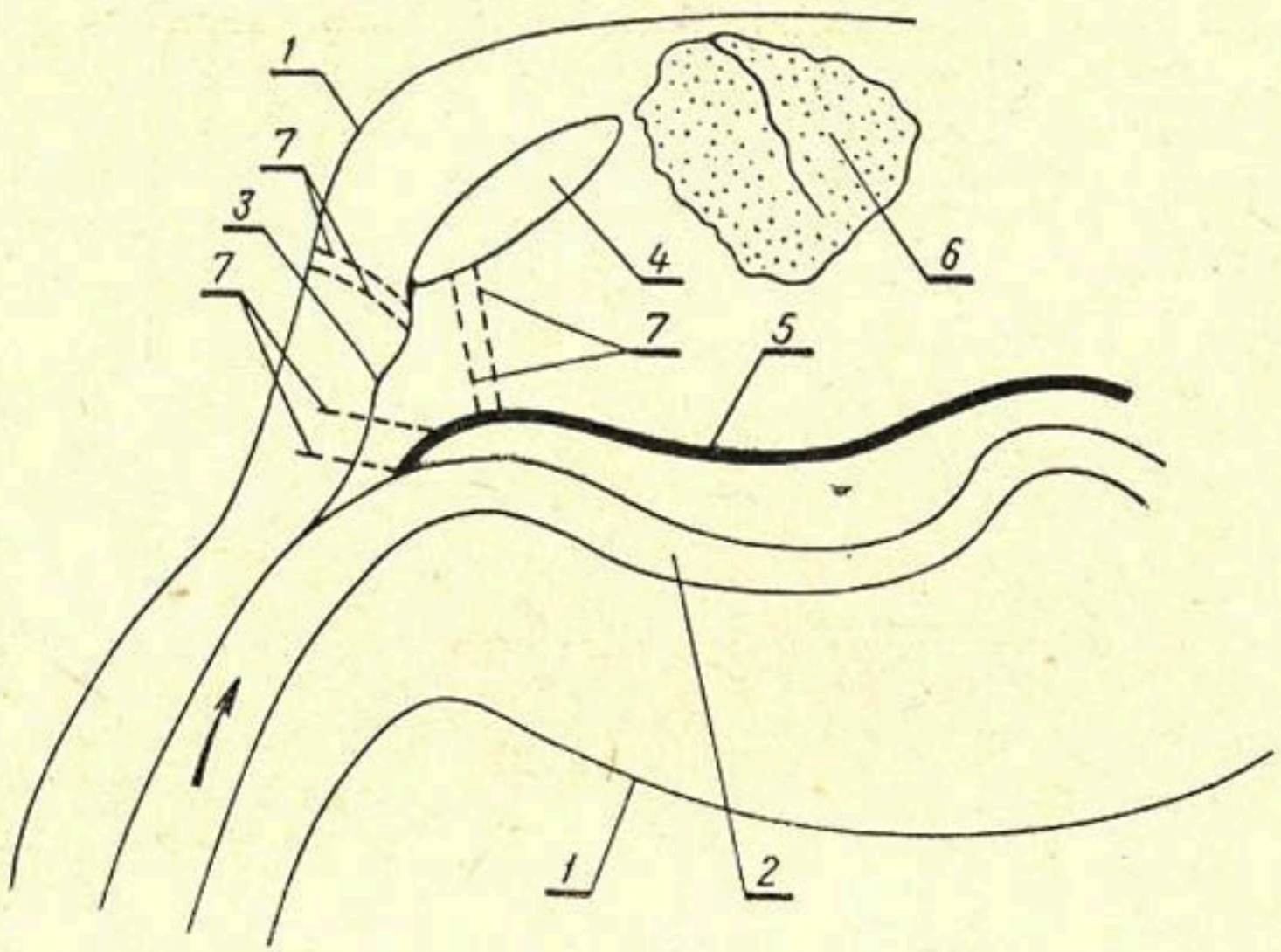


Рис. 77. Размыв и заиление поймы р. Оки (Московская область):

1 — уступ пойменной террасы; *2* — русло р. Оки; *3* — промоина; *4* — пойменное озеро; *5* — прирусловой вал; *6* — отложение песка; *7* — защитные насаждения.

По окончании половодья и прохода паводка восстанавливают все разобранные сооружения, разбирают временные ограждения, осматривают систему, определяют места, где необходимы очистка и ремонт, и составляют календарный план работы по уходу за системой. Особое внимание при осмотре уделяют участкам со слабыми и легкоразмываемыми грунтами, креплениям и устьевым участкам каналов.

Таблица 56

Основные строительные материалы, необходимые для аварийных работ

Наименование	Единица измерения	Количество	Наименование	Единица измерения	Количество
Цемент	*кг*	*	Мешки	*шт*	100—150
Элементы сборных железобетонных сооружений	*шт*	**	Пакля	*кг*	20
			Гудрон	»	50
			Бревна	*м³*	3
Гравий	*м³*	2,5—3,0	Доски	»	2
Песок	»	3,0—3,5	Брусчатые шпунтины	»	5
Камень	»	1,5—2,0	Жерди	»	2,0—2,5
Проволока *d* 3—5 *мм*	*кг*	100	Колья	»	2,0—2,5
			Хворост	»	5,0
Гвозди разные (крупные)	»	20	Прессованная солома	»	3,0—3,5
Металлические скобы	»	15			

* 5% от количества цемента, затраченного на строительство сооружений, но не менее 50 *кг*.

** Не менее чем по 1 *шт* каждого типоразмера, примененного в сооружении.

Таблица 57

Главнейшее оборудование и основные строительные механизмы, необходимые для аварийных работ

Наименование	Количество	Наименование	Количество
Экскаватор с ковшом емкостью 0,25—0,5 *м³*	1	Кирко-мотыги	3
		Ломы	3
Бульдозер на тракторе С-80 или ДТ-54	1	Топоры	5
		Поперечные пилы	2
Компрессор производительностью 5—5,5 *м³/мин* сжатого воздуха	1	Кувалды	2—3
		Металлические вилы	2
		Грабли	2
Комплект трамбовок и отбойных молотков	1	Носилки	5
		Колесные тачки	5
Передвижной горн с комплектом кузнечных инструментов	1	Ручные трамбовки	5
		Багры	4
		Точило	1
Баллон с ацетиленом	1	Огнетушители	2
Сварочный аппарат	1	Прожекторные светильники	2—3
Лопаты железные штыковые	20—25	Аккумуляторные фонари	3—5
Лопаты совковые	10—15	Брезентовые рукавицы	30

§ 87. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВЫПРАВЛЕННЫХ РЕК-ВОДОПРИЕМНИКОВ И КРУПНЫХ КАНАЛОВ, ПО КОТОРЫМ ПРОИЗВОДЯТСЯ МЕЛКОТОННАЖНОЕ СУДОХОДСТВО И СПЛАВ ЛЕСА

При проходе по водоприемникам и крупным каналам мелкотоннажных самоходных судов наблюдается размыв откосов волнами, возникающими при работе двигателей, и загрязнение водотока сбрасываемыми отработанными маслами, охлаждающей водой, а также проливаемым при заправке топливом. Последнее особенно сильно сказывается в местах стоянки судов. При движении по рекам и каналам буксирных судов или при спуске буксирных барж по течению происходит разрушение откосов русел от ударов их судами и размыв русел от сужения сечения в случаях остановки судов в местах, не приспособленных для этих целей.

При сплаве леса русло засоряется топляками, опадающей корой и другими остатками древесины, откосы разбиваются при вязке плотов и выгрузке древесины, а также от ударов плотами при их движении.

Для предохранения русел рек и каналов от разрушения волнами откосы засевают травой или дернуют. В местах остановки судов устраивают либо специальные затоны, либо углубляют русло с таким расчетом, чтобы скорость в створе стоянки судна при учете сжатия поперечного сечения была бы не больше допускаемой на размыв. Ни в коем случае нельзя допускать, чтобы отработанная вода и отработанные масла сбрасывались в реку.

Ежегодно после окончания сплава русло реки (канала) протраливают и все выпавшие на дно бревна извлекают. Откосы для предохранения от разрушений и в этих случаях задерновывают. Для сброса древесины на воду и для выгрузки ее из воды устраивают искусственные бассейны, примыкающие к руслу и соединяющиеся с ним специальным каналом.

Если на реке есть шлюзы-регуляторы, длительность сплавного периода и грузоподъемность плотов и судов могут быть значительно увеличены. В этих случаях план закрытия и открытия шлюзов составляется с учетом нужд сельского хозяйства, водного транспорта и лесосплава.

§ 88. ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И БОРЬБА С ПОЖАРАМИ

Пожары на осушенных болотах — страшный бич. Можно привести много примеров, когда из-за пожара не только погибал урожай, но и приходилось выбрасывать из хозяйственного использования значительные территории осушенных болот, превратившихся в водоемы большей или меньшей глубины. Немало также примеров, когда в результате пожаров выгорали осушительные каналы протяженностью в несколько километров. Нередки случаи, когда потушенный на поверхности болота пожар продолжается под землей. Благодаря высоким температурам и слабому доступу воздуха в глубинных слоях болота происходит газификация торфа, которая не прекращается даже при наличии воды. Такие пожары могут продолжаться годами и являются часто причиной несчастных случаев с людьми и животными.

Пожары на болотах возникают главным образом из-за неаккуратного обращения с огнем. Основные причины возникновения пожаров на осушенных болотах следующие: костры, проводимый без должного надзора обжиг поверхности болота для уничтожения кочек, сорняков, остатков прошлогодней растительности на пастбищах; искры, вылетающие из неисправных выхлопных труб тракторов и автомобилей, паровозов, пароходов, локомобилей и др.; обжиг сухой травы вокруг стогов сена; палы (поджоги сухой травы), производимые охотниками при загонной охоте, а также неосторожное обращение с огнем (бросание горящих окурков, спичек и т. п.).

Учитывая, что пожары легче предупредить, чем тушить, необходимо принимать все меры к тому, чтобы ликвидировать опасность их возникновения. В тех случаях, когда по осушенному болоту проходит железная дорога или осушенное болото примыкает к судоходной реке, вдоль дороги или реки сажают густую защитную полосу из ширококронных деревьев и кустарников. Ширина такой полосы в зависимости от интенсивности движения принимается 15—25 *м*. Все стационарные паровые двигатели оборудуют искротушителями, а вокруг них также создают защитные лесные полосы шириной 10—15 *м*.

Обжиг поверхности болота следует проводить только ранней весной, когда подлежащие уничтожению трава и кочки подсохнут, а торф еще насыщен водой. Применение этих предупредительных мер значительно сокращает опасность возникновения пожаров. Однако каждое управление по эксплуатации осушительной системы должно быть оснащено оборудованием, позволяющим вести активную борьбу с возникшими пожарами.

Наиболее рациональны при тушении пожаров на болотах химические средства борьбы, с успехом применяемые уже более 20 лет в лесном хозяйстве. Для тушения пожаров можно применять водные растворы хлористого магния ($MgCl_2$), хлористого кальция ($CaCl_2$), сульфата аммония [$(NH_4)_2SO_4$], фосфорной кислоты [H_3PO_4], фосфата диаммония [$(NH_4)_2HPO_4$], хлористого цинка [$ZnCl_2$] и др.

Характеристика главнейших огнегасящих химикатов приведена в таблице 58.

Гашение огня растворами происходит в основном за счет повышенного поглощения тепла на плавление и разложение растворенного в воде химиката. Сульфат аммония и аммонийные соли фосфорной кислоты, кроме того, выделяют при своем разложении аммиак, который снижает концентрацию кислорода воздуха.

Пожары тушат разбрызгиванием растворов опрыскивателями.

Раствор для заполнения опрыскивателей подвозится грузовой машиной или автоцистерной. Количество раствора, необходимое для тушения пожаров на болоте, зависит от того, насколько распространился огонь, и колеблется от 0,5 до 2 *л* на 1 $м^2$ площади горения. Для предотвращения распространения огня все очаги пожара ограждаются канавами или бороздами, пропахиваемыми канавокопателем или плугом.

При тушении пожаров химикатами рабочие должны тщательно защищать глаза от попадания в них частиц химикатов или капель растворов.

При отсутствии химикатов или невозможности быстро доставить их к месту пожара, а также в случаях, когда огонь распространился на значительную глубину и использовать химикаты нецелесообразно, применяют другие способы тушения пожаров, зависящие главным образом от величины площади, охваченной огнем.

Таблица 58

Главнейшие огнегасящие химикаты

Наименование химиката	Содержание основного вещества продукта в %	Растворимость в 1 *л* воды	Внешний вид	Тара	Опасность для работающих
Магний хлористый технический	45	0,5 *кг*	Монолит	Железный барабан весом 300 *кг*	—
Кальций хлористый технический (обезвоженный)	83—88	—	Серые пористые куски	Железный барабан весом 100 *кг*	—
Кальций хлористый технический (плавленый)	67	—	Монолит	Железный барабан весом 160 и 180 *кг*	—
Кальций хлористый технический (жидкий)	29	До 0,6 *кг*	Жидкость	Стеклянные бутыли, железные бочки	—
Сульфат аммония технический	99	До 0,7 *кг*	Кристаллический белый порошок	Деревянные ящики, бочки, мешки	—
Керосиновый контакт (отход при очистке нефтепродуктов) . .	—	—	Темно-коричневая жидкость	Железные бочки емкостью 50—100 *л*	—
Фосфорная кислота	70	До 3 *кг*	Желтая жидкость	Стеклянные бутыли емкостью 25—30 *л*	Невзрывоопасна, неядовита. Прожигает кожу и одежду. Опасна при попадании в глаза

Продолжение

Наименование химиката	Содержание основного вещества продукта в %	Растворимость в 1 *л* воды	Внешний вид	Тара	Опасность для работающих
Диаммоний фосфат	73	До 6 *кг*	Белый кристаллический порошок	Фанерные барабаны Бумажные мешки	Невзрывоопасен, неядовит. Одежду не разъедает. Раздражает слизистую оболочку глаз
Аммофос—смесь диаммония и моноаммония фосфатов . . .	70	До 0,3 *кг*	Серый кристаллический порошок	Навалом	То же
Хлористый цинк	41	До 2 *кг*	Монолит	Железные барабаны весом 50 *кг*	Невзрывоопасен. Раздражает кожу, разъедает одежду Особенно опасен при попадании в глаза
Пенообразователь ПО-1—смесь 3 весовых частей 50-процентного водного раствора керосинового контакта, 5 весовых частей 28-процентного водного раствора клея и 1 весовой части спирта-сырца	—		Темно-коричневая маслянистая жидкость		

При пожаре на небольшой площади (до 10—15 $м^2$) очаги горения заливают водой пожарными насосами из автоцистерн или вручную. Для этого можно применять тракторные опрыскиватели и автожижеразбрасыватели.

При значительной площади, охваченной пожаром, для предупреждения распространения огня вокруг горящего участка пропахивают полосу шириной 1,5—2 *м* и роют канавокопателем, экскаватором или вручную канал, который заполняют водой. Одновременно с этим огонь заливают мотопомпами, пожарными насосами или тракторными опрыскивателями.

Оградительному каналу придают глубину в зависимости от того, насколько глубоко охвачен огнем торфяник и достаточно ли воды. Если огнем охвачен сравнительно небольшой слой торфа (порядка 30—40 *см*), то канал роют глубже этого слоя на 25—30 *см,* чтобы просочившаяся из канала вода не дала огню углубиться. В случаях, когда огнем охвачен значительный слой торфяника, оградительный канал устраивают глубиной до минерального дна болота или до первой минеральной прослойки, что предупреждает распространение огня по торфяной залежи.

При возникновении в пределах болота лесного пожара очаг горения окружают опаханной полосой и канавой. Если горит лес вблизи болота, то для предохранения болота от пожара с подветренной стороны по границе нулевой залежи торфа роют канаву глубиной 0,7—0,8 *м* и шириной по верху 1—1,5 *м* и организуют круглосуточное дежурство для немедленного тушения на болоте всех очагов пожара, которые могут возникнуть от переносимых ветром искр.

Во всех случаях при осушении крупных болотных массивов необходимо предусматривать устройство противопожарных водоемов или водоподпорных сооружений на больших каналах, а при благоприятных условиях рельефа следует прокладывать вспомогательные каналы с расчетом затопления из них во время пожаров осушенных болот.

§ 89. ПРОТИВОМАЛЯРИЙНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Небольшие скорости движения воды в осушительных каналах, а также образование в пересыхающих каналах и дорожных кюветах из-за неровностей дна мелких

луж-бочажков создают благоприятные условия для развития на осушительных системах личинок малярийного комара и других кровососущих насекомых. В связи с этим одной из задач технической эксплуатации осушительных систем является проведение мероприятий по борьбе с развитием личинок этих насекомых.

Наиболее радикальным способом борьбы с личинками кровососущих насекомых, нуждающихся для своего развития в спокойном водном пространстве, является создание в каналах или водотоках скоростей течения воды не менее 0,3—0,5 *м/сек*. Так как в осушительных каналах обеспечить такие скорости течения воды можно только в редких случаях, основной способ борьбы с личинками комаров и других насекомых на осушительных системах заключается в том, чтобы не допускать скопления воды в пониженных участках дна пересыхающих каналов и дорожных кюветов. Для этого целесообразно периодически, раз в 6—10 дней, прометать каналы обыкновенными березовыми метлами. При этом вода из понижений прогоняется по всему каналу, а личинки насекомых обсыхают и гибнут.

Непересыхающие каналы следует опылять ДДТ или заливать нефтью в сроки, указанные санитарным и ветеринарным надзором.

§ 90. БЕРЕГОВАЯ ОБСТАНОВКА

Для облегчения и упрощения работ, проводимых службой технической эксплуатации, осушительные системы оборудуются береговой обстановкой, которая состоит из реперов, береговых и предупредительных знаков.

На осушительных системах устанавливают реперы двух назначений:

а) геодезические, для обеспечения необходимых геодезических привязок;

б) конструктивные, обеспечивающие закрепление конструктивных размеров каналов, защитных валов и других выемок и насыпей.

Геодезические реперы устанавливают вдоль отрегулированных водоприемников, магистральных и других каналов, а также вдоль дорог с расчетом, чтобы при проведении ремонта длина привязок не превышала

1—2 *км*. При определении потребного количества реперов учитывают реперы, установленные при изысканиях. При расстановке реперов через 5—10 *км* устанавливают постоянные реперы, а между ними — временные, которые совмещаются с береговыми километровыми столбами.

Эксплуатационные постоянные реперы делаются наземными, а вблизи всех потайных реперов, установленных при проведении изысканий, устанавливают наземные реперы временного типа.

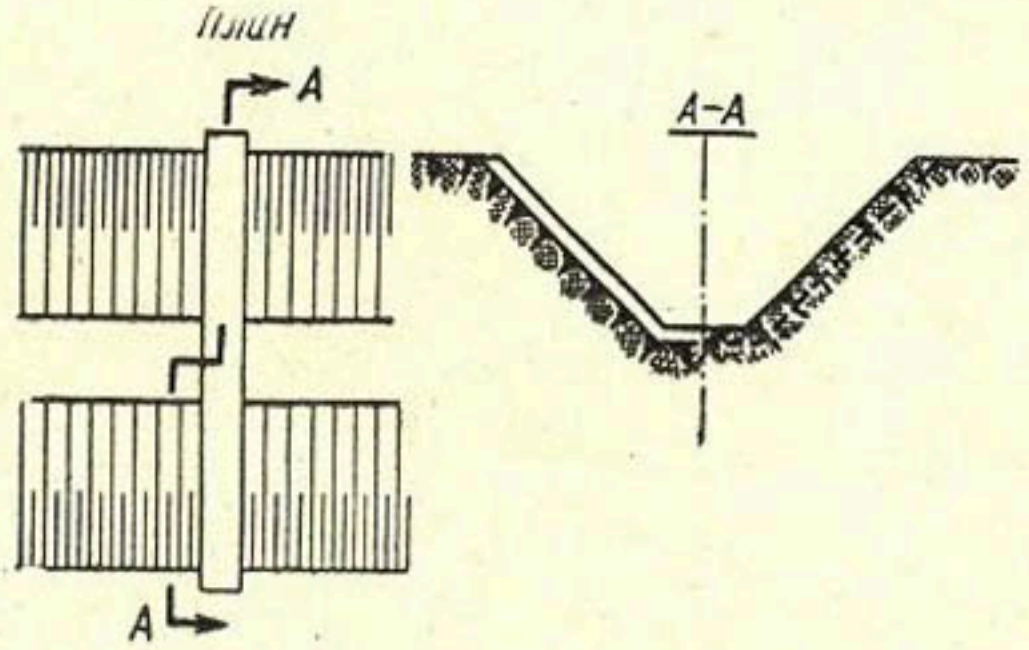


Рис. 78. Конструктивный репер.

Конструктивные реперы имеют форму канала или насыпи и устанавливаются заподлицо с откосами и дном сооружения (рис. 78) с таким расчетом, чтобы при последующих ремонтах можно было бы обойтись без нивелировок и разбивок. Делают эти реперы из каменной кладки на цементном растворе или сборными из железобетонных элементов. В торфяных грунтах применяют дерево. Конструктивные реперы устанавливают на расстоянии 100—200 *м* друг от друга.

Основное назначение береговых знаков — облегчить работникам эксплуатационной службы ориентировку. Береговые знаки устанавливаются у устьев всех открытых и закрытых каналов, у спрямлений выправленных рек-водоприемников и у всех сооружений.

На устьевых знаках надписывается номер канала или спрямления, на знаках у сооружений — номер канала и номер сооружения по паспортному каталогу. Кроме этих номерных знаков, вдоль выправленных водоприемников, каналов длиной от 1 *км* и более и основных

дорог устанавливают километровые столбы и через каждые 100—200 *м* пикетные знаки. На закруглениях помимо пикетов отмечаются плюсовыми точками начальные и конечные створы кривых. На километровых знаках надписывают номер канала и километр от устья канала; на пикетных знаках выписывают номер канала и порядковый номер пикета от ближайшего километрового столба. На пересечениях дорог устанавливают знаки с указанием конечных пунктов, соединяемых дорогой, и расстояний до них.

Береговые знаки чаще всего изготовляют из круглого леса (рис. 79), предварительно хорошо просмоленного или пропитанного антисептиками. Однако знаки из дерева быстро гниют и их приходится заменять новыми. Целесообразней применять в качестве знаков железобетонные столбы, изготовленные централизованным способом (рис. 80), или металлические трубы, заливаемые внутри смесью цемента с песком в отношении 1 : 3 или 1 : 4.

Все надписи на береговых знаках следует делать несмываемой краской. Номера сооружений лучше писать, если позволяет конструкция, непосредственно на самом сооружении — на перилах моста, на стойке регулятора и т. п.

Наиболее рационально все надписи и номерные знаки заготавливать заранее на пластинках из пластмассы или получать специально заказанные эмалированные знаки, которые затем прикреплять к соответствующим столбам.

Цель предупредительных знаков — запретить или ограничить пользование каким-либо каналом или сооружением (например, предельная нагрузка на мост) или, наоборот, указать место, где можно использовать канал для определенных целей (например, для водопоя или ночной остановки плотов, для купания и т. п.), указать на необходимость бережного обращения с каналами и сооружениями. Знаки последнего типа устанавливают при пересечении каналов дорогами, вблизи населенных пунктов, полевых станов, пастбищ и в других часто посещаемых местах.

Береговые знаки и реперы устанавливают таким образом, чтобы они не затрудняли хозяйственное пользование осушаемой территории.

Нумерация знаков начинается от устья (замыкающего створа) водоприемника или канала, причем во избе-

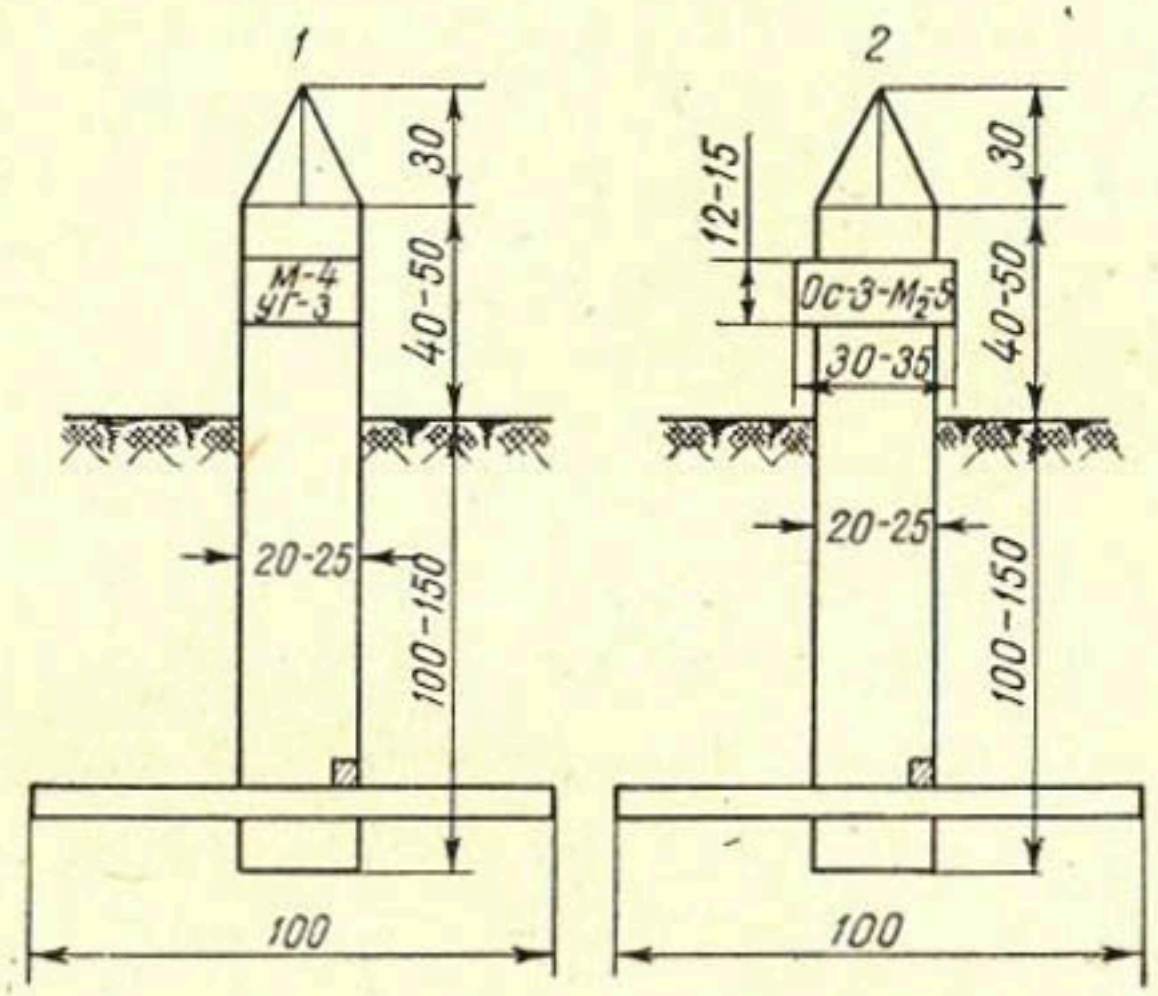


Рис. 79. Деревянные береговые знаки:
1 — угловой; *2* — номерной; *3* — километровый; *4* — пикетный (размеры даны в *см*).

жание путаницы при нумерации каналов рекомендуется исходить из следующих положений.

Водоприемники не нумеруются. На всех береговых знаках, относящихся к водоприемнику, номер состоит из

первой буквы названия водоприемника и порядкового номера данного знака. Так, например, надпись на километровом столбе М-30 означает, что этот столб установлен в 30 *км* от устья реки, название которой начинается с буквы М.

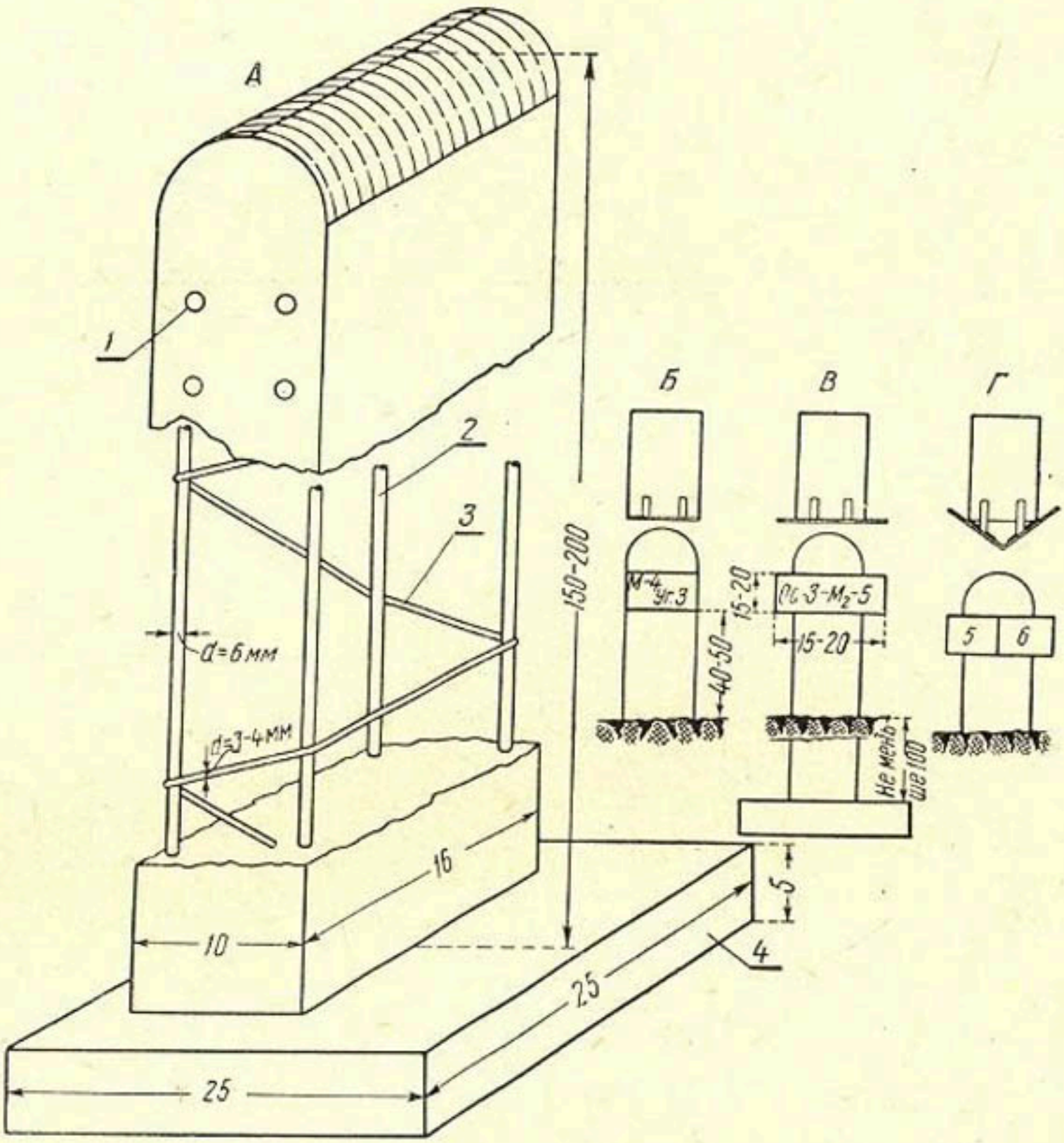


Рис. 80. Железобетонные береговые знаки:
А — конструкция железобетонного знака; *Б* — угловой; *В* — номерной; *Г* — километровый. *1* — отверстия для укрепления таблицы с надписью; *2*, *3* — арматура; *4* — железобетонная плита.

Все каналы, впадающие справа по течению, нумеруются четными цифрами, а слева — нечетными; на первом месте выписывается назначение канала, на втором — номер его, на третьем — назначение принимающего канала и на последнем — номер принимающего канала.

Назначение каналов осушительной сети обозначается следующим образом: магистраль первого порядка — $М_1$, магистраль второго и последующего порядков — $М_2$, $М_3$ и т. д.; коллектор (открытый или закрытый) — Кл, собиратель, осушитель — Ос, ловчий канал — Лч, нагорный канал — Нг, тальвеговый канал — Тг.

Например, номер $М_1$-3-Н обозначает магистральный канал первого порядка, впадающий вторым от устья слева в реку, название которой начинается с буквы Н, а номер Ос-3-$М_2$-5 обозначает осушитель или собиратель, второй от устья, впадающий с левой стороны в магистраль второго порядка № 5.

Следует иметь в виду, что при использовании в качестве магистрали первого порядка реки или ручья, имеющих местное название, во всех документах (план, профили и т. д.), кроме номера установленного образца, сохраняется в скобках и местное название.

§ 91. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ГИДРОМЕТРИЯ

В задачу гидрометрических работ, выполняемых при эксплуатации осушительных систем, входит:

а) замер уровней воды в реках, каналах и озерах и измерение расходов рек и каналов;

б) замер уровней грунтовых вод и определение их дебита;

в) замер послойной влажности почвенного слоя;

г) проведение снегомерной съемки;

д) наблюдения на метеорологической станции при наличии специальной станции — на системе;

е) определение происходящих под влиянием осушения изменений в водно-физических свойствах корнеобитаемого слоя;

ж) обработка и обобщение полученных материалов.

Гидрометрические работы дают возможность корректировать годовые планы регулирования водного режима корнеобитаемого слоя почвы, а также получать данные, необходимые для оценки правильности норм, принимаемых при расчете осушительных систем.

Для измерения уровней и расходов поверхностных вод на реках-водоприемниках, каналах и озерах устанавливают водомерные посты, а для измерения уровней грунтовых вод устраивают наблюдательные колодцы.

Эксплуатационные водомерные посты в зависимости от состава проводимых на них наблюдений подразделяются на две группы:

основные, где ведут наблюдения за уровнями воды, измеряют скорости и расходы воды и наносов в каналах и реках, а также определяют коэффициенты шероховатости и уклоны;

вспомогательные, где ведут наблюдения только за уровнями воды и изменением уклонов ее поверхности.

Основные посты закладывают на реках-водоприемниках, магистральных каналах первого порядка и на нагорных и ловчих каналах длиной более 3—5 *км*.

Вспомогательные посты, как правило, устанавливают выше и ниже всех водоподпорных сооружений на водоприемниках, магистральных и других каналах, на подводящих каналах насосных станций; в местах пересечения каналов створами наблюдательных колодцев, на всех озерах и водохранилищах, используемых для регулирования стока или для подачи воды на орошение осушаемых земель, а также на всех озерах, пересекаемых осушительными каналами. Кроме того, вспомогательные водомерные посты устанавливают между основными постами в случаях, когда необходимо более подробно изучить ход уровней на отдельных участках водоприемника или канала.

При расстановке основных водомерных постов руководствуются следующими положениями.

Для определения расходов и величины стока воды, сбрасываемой осушительной системой или частью системы, основные посты устанавливают в замыкающем створе водоприемника и в устьях магистральных и нагорных каналов. При выборе места для замыкающих постов главным требованием является удобство измерения максимальных весенних расходов. Основные водомерные посты устанавливают также через 10—20 *км* на всем протяжении осушаемой территории, примыкающей к водоприемнику. Если водоприемник выправляется на большем протяжении, то замыкающий пост устанавливают при выходе водоприемника из границ осушаемой площади, а ниже (до конца выправленного участка) через каждые 10—15 *км* устанавливают вспомогательные посты (рис. 81).

На магистральных и нагорных каналах основные водомерные посты устанавливают через 5—10 *км*. Во всех случаях следует стремиться к тому, чтобы на каждом водоприемнике и канале было не меньше двух постов, не считая поста в замыкающем створе (устье канала).

При закладке водомерных постов учитывают действующие на водотоках и водоемах опорные посты Гидрометслужбы и посты различных ведомств.

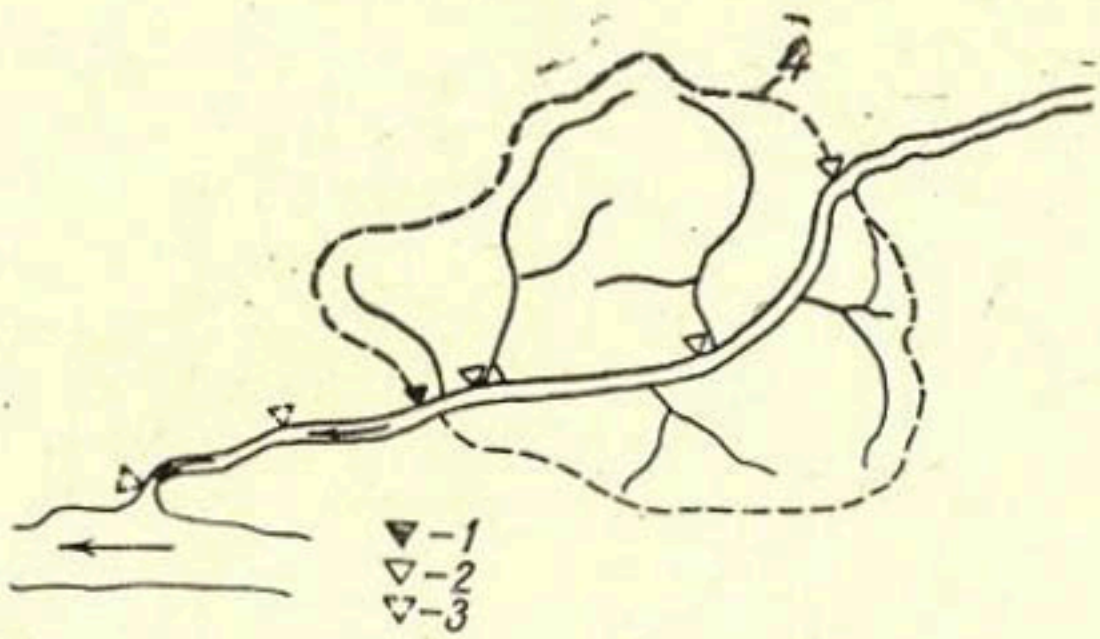


Рис. 81. Схема расстановки водомерных постов на выправленном водоприемнике:
1 — основной пост в створе, замыкающем сток с осушаемой территории; *2* — основной пост; *3* — вспомогательный пост; *4* — водораздел осушаемой территории.

Типы водомерных постов, их оборудование, способы устройства, производство наблюдений и измерений уровней и расходов и их обработка описаны в специальных руководствах. Основные посты целесообразно оборудовать приборами-самописцами с длительным заводом.

Колодцы для наблюдения за уровнем грунтовых вод устанавливают по створам, разбиваемым перпендикулярно к направлению регулирующей сети, на таком расстоянии от водоприемника (магистрали), при котором не сказывается его (ее) осушительное действие. Это расстояние может быть определено по формуле:

$$S = k \frac{h_м}{h_р} B, \qquad (93)$$

где S — расстояние створа от водоприемника (магистрального канала) в *м*;

B — расстояние между каналами регулирующей сети в *м*;

$h_м$ — глубина водоприемника или магистрального канала в *м*;

$h_р$ — глубина регулирующей сети в *м*;

k — коэффициент, принимаемый равным 1,2 для слабопроницаемых грунтов и 1,5 — для проницаемых.

Пример. Определить, на каком расстоянии от магистрального канала средней глубиной 1,8 *м* можно заложить створ наблюдательных колодцев, если глубина регулирующей сети 1,2 *м*, расстояние между осушителями 100 *м*, грунты проницаемые.

Подставляя в формулу соответствующие значения, получаем:

$$S = 1{,}5\,\frac{1{,}8}{1{,}2}\,100 = 225\ м.$$

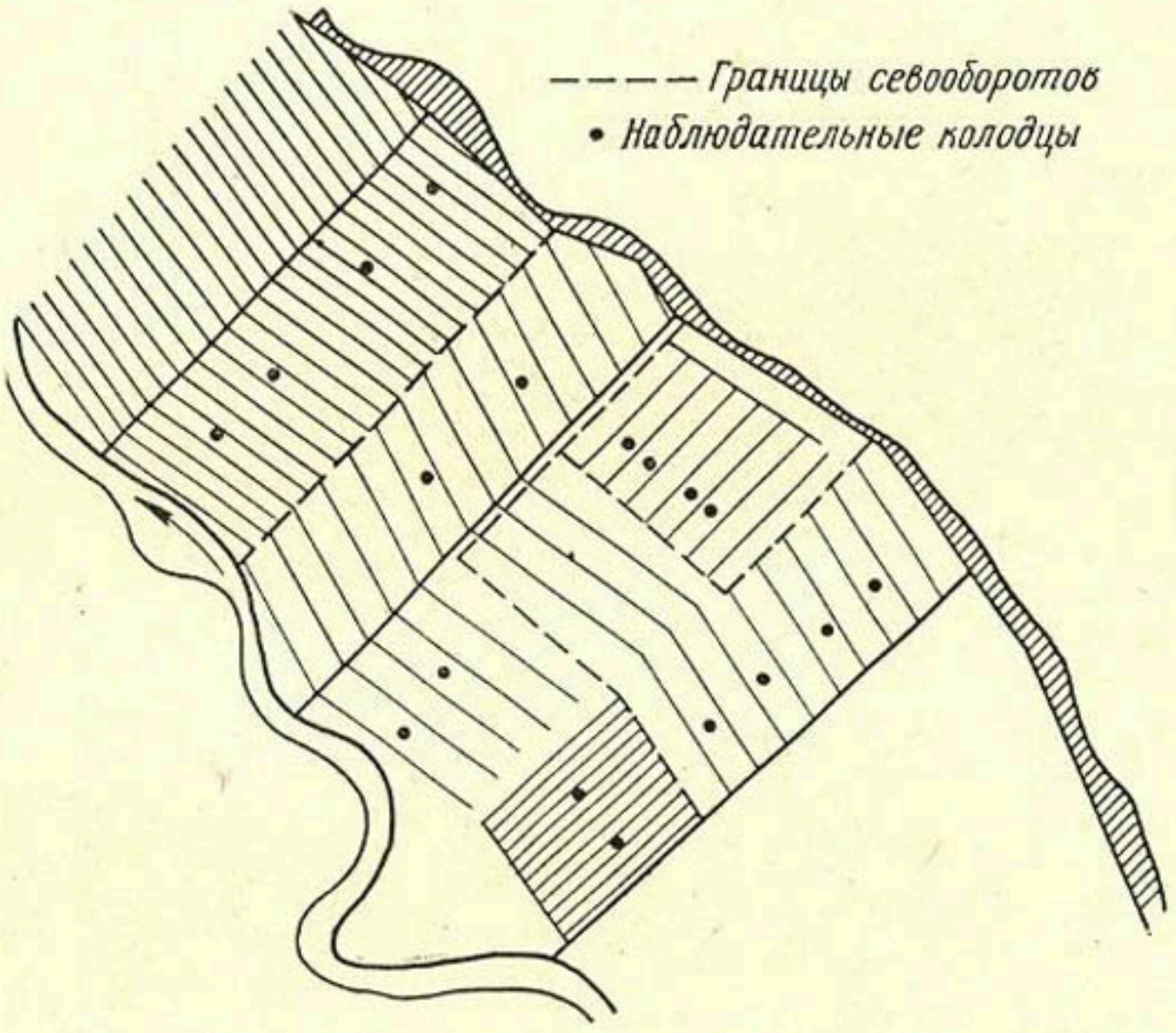


Рис. 82. Схема размещения наблюдательных колодцев.

Створы наблюдательных колодцев намечают с таким расчетом, чтобы между каналами регулирующей сети в каждом поле севооборота было не менее двух наблюдательных колодцев (рис. 82). Колодцы по створам

устанавливают посредине между каналами регулирующей сети.

На крупных осушительных системах для более подробного изучения режима грунтовых вод выбирают наиболее типичную по почвенным условиям и условиям водного питания площадку из 2—3 осушительных карт. На этой площадке по створу в зависимости от расстояния между каналами регулирующей сети устанавливают по 5—7 наблюдательных колодцев на каждой карте. Эти колодцы располагают на таком расстоянии от каналов регулирующей сети (B — расстояние между каналами).

Номера колодцев	Расстояния
При пяти колодцах	
№ 1 и № 5	$\frac{B}{8}$
№ 2 и № 4	$\frac{B}{4}$
№ 3	$\frac{B}{2}$
При семи колодцах	
№ 1 и № 7	$\frac{B}{16}$
№ 2 и № 6	$\frac{B}{8}$
№ 3 и № 5	$\frac{B}{4}$
№ 4	$\frac{B}{2}$

Практика показала, что наиболее удобны и долговечны колодцы из металлических перфорированных труб диаметром 75—100 *мм*, закрываемых сверху крышкой или завинчивающейся пробкой. В песчаных грунтах перфорированную часть трубы обматывают фильтровальной сеткой по проволоке диаметром 1—2 *мм* (рис. 83). Кроме металлических колодцев, применяют

также деревянные колодцы и шурфы с незакрепленными стенками. Последние неудобны, так как требуют частого переустройства. Для предохранения колодцев от замерзания верхнюю часть их обсыпают землей, навозом и т. п.

Глубина закладки наблюдательных колодцев зависит от проницаемости покровных почвогрунтов и причин заболачивания осушенной территории. На осушаемых землях, заболачивание которых вызывается неурегулированностью поверхностного стока, колодцы устраивают глубиной не более 1—1,2 *м*, если эти земли перекрыты с поверхности малопроницаемыми почвогрунтами (коэффициент фильтрации менее 0,5 *м/сутки*).

На осушаемых территориях, заболачивание которых вызвано высоким стоянием грунтовых вод, а также перекрытых с поверхности проницаемыми почвогрунтами, глубина колодцев принимается на 0,5—1 *м* больше глубины каналов регулирующей сети.

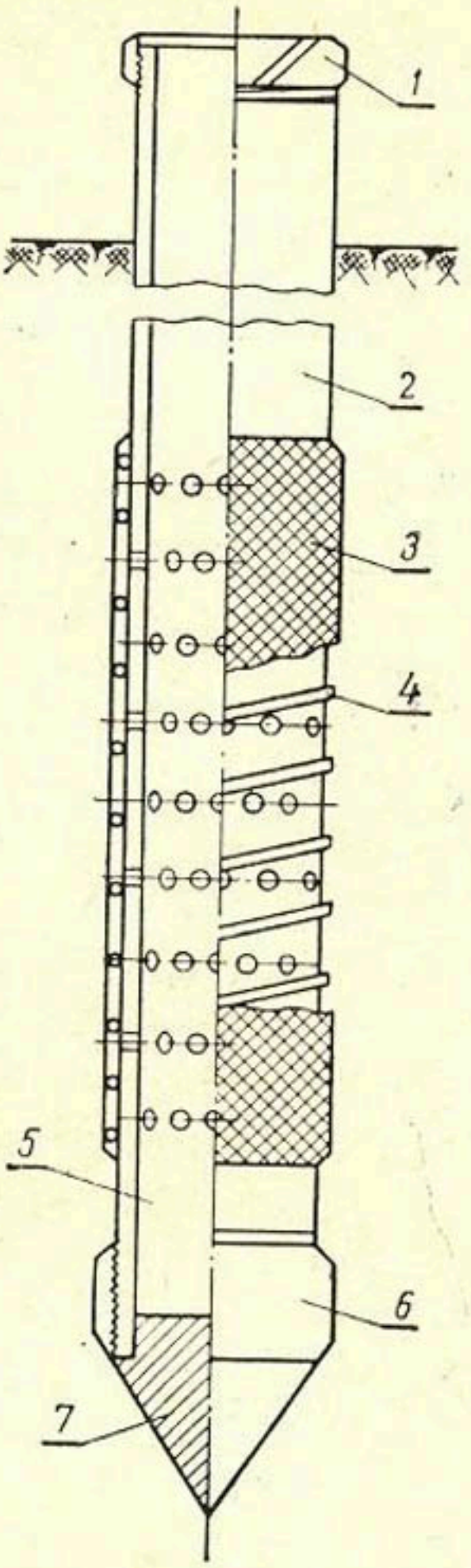


Рис. 83. Наблюдательный колодец из металлической трубы:

1 — крышка; *2* — перфорированная труба; *3* — фильтровальная сетка; *4* — обмотка из проволоки; *5* — отстойник; *6* — муфта; *7* — деревянная пробка.

Для изучения режима подстилающего водоносного слоя рядом с мелкими наблюдательными колодцами закладывают режимные скважины, перерезывающие весь водоносный слой. При значительной мощности этого слоя глубину режимных скважин принимают 10—15 *м*, причем одна из этих скважин должна достигать водоупора или иметь глубину не менее 25—30 *м*. Расстояние между режимными скважинами зависит от литологии террито-

рии и характера водоносного горизонта. В среднем это расстояние можно принимать 300—500 *м*.

Наблюдения за горизонтами воды на водомерных постах и в наблюдательных колодцах в разные периоды года ведутся в различные сроки, устанавливаемые в зависимости от местных условий и особенностей осушительной системы.

Уровни воды на основных постах измеряют в следующие сроки: по рекам-водоприемникам, магистралям и нагорным каналам — в период весеннего половодья и летне-осенних паводков не менее 3—4 раз в сутки, в непаводковые периоды с открытым руслом — один раз в сутки и зимой (ледовый период) — один раз в пятидневку; по озерам-водоприемникам — в период весеннего половодья и летне-осенних паводков один раз в сутки, в остальное время года — один раз в пятидневку; по насосным станциям — перед пуском насосов и при их остановке; в случаях круглосуточной работы станции — не менее двух раз в сутки; у родников (ключей) — один раз в пятидневку.

На вспомогательных постах, установленных у водоподпорных сооружений, уровни замеряют лишь в период закрытия щитов один раз в сутки.

На дополнительных вспомогательных постах, установленных на водоприемниках или магистральных каналах между основными водомерными постами, уровни измеряют в те же сроки, что и по основным постам.

Уровни воды в наблюдательных колодцах и на вспомогательных постах, установленных при пересечении каналов створами наблюдательных колодцев или режимных скважин, измеряют таким образом: весной ежедневно, за исключением периода, когда территория затоплена вешними водами; летом и осенью — один раз в пятидневку, зимой — один раз в десятидневку. В периоды выпадения продолжительных дождей летом, а также в первые дни после их окончания наблюдения ведутся ежедневно и как исключение через день.

Расходы рек-водоприемников и каналов, а также дебиты выклинивающихся родников и ключей замеряют в различные периоды года с таким расчетом, чтобы можно было вначале построить, а затем проверить зависимость расходов, скоростей и коэффициентов шероховатости от глубины воды.

Уровни воды на водомерных постах и в наблюдательных колодцах замеряют линейные работники эксплуатационной службы (сторожа-ремонтеры); измерения для определения скоростей потока, расходов и коэффициентов шероховатости, а также контроль за измерением горизонтов ведутся техниками-гидрометрами управлений осушительных систем или участков.

Чтобы получать правильные гидрометрические данные, не реже двух раз в год тщательно осматривают все гидрометрические посты и наблюдательные колодцы и проводят контрольную нивелировку на постах реперов, водомерных реек и свай, а по створам наблюдательных колодцев — верха этих колодцев. Во время осмотра постов исправляют и заменяют пришедшие в негодность части и отдельные устройства на постах.

При наблюдениях на постах и в колодцах следят за их исправностью и во всех случаях обнаружения каких-либо нарушений делают соответствующие отметки в журналах наблюдений и проводят необходимый ремонт. Сразу же после ремонта водомерных свай или наблюдательных колодцев их вновь нивелируют.

Изменение уровня воды в наблюдательных колодцах не совпадает с изменением горизонта грунтовых вод в грунтовой толще. В периоды снижения горизонтов грунтовых вод уровень их в наблюдательных колодцах отстает, а в периоды повышения уровней, наоборот, несколько опережает ход уровней в почвенном слое. В связи с этим перед замером предварительно откачивают воду из колодца и замеряют уровень после его восстановления. Поскольку в малопроницаемых, слабо отдающих воду грунтах стабилизация уровня происходит иногда в течение нескольких дней, воду из колодцев, установленных в таких грунтах, следует откачивать за 2—3 дня до замера.

Уровни воды на гидрометрических постах измеряют специальными переносными рейками, а в наблюдательных колодцах — поплавком, прикрепленным к рейке или шнуру.

Для измерения расходов регулирующей сети на системах выбирают участок, типичный по грунтовым условиям и источникам водного питания.

При осушении закрытой сетью расходы измеряют в устьях коллекторов или в смотровых колодцах или в

случае выхода закрытых каналов в открытый коллектор — в устьях этих каналов. Расход измеряется объемным способом, т. е. замером времени заполнения сосуда определенной емкости или специально установленными водомерными счетчиками. При осушении открытой сетью для измерения расхода в нескольких каналах устанавливают водомеры-водосливы.

Послойная влажность почвы определяется методом высушивания образцов или влагомером К. Н. Шишкова, выпускаемым мастерскими ВНИИГиМ.

Влагомер Шишкова, принцип действия которого основан на измерении всасывающей силы почвы, позволяет определять влажность почвы без отбора образцов, что значительно ускоряет и упрощает проведение наблюдений.

Влагомер состоит из следующих основных частей (рис. 84): керамического фильтра, латунной или медной трубки, стеклянного баллона воздухоуловителя и ртутного манометра. Влажность определяют влагомером по специальной тарировочной кривой, составляемой в каждом отдельном случае. Инструкция по работе с влагомером прилагается к прибору.

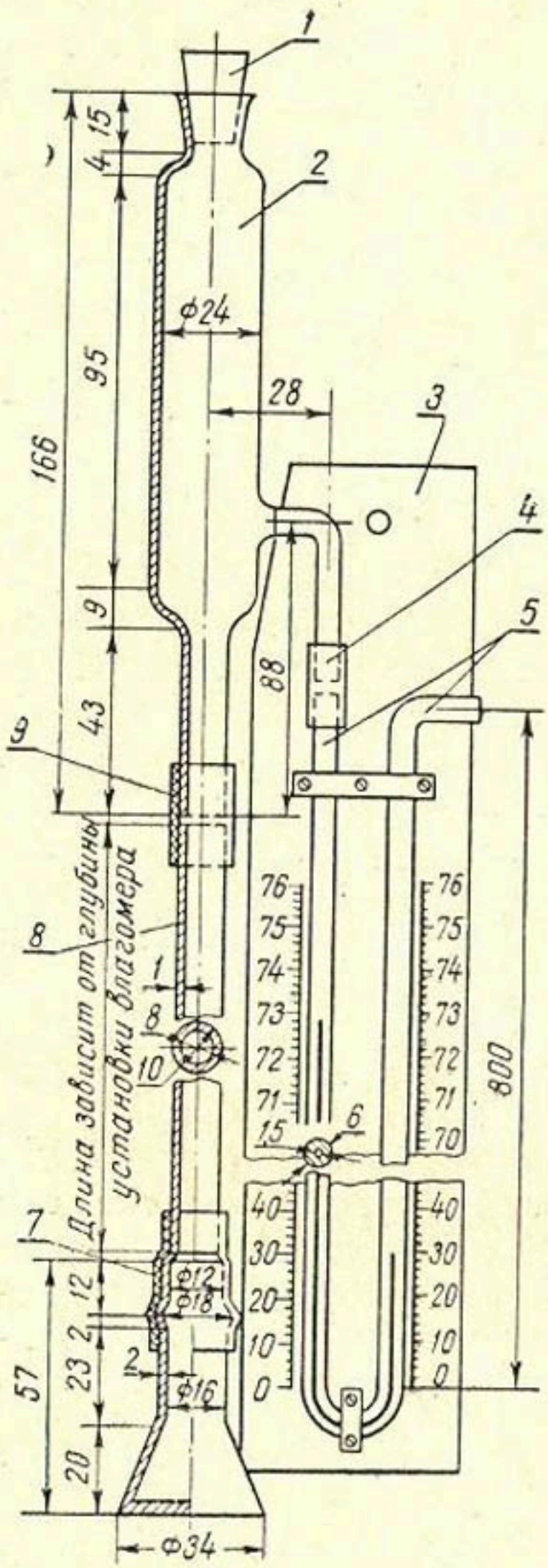


Рис. 84. Влагомер К. Н. Шишкова:

1 — резиновая пробка № 4; *2* — стеклянный баллон; *3* — деревянная подставка манометра; *4*, *7*, *9* — резиновые трубки; *5* — трубка манометра; *6* — керамический фильтр; *8* — медная трубка.

Определение влажности высушиванием образцов и определение водно-физических характеристик почвенного слоя для изучения их динамики под влиянием осушения проводятся способами, излагаемыми в учебниках по почвоведению, гидрогеологии и инженерной геологии. Следует только иметь в виду, что во всех случаях целесообразно применять приборы, основанные на использовании меченых атомов.

Снегомерную съемку и наблюдения на метеорологических станциях ведут способами, применяемыми в органах гидрометслужбы и изложенными в специальных руководствах и наставлениях по метеорологии.

Глава четырнадцатая

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ НА ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

§ 92. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ СООРУЖЕНИЙ

Сооружения, устраиваемые на осушительных системах, имеют разное назначение, а сооружения одного и того же назначения нередко различаются как по конструкции, так и по материалу, из которого они построены. Все это сказывается на условиях работы сооружений и их сохранности, а значит, определяет состав и содержание эксплуатационных мероприятий.

С эксплуатационной точки зрения все сооружения на осушительных системах можно подразделить на две группы:

а) сооружения, не связанные непосредственно с регулированием водного режима на системе; их назначение — обеспечить сохранность каналов, защитных валов и прочих устройств (крепления, быстротоки, перепады, дюкеры и т. п.), а также создать удобства в использовании осушаемой площади и осушительной сети (дороги, мосты, трубы-переезды, пешеходные мостики, береговая обстановка, водопои, стиральные бассейны и пр.);

б) сооружения, основным назначением которых является регулирование водного режима корнеобитаемого слоя либо режима уровней или стока поверхностных вод (шлюзы-регуляторы, фильтры-поглотители, насос-

ные станции, водовыпускные сооружения на защитных валах и оросительных каналах, регулирующие сток водохранилища, лиманы и пр.).

Эксплуатационные мероприятия на сооружениях первой группы заключаются в предупреждении разрушений, в поддержании сооружений в исправном состоянии и обеспечении их нормальной работы (очистка от засорения, льда и т. п.). Эксплуатационные же мероприятия на сооружениях второй группы должны, помимо этого, обеспечить изменение во времени режима их работы. Последнее же связано главным образом с необходимостью учета горизонтов и расходов воды, проходящих через сооружения.

§ 93. УЧЕТ ГОРИЗОНТОВ И РАСХОДОВ ВОДЫ

Для замера уровней воды у всех сооружений, предназначенных для регулирования горизонтов и расходов воды, устанавливаются водомерные рейки. Эти рейки удобнее устраивать наклонными, заподлицо с откосом подводящего канала; в случаях, когда весной или во время дождевых паводков подводящие каналы затапливаются, рядом с наклонной рейкой устанавливают дополнительно вертикальную водомерную рейку для замера высоких уровней. Водомерную рейку устанавливают на таком расстоянии от сооружения, где влияние кривой спада горизонтов можно не учитывать. Если сооружение расположено вблизи впадающих в канал крупных притоков или вблизи устья самого канала, водомерные рейки ставят выше и ниже сооружения. Для замера уровней в колодцах-регуляторах закрытых осушительных систем рядом с этими колодцами устраивают соединенные с ними наблюдательные скважины из металлических труб диаметром 50—60 *мм*.

Для определения расходов, проходящих через сооружения, проводят тарировку, в результате которой устанавливают связь между показанием водомерной рейки и величиной пропускаемого расхода. На водоподпорных сооружениях (шлюзы-регуляторы, водовыпуски, водосбросы) устанавливают связь между пропускаемым расходом и величиной открытия отверстия (при истечении из-под щита) или слоем переливающейся воды (при переливе через верх щита, шандор). Та-

ровка проводится измерением расходов, проходящих при разных горизонтах, вертушкой, а при малых расходах или при наличии условий — объемным способом.

§ 94. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ШЛЮЗОВ-РЕГУЛЯТОРОВ НА ОТКРЫТЫХ И ЗАКРЫТЫХ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Основное назначение шлюзов-регуляторов — подпереть в осушительной сети воду: для предохранения корнеобитаемого слоя от иссушения; для накопления в каналах противопожарных запасов воды; для создания глубин, достаточных для забора воды оросительными насосными станциями, а также для получения командных отметок, достаточных для подачи воды в другие каналы или для подпочвенного орошения.

Время закрытия шлюзов-регуляторов, длительность поддержания ими высоких уровней и высота подпора определяются назначением этих регуляторов, ходом выпадения осадков и динамикой влажности корнеобитаемого слоя.

Многочисленные наблюдения на опытных станциях и на осушительных системах показали, что увеличение влажности корнеобитаемого слоя вследствие инфильтрации воды из каналов происходит всего на расстоянии 15—18 *м*. На основании этого некоторые специалисты считают, что шлюзование осушительных систем бесцельно. Это неправильное мнение привело к тому, что подавляющее большинство осушительных систем, построенных в РСФСР до Великой Отечественной войны, не оборудовано шлюзами-регуляторами; иными словами, на этих системах не может быть обеспечено должное регулирование влажности.

В действительности же из указанных данных следует сделать вывод, что закрывать шлюзы нужно не тогда, когда уровень грунтовых вод понизится до глубины, при которой влажность почвы будет недостаточна для нормального развития растений, а значительно раньше, как только уровень воды весной достигнет глубины, необходимой для нормального проведения весенних полевых работ.

Второй и очень важный вывод заключается в том, что на осушительных системах атмосферного и склоно-

вого питания, где нет грунтовых вод (верховодку учитывать не следует), устраивать шлюзы-регуляторы для предупреждения иссушения корнеобитаемого слоя бесцельно. В этих случаях дополнительное увлажнение корнеобитаемого слоя может быть обеспечено только орошением водами, приводимыми извне.

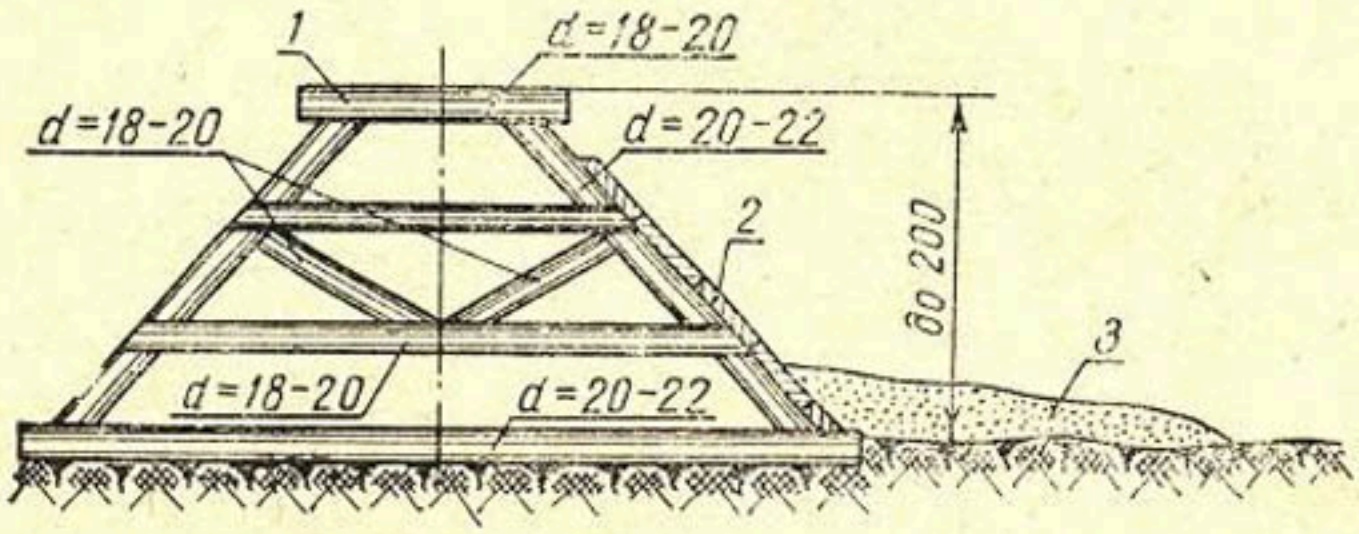


Рис. 85. Деревянная щитовая перемычка:
1 — козлы; 2 — щиты из досок толщиной 4—5 *см*; 3 — присыпка грунтом.

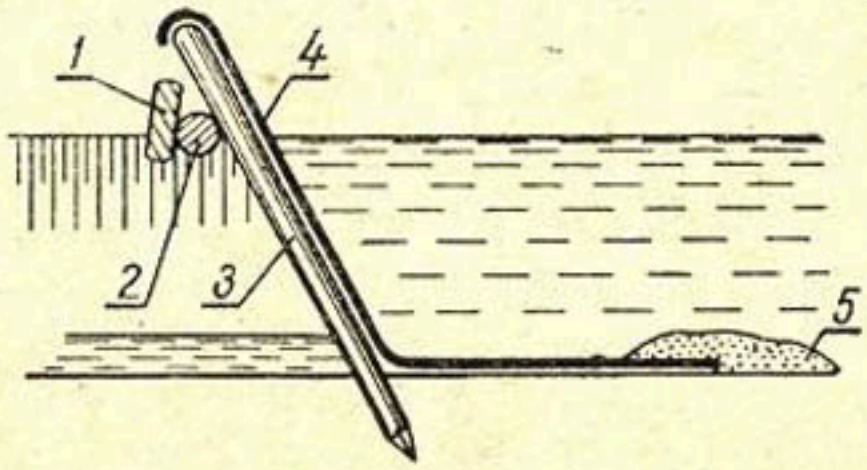


Рис. 86. Брезентовая перемычка:
1 — упорная свайка; *2* — горизонтальный упорный брус; *3* — наклонный настил; *4* — брезент; *5* — земляная присыпка.

Шлюзы-регуляторы, устраиваемые для обеспечения нормальной работы оросительных насосных станций и подпочвенного орошения, закрывают на время проведения поливов.

На системах, не оборудованных шлюзами-регуляторами, уровни и расходы воды регулируют временными деревянными (рис. 85), брезентовыми (рис. 86) или плетнево-земляными (рис. 87) перемычками, которые после использования полностью разбираются.

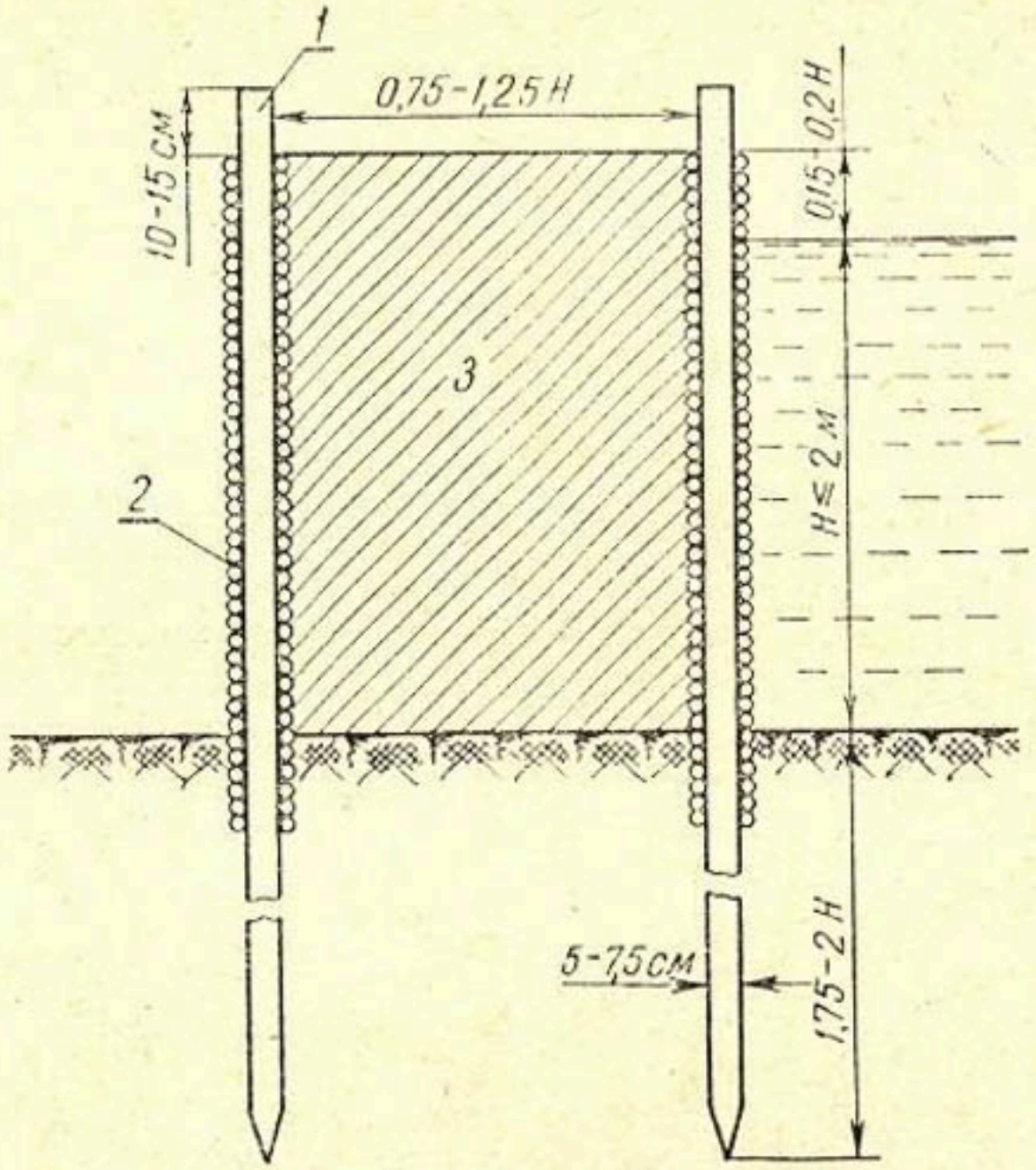


Рис. 87. Плетнево-земляная перемычка:
1 — колья; *2* — хворостяная оплетка; *3* — отсыпка из земли.

§ 95. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТАНЦИЙ ПЕРЕКАЧЕК НА ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

При технической эксплуатации станций перекачек наряду с соблюдением требований безопасности должны выполняться следующие основные правила: 1) станция должна работать в соответствии с установленным для нее режимом; 2) двигатели, оборудование и все сооружения станции должны поддерживаться в полной исправности; 3) запас горючего и смазочных материалов должен обеспечивать бесперебойную работу станции; 4) если работа станции не автоматизирована, к обслуживанию двигателей и другого оборудования насосной станции допускаются лица, имеющие соответствующие права.

Режим работы станции устанавливается ежегодно с учетом данных долгосрочных гидрометеорологических

прогнозов на основе плана откачки. Как уже указывалось в § 78, предварительно составляемый план откачки приходится корректировать в соответствии со складывающейся гидрометеорологической обстановкой отдельных периодов года. Применительно к этим изменениям в плане откачки приходится вносить соответствующие изменения и в режим работы станции.

Потребное для обеспечения бесперебойной работы насосной станции количество электроэнергии, горючего или топлива определяется по такой формуле:

$$E = \alpha\beta\frac{HW}{\eta_{ст}}, \qquad (94)$$

где E — количество электроэнергии в *квт-ч*, или топлива в *т*, потребное для обеспечения работы станции в течение определенного периода времени (декада, месяц, квартал);

H — средний полный напор за тот же период в *м*;

W — объем откачиваемой за тот же период воды в *тыс. м*^{3};

$\eta_{ст}$ — к. п. д. станции;

α — коэффициент, равный 2,73 при учете мощности в *квт* и 3,71 при учете мощности в лошадиных силах;

β — норма затраты топлива в тоннах на сило-час работы двигателя; для станций, использующих электроэнергию, $\beta = 1$.

Количество смазочных и других вспомогательных материалов определяется по нормам, установленным на один киловатт-час или сило-час работы механизмов и по плановому числу часов работы станции.

Для учета времени работы станции и количества откаченной воды, а также для определения стоимости перекачки и контроля за выполнением плана откачки ведется специальный журнал, в котором ежедневно по сменам отмечается следующее: число работающих насосов и время их работы (начало, конец, продолжительность); количество израсходованного топлива или электроэнергии и смазочных материалов, простои станции из-за неисправности двигателей или оборудования, а также время, затраченное на ремонты по видам последних.

При эксплуатации насосных станций особое внима-

ние обращают на своевременную очистку входных решеток летом от мусора, а зимой — от снега и обмерзания.

§ 96. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ НА ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Водохранилища на осушительных системах строят либо для перераспределения стока во времени, либо для создания запасов воды, необходимой для орошения, водоснабжения или других хозяйственных нужд. Нередко при устройстве водохранилищ решаются обе указанные задачи. Режим работы водохранилищ зависит от их целевого назначения.

Водохранилища, перераспределяющие сток во времени, накапливают воду в периоды половодий и паводков, а в периоды маловодья срабатывают накопленную воду. Это позволяет иметь на протяжении года или безледового периода относительно выравненные расходы водотока, что удешевляет стоимость выправительных работ, уменьшает размер эксплуатационных расходов и улучшает возможности использования рек для водного транспорта (мелкотоннажное судоходство и лесосплав). Для удовлетворения указанных нужд перед проходом половодий и паводков в водохранилище должны быть созданы свободные емкости, необходимые для задержания притекающих вод.

Водохранилища, предназначенные для создания запасов воды, накапливают воду в периоды, когда расход водотока превышает потребление, а при устройстве их на балках — в периоды прохода половодий.

По каждому водохранилищу в зависимости от его целевого назначения составляют график режима работы водохранилища, на котором устанавливают время наполнения и сброса. При эксплуатации водохранилищ этот график режима уточняют в соответствии со складывающейся гидрометеорологической обстановкой.

Ежегодно по данным долгосрочного прогноза определяют начало и ожидаемый объем половодья или паводка. Затем, пользуясь кривой объемов водохранилища, устанавливают, какое количество воды должно быть сброшено из водохранилища к началу половодья (паводка) для создания в нем необходимой емкости. Зная этот объем и пропускную способность установлен-

ных водосбросных сооружений, определяют время, в течение которого может быть сброшен из водохранилища излишний объем. Исходя из этого времени и учитывая начало паводка по прогнозу, устанавливают дату начала сброса; эту дату следует назначать всегда с запасом на 3—5 дней, учитывая, что и половодье может начаться несколько раньше.

Аналогичным путем устанавливается годовой режим работы водохранилищ, накапливающих воду.

Серьезное внимание при составлении годовых планов эксплуатации водохранилищ уделяют мелководной зоне, под которой понимаются участки с глубиной менее 0,5—1,0 *м*. Для предупреждения развития здесь личинок малярийного комара и других кровососущих насекомых предусматривают периодические попуски воды из водохранилища или обработку их поверхности по указаниям саннадзора препаратами ДДТ или других химикатов.

Немало забот причиняет при эксплуатации водохранилищ зарастание их влаголюбивой растительностью и водорослями и заиление. Очистка водохранилищ от водной растительности и водорослей проводится способами, изложенными в главе 16; для предупреждения зарастания берега водохранилищ следует обрабатывать гербицидами. Для предохранения водохранилищ от заиления по их берегам высаживают защитные полосы из кустарниковых пород (лоза, тальник, ивняк и др.). Ширина этих защитных полос должна быть не менее 7—8 *м*.

Если водохранилище используется для нужд гидроэнергетики, рыбоводства или разведения водоплавающей птицы, то эксплуатация таких водохранилищ проводится с учетом требований, предъявляемых этими видами использования.

§ 97. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ЗАЩИТНЫХ ВАЛАХ

Водопропускные сооружения на защитных валах устраиваются для сброса вод, накапливающихся в обвалованном пространстве; для предупреждения разрушения затапливаемых валов и для подачи воды при влагозарядке и удобрительном орошении обвалованного пространства. Эксплуатация этих сооружений зависит от их назначения.

Сооружения для сброса вод, накапливающихся в обвалованном пространстве, устраивают в незатопляемых валах. Отверстия этих сооружений при проходе в ограждаемой реке больших расходов или при подъеме горизонтов из-за нагонных ветров закрывают, в остальное время года они открыты и свободно пропускают в реку, озеро, море воду, собравшуюся в обвалованном пространстве.

В зависимости от длительности закрытия водопропускных сооружений, климатических условий и наличия на обвалованной территории регулирующих емкостей (пониженные котловины, озера, мелиоративная сеть и пр.) стекающая вода может либо накапливаться на обвалованной территории, а потом при снижении уровней воды в реке сбрасываться самотеком, либо откачиваться насосами. При самотечном сбросе основная задача эксплуатационных органов состоит в подготовке регуляционных емкостей (спуск воды из всех понижений и каналов), а при машинном водоотводе — в поддержании в работоспособном состоянии насосной станции. В обоих случаях надо своевременно закрывать и открывать отверстия в водосбросных сооружениях, если работа их затворов не автоматизирована.

В многоводные годы имеющаяся в обвалованном пространстве регуляционная емкость иногда недостаточна для накопления всех собирающихся вод. Для таких случаев в распоряжении органов эксплуатации должны быть передвижные насосные станции, которые перекачивали бы излишние воды. Время включения в работу этих станций определяют, исходя из ожидаемого по данным долгосрочного прогноза объема притока воды в регулирующие емкости.

При затопляемых защитных валах одна из главных задач службы эксплуатации — обеспечить такой подъем или сработку уровней воды в обвалованном пространстве, чтобы не было перелива воды через гребень валов или чтобы этот перелив происходил только на определенных и специально приспособленных для этого участках валов. Для ускорения затопления обвалованного пространства следует при наличии на нем осушительной сети перед снеготаянием закрывать все шлюзы-регуляторы на сети. Водопропускные отверстия в валах должны быть открыты до начала подъема уровней воды в

реке. По данным прогноза определяют ожидаемую скорость подъема внешних уровней и, пользуясь кривыми зависимости пропускаемого каждым сооружением расхода от напора, определяют количество воды, которое будет пропущено через все водопропускные сооружения за время, пока внешний уровень достигнет гребня валов. Если этот объем будет недостаточен для предупреждения перелива (отметка заполнения обвалованного пространства определяется по кривой зависимости объема от наполнения), в гребне вала устраивают дополнительные временные водосливы или наращивают вал мешками с землей.

Во многих районах Советского Союза, особенно предгорных и с крутыми уклонами, весеннее половодье либо отсутствует, либо проходит при уровнях, значительно меньших, чем при летних половодьях (Дальний Восток, Кубань и др.) или летних паводках (Западная Украина, Молдавия). В этих условиях обычно строят незатопляемые защитные валы, а для весенней влагозарядки корнеобитаемого слоя и удобрительного орошения прилегающих земель в защитных валах устраивают специальные водопропускные сооружения, через которые вода поступает в обвалованное пространство при проходе высоких весенних уровней и сбрасывается после их снижения. Во время прохода летних высоких вод отверстия сооружений закрывают.

При эксплуатации этих сооружений встречаются такие случаи:

а) весенние высокие горизонты держатся 15—25 дней;

б) весенние высокие горизонты проходят за срок менее 12—15 дней;

в) весенние высокие горизонты держатся более 25 дней.

При стоянии высоких вод на протяжении 15—25 дней отверстия водопропускных сооружений должны быть открыты с начала снеготаяния и до начала подъема уровней воды в реке летом.

При непродолжительных весенних подъемах водопропускные сооружения открывают в начале снеготаяния и закрывают при спаде высоких вод тогда, когда средний слой затопления в обвалованном пространстве будет составлять 40—50 *см*. Сооружения должны быть закры-

ты из расчета, чтобы общая длительность затопления территории не превышала 15—18 дней.

При большой длительности стояния высоких весенних горизонтов отверстия сооружений открывают на спаде половодья за 18—20 дней до входа речных вод в основные берега.

§ 98. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАБОТ

Для предупреждения возможных несчастных случаев при проведении эксплуатационных работ необходимо всех участвующих в этих работах проинструктировать для того, чтобы они знали порядок и последовательность выполнения отдельных операций. На всех сооружениях и в зданиях насосных станций и мастерских должны быть установлены плакаты и указатели с предупредительными надписями. Подъемные механизмы должны быть огорожены. Посторонние лица не должны входить в служебные помещения.

На всех гидротехнических сооружениях длиной по урезу воды 5 *м* и более и при глубине воды более 1 *м* устанавливают спасательные круги; у сооружений, расположенных на водотоках шириной до 20 *м*, должны быть лодки с навесными моторами, а у сооружений на реках шире 50 *м* и на водохранилищах — моторные лодки.

Глава пятнадцатая

ПЕРЕУСТРОЙСТВО, УЛУЧШЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

§ 99. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ

Повышение производительности сельского хозяйства и связанное с ним интенсивное использование земель, применение совершенных приемов обработки и новых более производительных машин и орудий предъявляют повышенные требования к организации осушаемых территорий и к мелиоративным системам.

Всякая осушительная система строится для определенных хозяйственных нужд. При использовании

осушаемых земель под сенокосы или летние пастбища, где объем тракторных работ ничтожен, можно применять открытые осушительные системы с каналами, прокладываемыми на расстоянии 80—120 *м* друг от друга. Создание на этих землях полевых, прифермских и овощных севооборотов или весенних пастбищ потребует сгущения сети вдвое и втрое. При таких расстояниях между каналами необходимо применять закрытые осушительные системы, так как густая сеть открытых каналов не дает возможности применить поперечную обработку посевов и сильно снижает производительность сельскохозяйственных машин.

Следовательно, система, построенная для того чтобы осушить земли, которые будут использоваться под сенокосы, не годится для использования этих земель под пашню или весенние пастбища; система, построенная для полевых севооборотов, не годится для выращивания овощей или для сенокосов и т. д. Всякое изменение вида использования осушаемых земель вызывает необходимость переустройства осушительной системы.

Повышение производительности труда и снижение себестоимости продукции, получаемой с осушаемых земель, связаны с рациональным и высокопроизводительным использованием техники, снижением стоимости эксплуатационных мероприятий и повышением коэффициента земельного использования. Все перечисленные факторы имеют значительно лучшие показатели при осушении земель закрытыми системами. Следовательно, если хозяйство, пользующееся землями, осушенными открытой осушительной сетью, полностью исчерпало возможности повысить урожайность на этих землях за счет агротехнических мероприятий, перед ним возникает задача переустройства осушительной системы.

Объем и содержание работ по переустройству осушительных систем зависят от требований, которым должна удовлетворять переустроенная система. В одних случаях это будет изменение способа осушения, конструкций или размеров водоприемников, каналов и прочих основных устройств, в других — ликвидация отдельных каналов, устройство дополнительных каналов или сооружений на системе, замена временных вспомогательных устройств постоянными или проведение иных относительно простых и дешевых мероприятий.

Мероприятия первой группы, связанные с коренным изменением осушительной системы, являются по существу переустройством и должны выполняться за счет средств, отпускаемых на новое строительство. Мероприятия второй группы направлены лишь на улучшение работы системы, и их следует выполнять за счет средств, отчисляемых в амортизационный фонд.

Помимо изменения хозяйственных требований, необходимость в переустройстве и улучшении осушительных систем может быть вызвана также и несовершенством построенной системы, когда она не обеспечивает получения на осушаемых землях запланированных урожаев сельскохозяйственных культур или своевременной вывозки собранного урожая, или когда поддержание отдельных элементов системы в рабочем состоянии связано с проведением частых и трудоемких ремонтов и других эксплуатационных работ.

Для того чтобы представить себе, насколько велик и серьезен объем работ по переустройству и улучшению технически несовершенных осушительных систем, рассмотрим основные показатели современного состояния этих систем.

Площадь земель с осушительной сетью в Советском Союзе, по данным 1956 года, превышает 8,4 млн. *га,* из которых $^2/_3$ минеральных земель и $^1/_3$ торфяников. Из этой площади около 2,5 млн. *га* обеспечены только магистральными каналами. Следовательно, почти 30% земель с осушительной сетью по существу только канализованы и по техническим условиям могут быть использованы либо как естественные сенокосы или пастбища со сравнительно низкой урожайностью, резко колеблющейся в отдельные годы в зависимости от погодных условий, либо как малопродуктивные леса. Очевидно, для обеспечения полноценного хозяйственного использования этих земель осушительные системы на них должны быть переустроены.

Из почти 7 млн. *га* земель с осушительной сетью, закрепленных за колхозами и совхозами (табл. 59), хозяйственно используются только 5,9 млн. *га;* 216 тыс. *га* заняты дорогами, каналами и прочими сооружениями и устройствами, а 835 тыс. *га* преимущественно из-за неудовлетворительного состояния осушительной сети не используются совсем.

Из анализа этих данных следует, что в колхозах и совхозах как минимум следует перестроить системы на землях, не используемых по техническим причинам. По существу же, площадь, требующая переустройства, значительно больше.

Подавляющая часть даже пахотных земель (более 70%) осушается открытой сетью, которая не отвечает современным хозяйственным требованиям и должна быть заменена более совершенной — закрытой. В короткие сроки переустройство такой значительной площади открытых систем в закрытые невозможно и открытая сеть будет сохранена еще во многих местах. В связи с этим необходимо предусматривать на осушаемых пахотных землях с открытой осушительной сетью простейшие мероприятия, которые позволили бы повысить эффективность применяемых современных способов механизированной обработки почвы. В качестве таких мер рекомендуется, например, разреживание каналов осушительной сети с устройством взамен ликвидируемых регулирующих каналов: на болотах — кротового или щелевого дренажа, а на минеральных землях — временных каналов или борозд с обязательным применением специальных приемов обработки почвы (агромелиоративные мероприятия).

Семилетним планом предусмотрено переустроить и улучшить осушительные системы на площади около 3,9 млн. *га*, что позволит обеспечить нормальное хозяйственное использование значительной части осушаемых земель, нуждающихся в переустройстве.

Существующие осушительные системы, особенно построенные до Отечественной войны, как правило, не оборудованы достаточным количеством шлюзов-регуляторов, мостов, труб-переездов, переходных мостиков, стиральных бассейнов, ям для мочки конопли или льна. Крепления по водоприемникам и каналам во многих случаях пришли в ветхость и стали негодными. Системы недостаточно оборудованы водомерными постами, наблюдательными колодцами, береговой обстановкой. Дорожная сеть на многих осушенных землях находится в таком состоянии, что колхозы и совхозы, вырастившие здесь высокие урожаи сельскохозяйственных культур, испытывают большие затруднения при вывозке собранной продукции. Нередко из-за несвоевременного

Таблица 59

Использование колхозами и совхозами земель с осушительной сетью (тыс. *га*)

Республики	Всего земель с осушительной сетью в колхозах и совхозах	Используется земель с осушительной сетью							Занято дорогами, каналами и пр.	Не используется	Удельный вес неиспользуемых земель в %
		всего	в том числе под								
			пашню	сенокосы и пастбища		лес	прочие культуры				
					в том числе улучшенные						
РСФСР	2 178,5	1 701,8	728,6	894,9	77,9	54,7	23,6		61,1	415,6	19,0
Украинская ССР	961,5	854,7	291,1	508,7	49,1	40,4	14,5		33,4	73,4	7,6
Белорусская ССР	875,8	680,3	183,6	474,1	75,5	20,8	1,8		26,6	168,9	19,3
Литовская ССР	751,5	700,5	387,5	284,9	14,9	21,1	7,0		12,6	38,4	5,1
Латвийская ССР	1 480,0	1 359,9	775,0	435,1	30,2	86,5	63,3		68,6	51,5	3,5
Эстонская ССР	625,7	540,1	192,7	298,1	49,5	40,8	8,5		9,0	76,6	12,3
Грузинская ССР	95,1	81,8	32,8	17,5	2,9	7,3	24,2		3,8	9,5	10,0
Молдавская ССР	16,6	15,1	6,4	0,7	—	0,3	7,7		0,8	0,7	4,2
Итого по СССР	6 984,7	5 934,2	2597,7	2914,0	300,0	271,9	150,6		215,9	834,6	11,9

вывоза происходят огромные потери собранного урожая.

Все это свидетельствует о том, что наряду с переустройством необходимо улучшать мелиоративное состояние осушаемых земель и развивать техническую оснащенность осушительных систем.

Переустройство, улучшение и развитие осушительных систем могут и должны проводиться лишь в тех случаях, когда система не удовлетворяет предъявляемых к ней хозяйственных требований или вызывает излишние эксплуатационные расходы, что устанавливается анализом действия осушительной системы.

Действие осушительной системы оценивается эксплуатационными органами и землепользователями на основе анализа данных, характеризующих:

а) возможность своевременно и без значительных помех проводить на осушенной территории обработку, посев и другие сельскохозяйственные работы в наилучшие агротехнические сроки;

б) потери урожая, связанные с задержкой проведения сельскохозяйственных работ из-за неудовлетворительной работы осушительной системы (запоздание с отводом избыточных вод и др.);

в) затопление осушенной территории летними и осенними паводками;

г) возможность своевременной вывозки собранного урожая сельскохозяйственных культур;

д) фактический коэффициент земельного использования, удельный вес площадей вымочек и посушек;

е) возможность своевременного увеличения почвенной влажности в периоды недостатка влаги;

ж) производительность тракторного парка по отдельным видам работ;

з) объем и стоимость мероприятий по технической эксплуатации.

§ 100. ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПЛАН УЛУЧШЕНИЯ И РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ И ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ

Для того чтобы осушительная система удовлетворяла требованиям хозяйства на осушаемых землях, предусматриваемым в перспективном плане сельскохозяйственных и других предприятий, органы эксплуатацион-

ной службы совместно с руководителями и специалистами заинтересованных организаций составляют перспективные планы улучшения и развития по каждой осушительной системе.

Эти планы составляют на основе оценки действия осушительной системы, причем в них предусматривают лишь те мероприятия, осуществление которых экономически целесообразно. Так, например, из оценки действия системы вытекает, что при наличии открытой осушительной сети на пашне коэффициент земельного использования равен 0,8; себестоимость тракторных работ составляет на 1 *га* 5 руб. 40 коп. и чистый доход с 1 *га* 54 рубля. При замене открытой сети на закрытую коэффициент земельного использования можно будет повысить до 0,95, себестоимость тракторных работ снизить на 30%, а чистый доход с 1 *га* повысить до 70 руб., а с учетом более высокого коэффициента земельного использования до 80 руб. 50 коп. Стоимость замены открытой сети закрытой составит 180 руб. на 1 *га*. Допуская, что все увеличение чистого дохода пойдет на покрытие расходов по переустройству, общий срок возврата средств, затраченных на переустройство, определится $\left(\frac{180 \text{ руб.}}{80 \text{ р. } 50 \text{ к.} - 54 \text{ р.}}\right)$ примерно в 7 лет. Определив этот срок, можно уже решать, стоит или не стоит предусматривать в перспективном плане переустройство системы.

Немалое значение при составлении перспективного плана имеет и техническая возможность осуществления того или другого мероприятия. Так, например, желательно использовать осушаемую территорую под посев и посадку овощей. Для этого необходимо углубить осушительную сеть. Последнее влечет за собой углубление водоприемника, стоимость работ по которому, как показали подсчеты, не может быть экономически оправдана. Постройка взамен углубления водоприемника насосной станции связана со строительством специальной линии электропередачи значительной протяженности. Очевидно, что в рассмотренных условиях технические возможности переустройства системы неблагоприятны и от этих мероприятий следует отказаться.

Большой объем предстоящих работ по переустройству существующих осушительных систем может быть

выполнен наиболее успешно и с наибольшей хозяйственной эффективностью, если сроки и очередность проведения работ по переустройству и улучшению определяются с учетом экономических возможностей землепользователей, обслуживаемых осушительной системой, и значения осушаемых земель в общем балансе хозяйства колхоза или совхоза. Так, в первую очередь следует предусматривать переустройство систем в тех хозяйствах, где все посевы и кормовые угодья или большая часть их размещаются на осушаемых землях. Во всех случаях наиболее целесообразно переустройство системы в целом или отдельных ее частей приурочивать к капитальному ремонту, т. е. к тому периоду, когда система изношена, и для дальнейшего поддержания ее в рабочем состоянии необходимы новые капитальные вложения.

Работы по переустройству осушительных систем осуществляются специальными строительными организациями на основе составленных и утвержденных проектов. Роль органов эксплуатации сводится в этих случаях к выдаче проектной организации задания на переустройство системы, к оценке составленного проекта и к участию в приемке от строителей выполненных каналов, сооружений и прочих устройств.

Мероприятия по улучшению и развитию системы чаще всего выполняются по упрощенной проектной документации, составленной органами технической эксплуатации под техническим руководством специалистов службы эксплуатации. В этих случаях все работы выполняются в соответствии с эксплуатационной схемой улучшения и развития системы. Если для улучшения и развития системы необходимо выполнить сложные мероприятия с большим объемом строительно-монтажных или наладочных работ, проведение их поручается строительным организациям, а подготовка проектно-сметной документации — проектным институтам.

§ 101. ЗАДАНИЕ НА ПЕРЕУСТРОЙСТВО И УЛУЧШЕНИЕ СИСТЕМЫ

Чтобы наиболее полно отразить в проекте переустройства системы опыт эксплуатации и требования хозяйств-землепользователей, в задании, которое вы-

дается проектной организации службой эксплуатации совместно с землепользователями, должны быть отражены следующие вопросы:

а) наименование системы, ее местонахождение и валовая площадь;

б) целевое назначение и состав мероприятий по переустройству — переход на закрытую сеть, изменение вида хозяйственного использования, уменьшение размера эксплуатационных расходов, обеспечение орошения и т. п.;

в) перечень хозяйств-землепользователей, а также распределение осушаемой площади среди землепользователей и по угодьям (распределение по угодьям указывается исходное и то, которое должно быть на системе после переустройства);

г) характеристика исходного состояния системы — водоприемник и его состояние, проводящая и ограждающая сеть (протяженность по порядкам и видам каналов, номера каналов, требующие переустройства); регулирующая сеть (виды, расстояния между каналами, средняя длина, общая протяженность, удовлетворительность работы, подлежащие переустройству участки), сооружения (перечень, количество, местонахождение, сохранность, необходимость переустройства); дорожная сеть (протяженность общая, по видам дорог и направлениям, состояние и необходимость переустройства); эксплуатационные сооружения (перечень, состояние, необходимость дополнения, ремонта или замены новыми);

д) варианты переустройства, подлежащие разработке в проекте;

е) краткая характеристика видов культуртехнических работ, которые должны быть выполнены на осушаемой площади;

ж) срок переустройства и наименование строительной организации, которая будет выполнять строительно-монтажные работы.

К заданию на проектирование прилагается план системы с указанием на нем границ территории, каналов, сооружений и прочих устройств, подлежащих переустройству.

§ 102. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ СХЕМА УЛУЧШЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ОСУШИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Для обеспечения постоянного улучшения и развития осушительных систем на основе накапливаемого в процессе проведения технической эксплуатации опыта по каждой системе составляется перспективный план мероприятий, который должен быть выполнен эксплуатационной службой.

В этом плане, который называется эксплуатационной схемой улучшения и развития осушительной системы, должно предусматриваться: устройство в необходимых местах временных и постоянных дополнительных каналов или ликвидации ненужных каналов; расширение, ремонт и оборудование самописцами и автоматическими приборами водомерных постов и колодцев по наблюдению за грунтовыми водами, установка дополнительных водомеров-автоматов на сети; улучшение системы подачи воды в осушительную сеть для повышения влажности корнеобитаемого слоя в засушливые периоды; улучшение и ремонт береговой обстановки, средств связи и зданий эксплуатационной службы; культуртехнические работы, необходимые для расширения используемых площадей и улучшения условий обработки полей и лесопосадки, необходимые для предохранения каналов и осушаемой территории от размывов и заилений; улучшение внутрихозяйственной дорожной сети и скотопрогонов; устройство изгородей вдоль каналов или приобретение электропастухов и т. п.

Объемы работ, помещаемые в план, устанавливаются по данным обмеров в натуре, по дефектным ведомостям и по исполнительным чертежам; стоимости работ определяются по укрупненным измерителям.

При распределении работ по годам следует не распыляться по всей системе, а проводить намеченные мероприятия сосредоточенно с таким расчетом, чтобы эффект от этих работ был получен сразу же после их выполнения.

РАЗДЕЛ III
РЕМОНТНЫЕ РАБОТЫ

Глава шестнадцатая
ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО РЕМОНТНЫХ РАБОТ

§ 103. КЛАССИФИКАЦИЯ РЕМОНТОВ

Нормальная работа сооружений и каналов мелиоративных систем, а также их долговечность обеспечиваются постоянным надзором, уходом за ними и своевременным проведением ремонтных работ.

Правильная техническая эксплуатация системы и уход за нею исключают возникновение аварий, перебоев в работе системы и значительно уменьшают капитальные затраты на замену отдельных частей сооружений и устройств из-за преждевременного их износа.

На новых системах, особенно в первые годы эксплуатации, бывают перебои в работе, вызванные недочетами в их проектировании и строительстве или передачей систем в эксплуатацию с крупными недоделками. Поэтому при приемке в эксплуатацию новых систем и сооружений следует тщательно изучать проектные материалы, сверять в натуре построенные каналы и сооружения с проектными данными и проверять качество строительно-монтажных работ.

В состав ремонтных работ на мелиоративных системах входят следующие:

а) очистка отстойников, водоприемников, а также оросительных, обводнительных и осушительных каналов от заиления, растительности, оползней, уборка временных перемычек и т. п.;

б) подсыпка и уширение дамб, очистка берм, зачистка откосов и другие работы, связанные с приведением поперечных профилей каналов и дамб к проектным габаритам, а также ремонт дорог, укреплений и одежд каналов;

в) ремонт гидротехнических сооружений, гражданских зданий, линий связи и вспомогательных устройств;

г) ремонтно-регулировочные работы для забора воды;

д) ремонт защитных валов.

Кроме того, в паводковый и зимний периоды проводятся ремонтно-строительные работы по борьбе с паводками, шугой и ледовыми явлениями.

В практике эксплуатации мелиоративных систем встречаются два вида ремонтов — текущий и капитальный.

Текущий ремонт проводится ежегодно. К нему относятся такие работы: очистка отстойников, водоприемников и каналов от заиления и растительности; подсыпка и уширение дамб; очистка берм; ликвидация небольших оползней, обрушений, перекатов и песчаных кос; исправление поврежденных креплений и одежд каналов; устранение небольших повреждений отдельных частей сооружений и устройств мелиоративной системы. Все эти виды работ не требуют сложных технических мероприятий и не изменяют конструкцию сооружения.

Особой разновидностью текущего ремонта является предупредительный (профилактический) ремонт. Профилактический ремонт заключается в повседневном, систематическом проведении эксплуатационным персоналом работ по предупреждению возможных повреждений каналов и сооружений. К нему относятся: ликвидация обнаруженных в дамбах нор землеройных животных; очистка берм каналов, проходящих в глубоких выемках; околка льда у сооружений; подтягивание металлических креплений деревянных конструкций; утепление на зиму дренажных устройств и т. п.

Профилактический ремонт, как правило, проводится немедленно, по мере установления его необходимости, в порядке надзора и ухода за каналами и сооружениями. Профилактический ремонт и значительная часть текущего ремонта проводятся без остановки работы мелиоративной системы.

К капитальному ремонту относятся такие работы: устранение крупных оползней в каналах, опасной фильтрации в низовых откосах дамб и плотин; ликвидация крупных разрушений одежд каналов, плотин и нижних

бьефов гидротехнических сооружений; замена изношенных конструкций новыми и существующих типов креплений более устойчивыми; реконструкция сооружений и т. п.

Капитальный ремонт сооружений и каналов проводится периодически. Чем лучше и аккуратнее выполняются текущие ремонты, тем реже и в меньших объемах требуются капитальные ремонты.

Сроки и объемы ремонтных работ на осушительных системах зависят от природных особенностей осушенной территории и характера ее хозяйственного использования (табл. 60). Например, при использовании осушенной территории под овощные севообороты ремонт элементов осушительной системы потребуется проводить чаще и в большем объеме, чем при использовании этой территории под лесонасаждения или сенокосы. Осушительные системы на болотах более устойчивы, чем на минеральных грунтах. Использование осушенных болот в полевых севооборотах ведет к ускоренному разложению торфяника. В результате этого глубина осушительной сети из-за выветривания пахотного слоя уменьшается. При использовании этих земель под луга или лесонасаждения такого явления не наблюдается.

Ремонтные работы выполняют при полном прекращении или сокращении подачи воды в оросительную или обводнительную систему. В случае необходимости при ремонте гидротехнических сооружений и осущительных каналов устраивают ограждения ремонтируемых участков каналов и обводные русла.

Особый вид ремонта, который не планируется и вызывается последствиями стихийных явлений (паводков, ледяных зажоров), нарушением правил технической эксплуатации или плохим качеством проекта и строительства, повлекшим за собой размыв бьефа сооружения, обход сооружения водой, разрушение сооружения вследствие фильтрации, перелив воды через гребень дамбы, размыв канала и другие аварии, называют восстановительным, или аварийным, ремонтом. При возникновении аварии следует принять срочные меры, чтобы не допустить дальнейшее ее расширение. После этого восстановление разрушенной части канала или сооружения проводится в порядке капитального ремонта.

Таблица 60

Примерные сроки капитального ремонта элементов осушительной системы в годах

Элементы осушительной системы	Характер сельскохозяйственного использования осушенных земель			
	пашня	сенокос	пастбище	леса
Водоприемники и крупные магистрали:				
в торфяных грунтах	10—12	12—15	10—12	15—20
» минеральных » .	8—10	10—12	8—10	10—15
Проводящие каналы:				
в торфяных грунтах	6—8	7—10	6—8	10—12
» минеральных » .	5—7	7—8	5—7	8—10
Нагорные и ловчие каналы:				
в торфяных грунтах	6—7	4—8	6—7	8—10
» песчаных » . .	4—5	4—5	4—5	6—7
» глинистых » . .	5—6	5—7	5—6	7—8
Регулирующая сеть открытая:				
в торфяных грунтах	4—6	5—6	4—6	5—8
» песчаных » . .	3—5	4—5	3—5	4—6
» глинистых » . .	4—6	5—6	4—6	4—6
Закрытая регулирующая сеть:				
из негнющих материалов	20—25	20—25	20—25	—
из гниющих материалов	10—12	10—12	10—12	—
кротовая и щелевая	2—4	3—5	3—5	—
Сооружения для переезда:				
деревянные	5—7	8—10	8—10	10—12
из негниющих материалов	10—12	15—20	15—20	—
Прочие сооружения:				
деревянные	10—12	10—12	10—12	12—15
из негниющих материалов	15—20	15—20	15—20	—

В таблице 66 даны сроки службы (в годах) различных гидротехнических сооружений и каналов гидромелиоративных систем, а также нормы амортизационных отчислений (в процентах от восстановительной стоимости основных фондов), в том числе на реновацию и капитальный ремонт.

§ 104. ПОВРЕЖДЕНИЯ СООРУЖЕНИЙ, КАНАЛОВ И ИХ РЕМОНТ

Повреждение сооружений и каналов гидромелиоративных систем происходит главным образом из-за неправильной их эксплуатации. При должном уходе за системой и правильной ее эксплуатации аварий и повреждений сооружений и каналов можно избежать или, по крайней мере, свести их к минимуму.

Повреждения могут произойти в результате воздействия природных условий (биологических и физико-химических процессов в почво-грунтах и в материалах, из которых возведены гидротехнические сооружения), а также климатических, гидрологических и других факторов. Ниже приводятся описания наиболее часто встречающихся в практике эксплуатации гидромелиоративных систем и сооружений, повреждений и мер по их устранению.

Земляные сооружения и каналы

Трещины в теле земляных плотин, защитных валов и дамбах каналов образуются вследствие неравномерной осадки, усыхания, промерзания и других причин. Несквозные поперечные трещины заделывают, расчищая и заливая их раствором из суглинка или грунта, из которого возведена насыпь. Более опасны сквозные трещины; для их ликвидации закладывают замки поперек трещины через каждые 2—3 *м* (рис. 88). Для устройства замка поперек трещины выкапывают траншею длиной 1—1,5 *м* и глубиной на 0,3—0,5 *м* ниже трещины. Траншею засыпают тем же грунтом, из которого сделана насыпь, но с тщательным, послойным его увлажнением и уплотнением. Продольные трещины заделывают таким же образом (рис. 89). Мерой борьбы с образованием трещин в защитных валах осушительных систем является их одерновка или засев травами.

Ходы землеройных животных обнаруживаются щупом и наружным осмотром откосов. На напорном откосе ходы землероев располагаются несколько выше горизонта воды и поэтому опасны при его повышении. Перед повышением горизонтов воды особо тщательно проверяют наличие ходов землероев и при обнаружении заделывают их глинистым раствором с цементом.

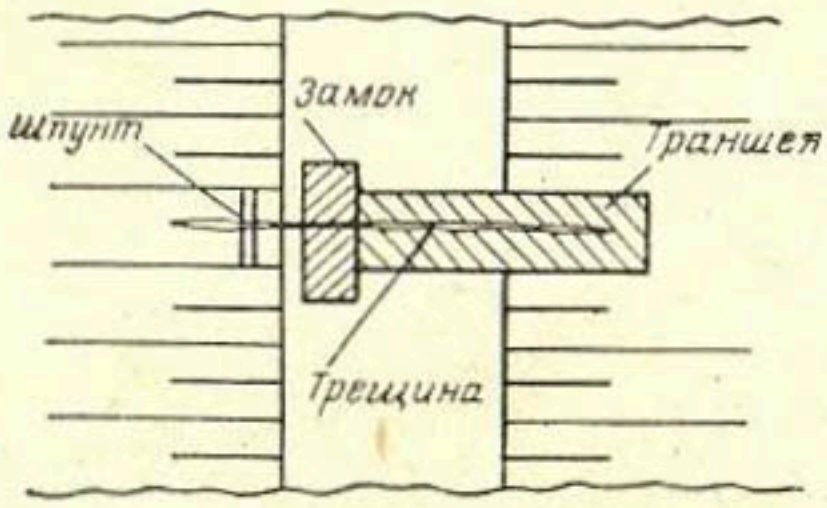


Рис. 88. Заделка поперечной трещины в земляной дамбе.

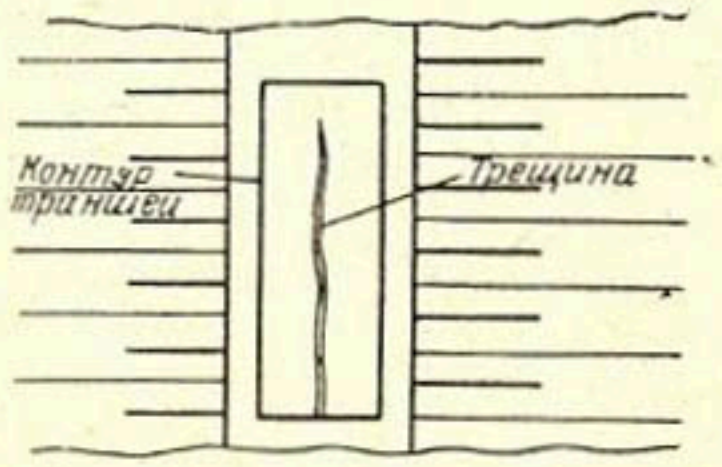


Рис. 89. Заделка продольной трещины в земляной дамбе.

Землеройных животных, которые повреждают насыпи на гидромелиоративных системах, нужно систематически уничтожать (химические средства, капканы).

Промерзание низового откоса земляных плотин может привести к крупным повреждениям сооружения. В случае промерзания откоса ниже поверхности фильтрационного потока возможен подъем кривой депрессии, прорыв образовавшейся мерзлой корки грунта под напором фильтрационного потока и выход его на поверхность откоса с образованием наледи и сдвигов грунта.

Чтобы предупредить аварию, в качестве временной меры утепляют откос (соломой, снегом и т. п.), а в дальнейшем придают ему профиль, исключающий возможность промерзания грунта до поверхности фильтрационного потока (рис. 90).

Оползни низовых откосов напорных насыпей (плотин, защитных валов, дамб каналов) возможны под воздействием фильтрационного потока и в неморозный период при выходе кривой депрессии на поверхность. Чтобы предупредить их, устраивают противофильтра-

ционный экран со стороны напорного откоса, усиливают профиль дамбы присыпкой призмы из местного грунта или устраивают на низовом откосе обратный фильтр из крупного песка и гравия или щебня (рис. 91).

Ранней весной иногда происходит оплывание откосов вследствие скольжения смоченного поверхностного слоя грунта по замороженному. Для предупреждения

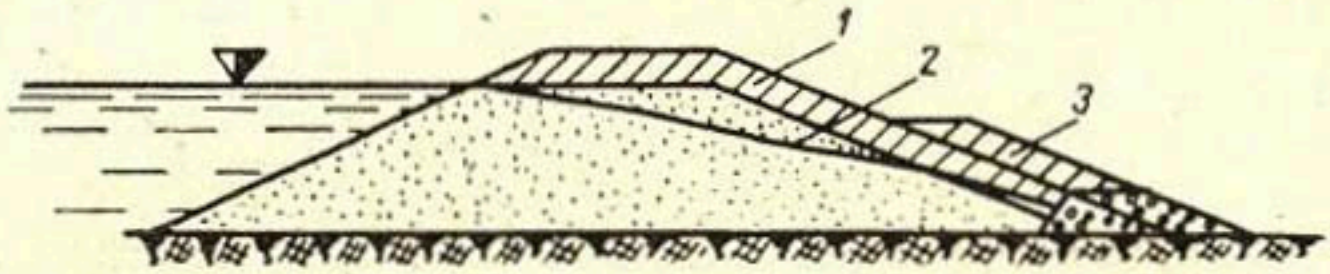


Рис. 90. Уширение профиля земляной плотины в случае выклинивания кривой депрессии:
1 — зона промерзания; *2* — кривая депрессии; *3* — уширение поперечного сечения.

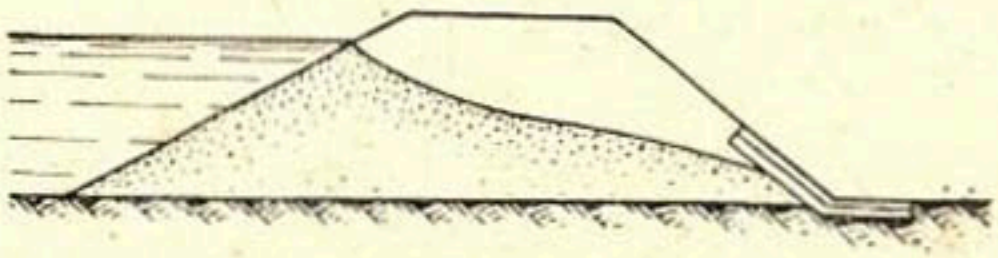


Рис. 91. Наслонный фильтр на низовом откосе плотины.

оплывания откоса в глубоких выемках необходимо содержать водоотводящую сеть в порядке и не допускать смачивания откоса поверхностными водами.

Обрушение откосов выемок и насыпей может происходить также вследствие резкого снижения горизонта воды в канале. Поэтому уменьшать или повышать расходы воды в канале, а также изменять горизонты воды нужно постепенно, руководствуясь указаниями, приведенными в § 54.

Оползни откосов опасны в глубоких выемках каналов. Они возникают вследствие прорезания выемкой естественных плоскостей скольжения грунта и особенно интенсивны при смачивании этих плоскостей грунтовыми водами. Чтобы предупредить оползание, разгружают откосы от кавальера, перебрасывая его от бровки канала. Кроме того, устраивают нагорный или ловчий канал для перехвата поверхностных или грунтовых вод,

поверхностный дренаж, а также уполаживают откос выемки. Завалы сечения канала в результате оползня нужно немедленно расчищать.

Повреждение откосов плотин, валов и дамб каналов происходит от многих причин: деформаций дна и откосов (осадка), оплывин; резкого снижения уровня воды (рис. 92); действия льда (удары льда при ледоходе или вмерзание льда в крепления); выноса грунта

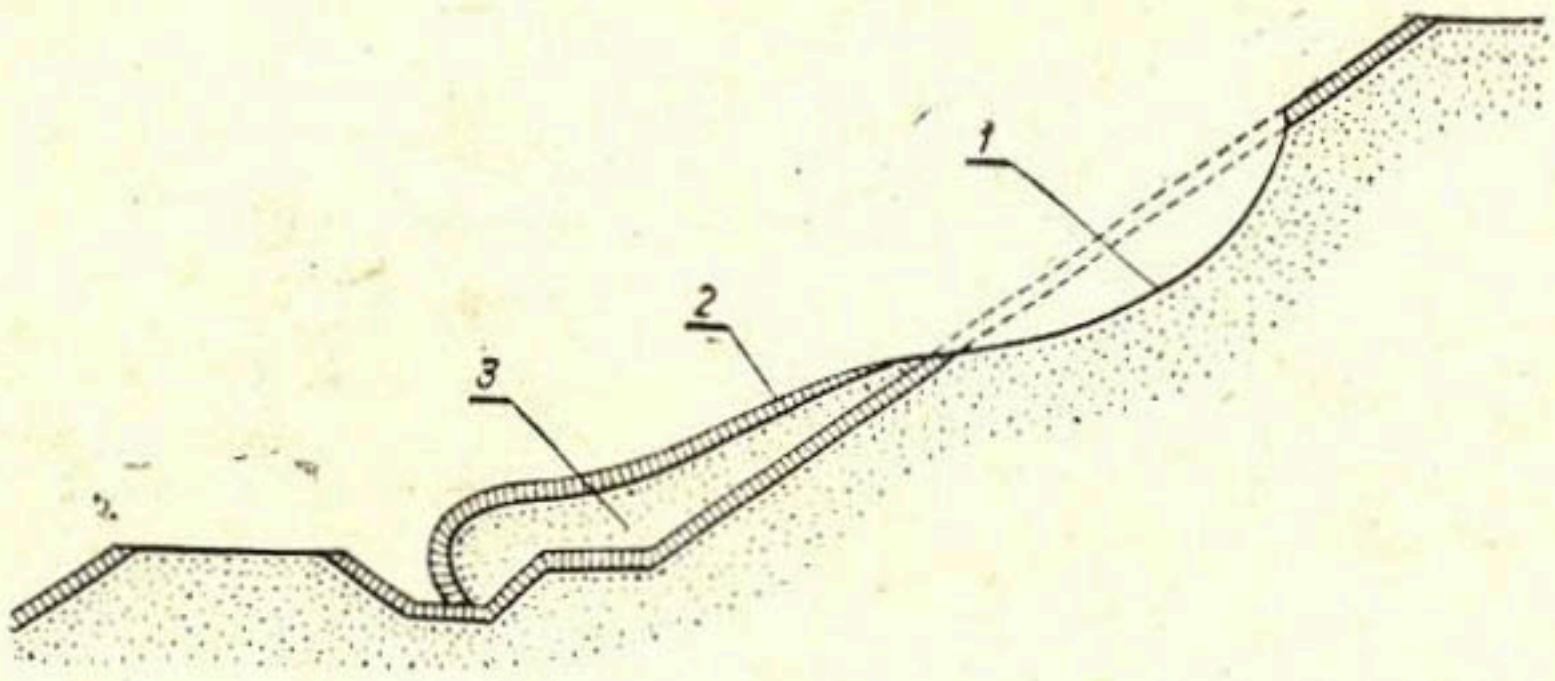


Рис. 92. Оплывание откоса дамбы:
1 — линия оползания грунта; *2* — одерновка; *3* — оплывший грунт.

из-под креплений через швы и трещины вследствие неудовлетворительного качества работы или несоответствия принятого типа крепления фактическим скоростям потока или высоте волны; промерзания насыщенных водой грунтов под облицовкой (пучение) и др.

Текущий ремонт креплений и облицовок является лишь временной мерой предупреждения крупной аварии и не может явиться радикальным средством борьбы с повреждениями. При повреждении креплений и облицовок нужно устранить причины их возникновения.

Пучение грунта происходит в результате замерзания воды в порах грунта и увеличения в связи с этим его объема. Вследствие промерзания и последующего оттаивания в грунтах появляются трещины. Из-за пучения грунтов разрушаются облицовки и крепления каналов и дамб. Если в зимнее время система закрыта и подача воды в нее прекращена до наступления промерзания грунтов, дамбы успевают отдать фильтрационную воду и не подвергаются промерзанию, а следовательно, и пучению.

Чтобы не допустить пучения грунта при пропуске воды в систему в зимнее время, необходимо утеплить его песком, снегом.

Перелив воды через гребень вала и дамбы происходит при внезапном увеличении расхода воды в канале, образовании затора в нем или просадки дамбы. Вода переливается через гребень вала обычно в паводковый период, когда горизонт воды в реке поднимается выше гребня вала, что не было учтено в проекте.

При угрозе перелива воды дамбу канала или защитный вал немедленно наращивают по всему фронту мешками с землей; если мешков нет, отсыпают земляной валик необходимой высоты по гребню дамбы или вала вдоль напорного откоса с постепенным усилением его поперечного профиля.

Если прорыв валов предотвратить нельзя и имеется вторая линия валов, то включать ее в работу целесообразно путем постепенного заполнения водой пространства между обеими линиями валов.

Подмыв основания защитных валов наблюдается при смыве береговой полосы и подходе основного потока реки непосредственно к основанию вала. При обнаружении начавшегося разрушения береговой полосы по возможности отклоняют течение воды в реке от берега и защитного вала, устраивая прорезь или прокоп, отбойные дамбы, буны и т. п. Береговую полосу закрепляют фашинами, каменной наброской и др. Иногда устраивают «затишье» у размываемого берега, увеличивая коэффициент шероховатости (ветвистые деревья, сетчатые заграждения). При угрозе разрушения устраивают вторую линию валов.

Фильтрация через дамбы каналов и защитные валы происходит из-за появления трещин в насыпи при неравномерной осадке насыпного грунта или в результате сильных морозов, образования ходов землеройных животных, неплотного сопряжения тела насыпи с грунтом основания, а также вследствие неудовлетворительного уплотнения грунта при возведении дамбы, вала.

Появление фильтрующейся мутной воды особенно опасно. Оно свидетельствует о выносе частиц грунта из насыпи. При обнаружении просачивания на низовом

откосе расчищают выход фильтрационной воды, засыпают его гравийно-песчаной смесью или устраивают обратный фильтр. Эта мера может задержать вымыв частиц грунта из дамбы и уменьшить фильтрацию.

Для прекращения фильтрации воды отсыпают грунт по напорному откосу в месте фильтрации для кольматации образовавшихся в дамбе трещин и ходов. Если фильтрация воды продолжается, то необходимо прекратить ток воды на размываемом участке и ликвидировать трещины и кротороины. Иногда эти работы можно выполнить и при заполнении канала водой. В этом случае надо плотно прикрыть опасный участок брезентом или оградить его перемычкой.

Размывы русла каналов особенно опасны на участках, где каналы проходят в насыпи, полунасыпи-полувыемке или на косогоре, так как размывы здесь могут привести к образованию прорывов каналов и к выключению нижерасположенных земель из орошения или обводнения иногда на длительное время. Размыв ложа каналов вызывается недопустимыми для данных грунтов или креплений скоростями течения воды в канале. В больших и судоходных каналах размыв может вызываться ударами волн. Наибольшие размывы ложа каналов бывают во время пропуска форсированных расходов воды. Нередки случаи размывов откосов защитных валов в период паводка.

Размывы ложа каналов, возникающие из-за больших скоростей воды, можно ликвидировать укреплением дна и откосов каналов дерном, фашинами, каменной отмосткой, бетонными плитами и т. п. Выбор типа крепления каналов зависит от скорости течения воды и имеющихся материалов. Скорости течения воды можно уменьшить, придав каналу меньший уклон на размываемом участке. Смягчение уклона достигается устройством перепада. Выбор того или иного способа борьбы с размывами канала определяется экономическими соображениями и наличием местных строительных материалов.

Деформация ложа оросительных каналов (вновь построенных) происходит в тех случаях, когда они проходят в макропористых лессовидных суглинках или просадочных лессах. Просадки грунта в зависимости от его толщи и залегания грунтовых вод могут

иметь значительную величину (1 *м* и более). В результате просадок вдоль канала образуется ряд параллельных глубоких трещин, которые могут вызвать прорыв канала (рис. 93).

Основные меры борьбы с просадками: усиленная замочка канала, непрерывный надзор за ним и по мере просадки приведение канала к проектному профилю. Основные работы по борьбе с просадками грунта проводятся строительной организацией в период пробной эксплуатации системы.

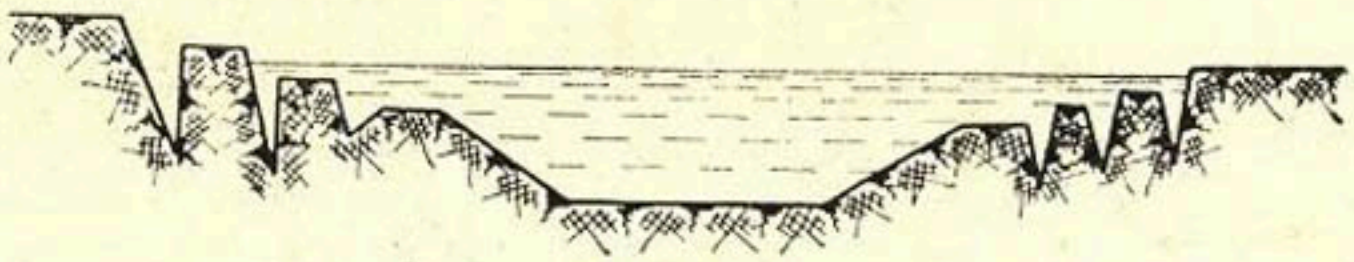


Рис. 93. Поперечный профиль просевшего участка канала.

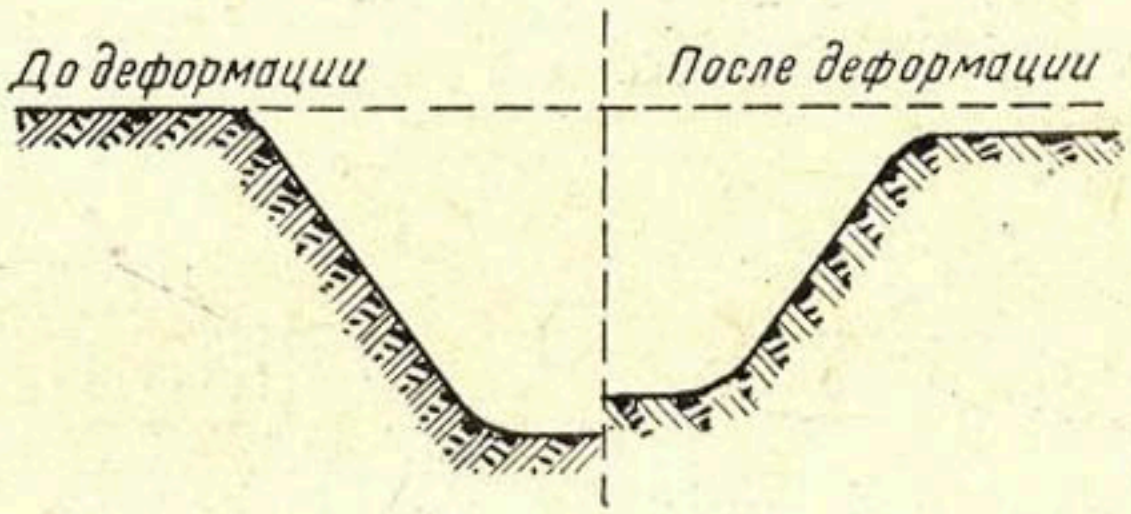


Рис. 94. Деформация канала из-за осадки торфа.

Осадка крупных насыпей происходит вследствие осадки их основания и усадки насыпей. По мере осадки насыпей их досыпают до проектных размеров.

Деформация осушительных каналов, а также защитных валов и дорожных насыпей на осушительных системах может происходить под влиянием осадки и уплотнения торфяной толщи или поверхностных слоев почвогрунтов (рис. 94). В результате деформации на дне и откосах каналов могут появиться пни и стволы погребенных деревьев (рис. 95), а у стен или под полом сооружений — пазухи.

Чтобы придать деформировавшимся каналам проектные габариты, их углубляют до проектных отметок, откосы подчищают. Валы и дорожные насыпи, высота которых уменьшилась от просадки грунта, также досыпают до проектных отметок.

Появившиеся в каналах пни и стволы погребенных деревьев извлекают или подрезают заподлицо с дном и

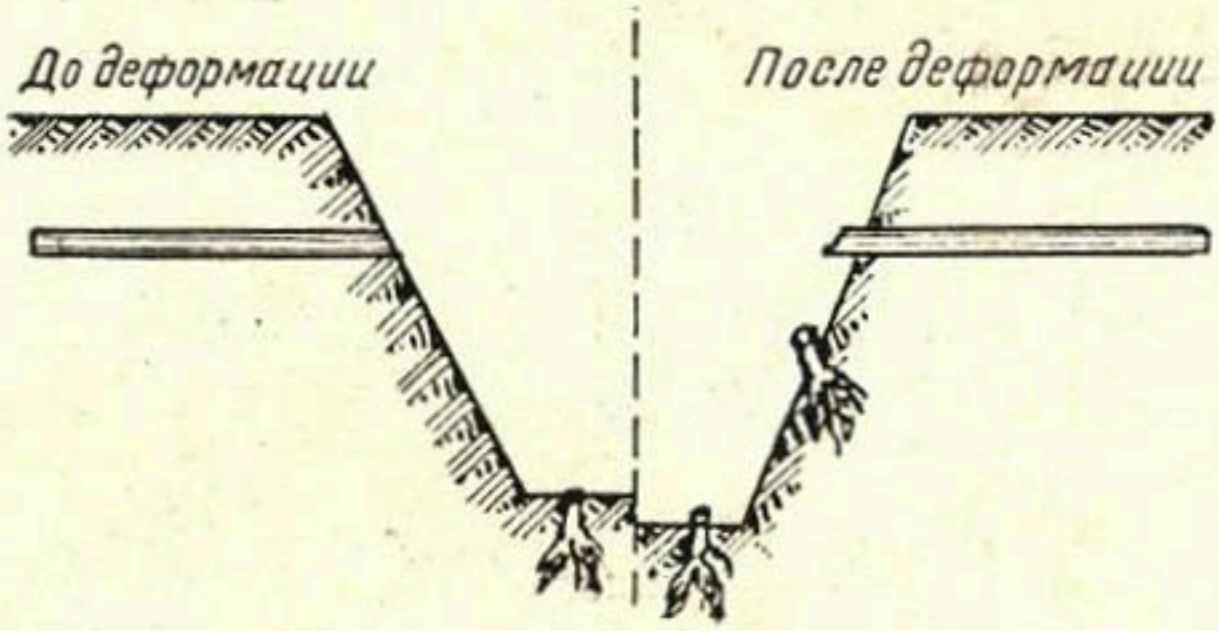


Рис. 95. Выпирание погребенной древесины в откосах и дне канала.

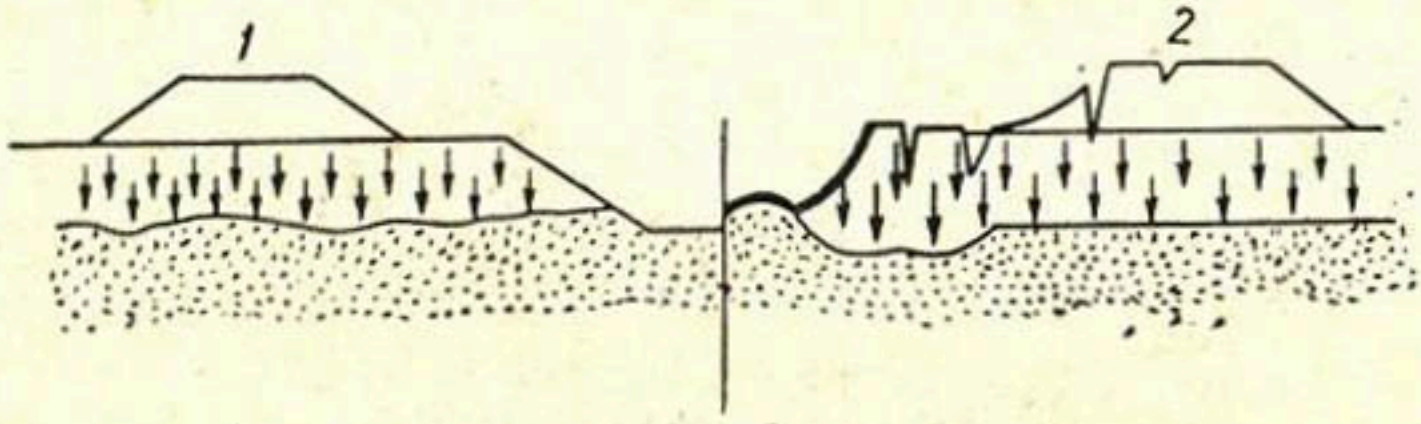


Рис. 96. Обрушение откосов из-за вытекания грунтов в основании откоса:
1 — до деформации; *2* — после деформации.

берегами. Пазухи у сооружений засыпают смесью торфа с песком с послойным тщательным трамбованием.

На осушительных системах часто наблюдается разрушение откосов и уменьшение размеров поперечных сечений каналов и водоприемников по причинам, не связанным с осадкой или уплотнением торфа. Так, вследствие вытекания разжиженных у основания откоса отложений (рис. 96) в водоприемник или канал сползают верхние слои грунта. В этих случаях основание отко-

сов закрепляют, а нарушенные верхние слои грунта срезают и удаляют.

Если сползание откосов канала вызвано выпиранием нижних слоев торфа из-за давления кавальеров или близкого расположения дороги, то необходимо удалить кавальеры, перенести дорожную насыпь в сторону от канала, подчистить дно, а откосы спланировать.

Под воздействием мороза и солнца происходит растрескивание и шелушение поверхности откосов, особенно в глубоких каналах. Такие откосы надо засеять травами или задерновать и периодически подчищать.

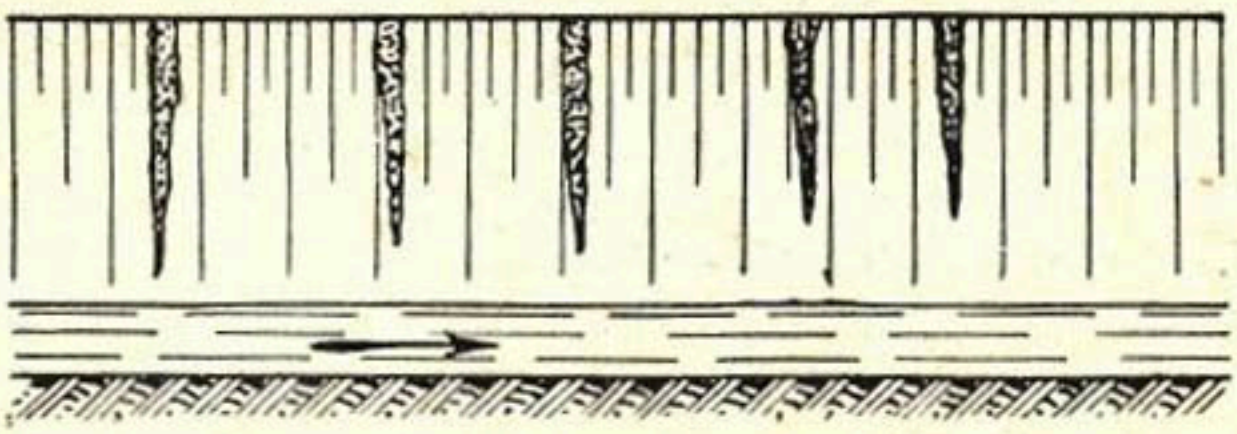


Рис. 97. Размыв откосов поверхностной водой.

В случае размыва откосов поверхностной водой, стекающей в каналы (рис. 97), также укрепляют откосы дерном или засевают их травой. Кроме того, перехватывают поступающие в канал воды кюветом и сбрасывают их в канал через воронки.

При впадении в водоприемник или канал водотоков, несущих значительное количество наносов, устраивают илоуловители.

Каналы и водоприемники, проходящие в торфяных грунтах, заиляются, особенно в первые годы после строительства, аморфными остатками торфяной массы (бузы), вытекающей из откосов и дна под влиянием тока грунтовых вод и давления уплотняющегося торфа. Нередко буза скопляется и образует на отдельных участках каналов перекаты. Все эти места очищают, а на участках, где буза отложилась тонким слоем, смывают ее водой посредством взмучивания.

Выводные устья закрытых осушительных систем забиваются сором и различными предметами, плывущими в открытых каналах, а также лягушками, кротами

и другими мелкими животными. Трубы закрытых систем забиваются выпадающими из раствора хлопьями солей закисного железа (ржавчина) и мелкими частицами грунта, попадающими через стыки. Корни деревьев и кустарников, проникающие через стыки, уменьшают поперечное сечение дрен, а нередко полностью закупоривают трубы. Выводные устья нужно периодически осматривать и очищать, а трубы промывать. Трубы, заполненные корнями древесной растительности, следует очищать или заменять новыми. Деревья и кустарники, растущие вблизи закрытых каналов, надо вырубать.

Вследствие недосмотра при проектировании или строительстве часто наблюдается размокание откосов каналов (особенно когда они приходят в малопроницаемых грунтах) из-за отсутствия воронок. В таких случаях разравнивают кавальеры или устраивают забанкетные канавы. Кроме того, во всех местах пересечения каналами понижений и западин устраивают воронки. Для предохранения каналов от разрушений в местах пересечения ими текучих грунтов (плывуны, буза, сапропель и др.) необходимо устраивать крепления или сопрягающие сооружения. При впадении воронок в глубокие каналы откосы последних, начиная примерно с половины высоты коронки, покрывают дерном до отметки бытового горизонта. При значительных расходах воды задерновывают и сами воронки. Для предохранения водоприемников и каналов от засорения из-за обвалов близ расположенных кавальеров их лучше разровнять. Неразровненные кавальеры должны быть отброшены на расстояние не меньше средней глубины выемки и задернованы или засеяны многолетними травами. Особенную опасность представляют кавальеры из песка и других малосвязных мелкоземистых грунтов. Эти кавальеры, если их нельзя разровнять и засеять, следует обсадить ивой, шелюгой и другими кустарниковыми породами.

Остановка плотов вызывает увеличение скорости движения воды под ними и размыв дна. Поэтому останавливать плоты следует исключительно в затонах или на плесах с большими глубинами. Нельзя также разрешать пользоваться для остановки плотов якорями. При молевом сплаве леса плывущие бревна, ударяясь

в откосы каналов, а иногда и кавальеров, наносят им повреждения. В связи с этим молевой сплав леса по отрегулированным рекам и каналам не должен допускаться. В местах поворота русла следует устраивать отбойные боны. Ежегодно в период низких вод нужно обследовать русла водоприемников и извлекать бревна, затонувшие при лесосплаве.

Во всех местах, где канал разрушен переходами скота, переездами или по другим причинам, вдоль ка-

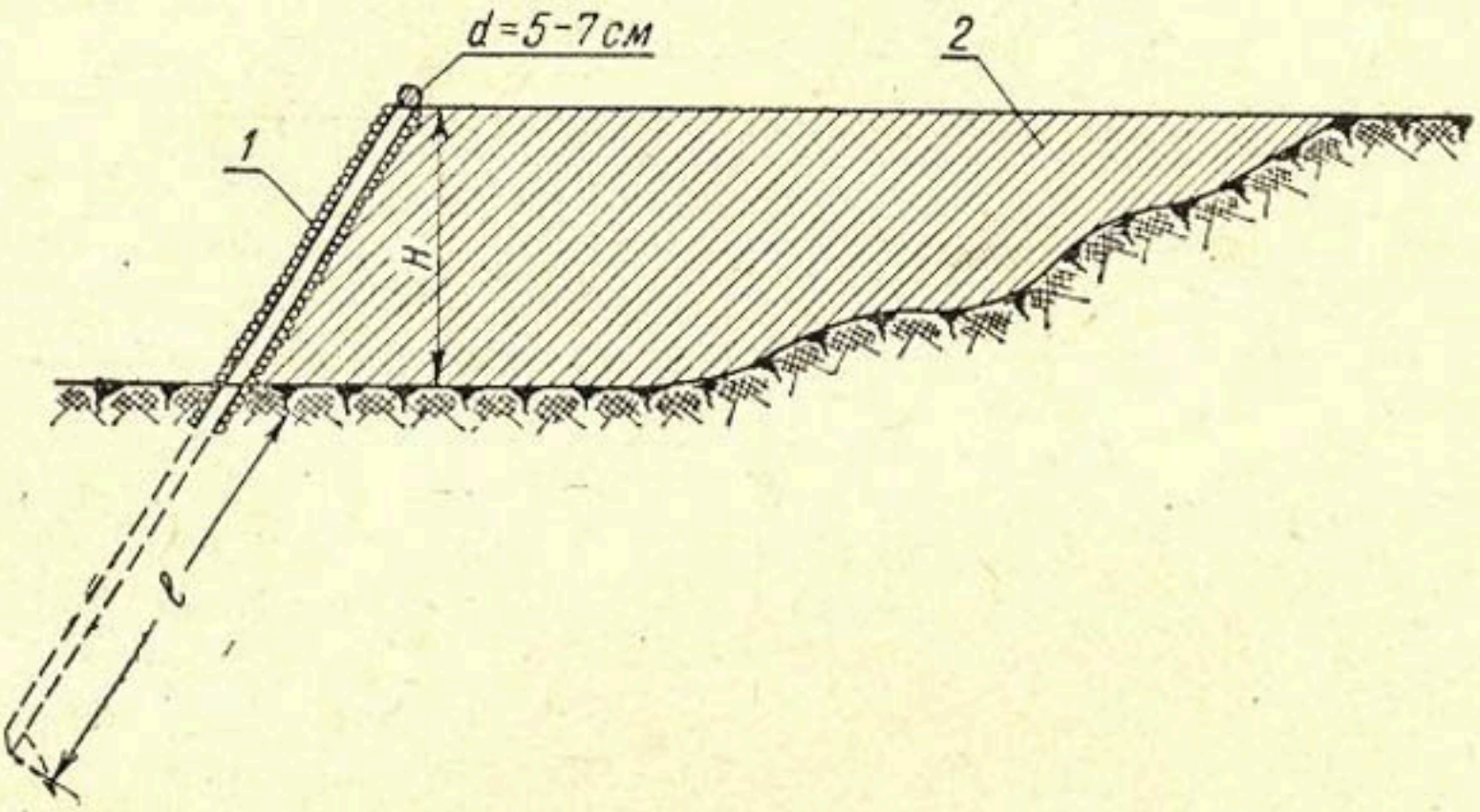


Рис. 98. Ремонт откоса канала:
1 — плетень; *2* — насыпка.

нала устраивают из плетня стенку, запускаемую в необрушенную часть канала на 2—3 *м*. За плетневую стенку вровень с бровками засыпают местный грунт (рис. 98). При значительной высоте плетня (более 1,5 *м*) устраивают поперечные плетневые анкеры.

Встречаются два случая ремонта креплений: а) когда разрушена или нарушена конструкция крепления и б) когда конструкция крепления сохранилась, но грунт из-под нее вымыт или оплыл. В первом случае разбирают и убирают всю разрушенную часть крепления, оправляют откос и затем устраивают на разрушенном участке новое крепление. Во втором случае старое крепление не трогают, все места с оплывшим грунтом расчищают, засыпают новым грунтом, тщательно трамбуя его, а подмытые места дополнительно закрепляют. В

этих случаях полезно перед засыпкой грунта уложить слой дерна.

Просадка засыпки пазух за стенками гидротехнических сооружений — следствие неудовлетворительного качества выполненных работ по засыпке или вымыва грунта из-за стенок сооружения. В этих случаях путем зондировки или шурфования устанавливают причины просадки и устраняют их, а просадку ликвидируют дополнительной засыпкой грунта с тщательным уплотнением.

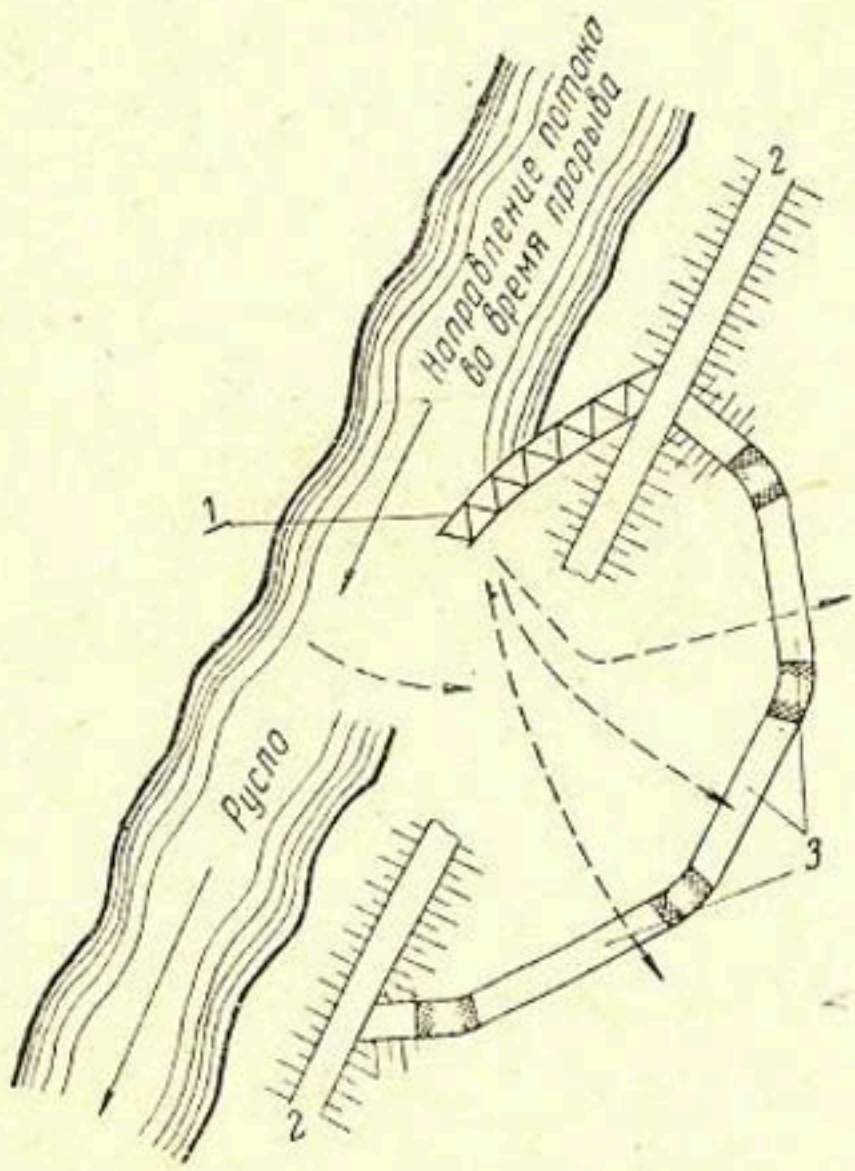


Рис. 99. Схема заделки крупного прорыва дамбы с помощью скобы:
1 — отбойная шпора; *2* — дамба; *3* — сипайные водосливы.

Прорывы каналов и защитных валов ликвидируют различными способами, в зависимости от мощности водного потока, высоты насыпи, грунтов, из которых сложено основание насыпи, наличия запаса аварийных материалов и средств механизации.

В первую очередь предупреждают расширение прорыва защитного вала. Для этого торцы разорванного вала закрепляют мешками с землей, брезентом, фашинами (карабурами), забивкой рядов свай и закладкой между ними и торцами вала хвороста, соломы или бревен. Прорыв заделывают с помощью скобы — временного ограждения, выдвинутого в сторону верхнего или нижнего бьефа и представляющего собой ряд водосливов, способствующих распластыванию потока и разбивке его на ряд мелких потоков (рис. 99). Скобу устраивают из сипайной кладки, под защитой которой возводят перемычки из хвороста, соломы и грунта или мешков, наполненных грунтом. Скоба может быть выполнена из тяжелых фашин, с укладкой между ними

слоев хвороста, соломы и грунта или мешков с грунтом, а также из ряда свай и уложенного по ним с напорной стороны брезента. Вместо брезента используют снопы из соломы и хвороста, присыпанные грунтом.

После временной заделки прорыва скобой осушают воронку размыва по трассе защитного вала и тщательно заделывают ее грунтом с послойным уплотнением. При сопряжении заделки вала с его торцами должны быть полностью разобраны все временные крепления торцов.

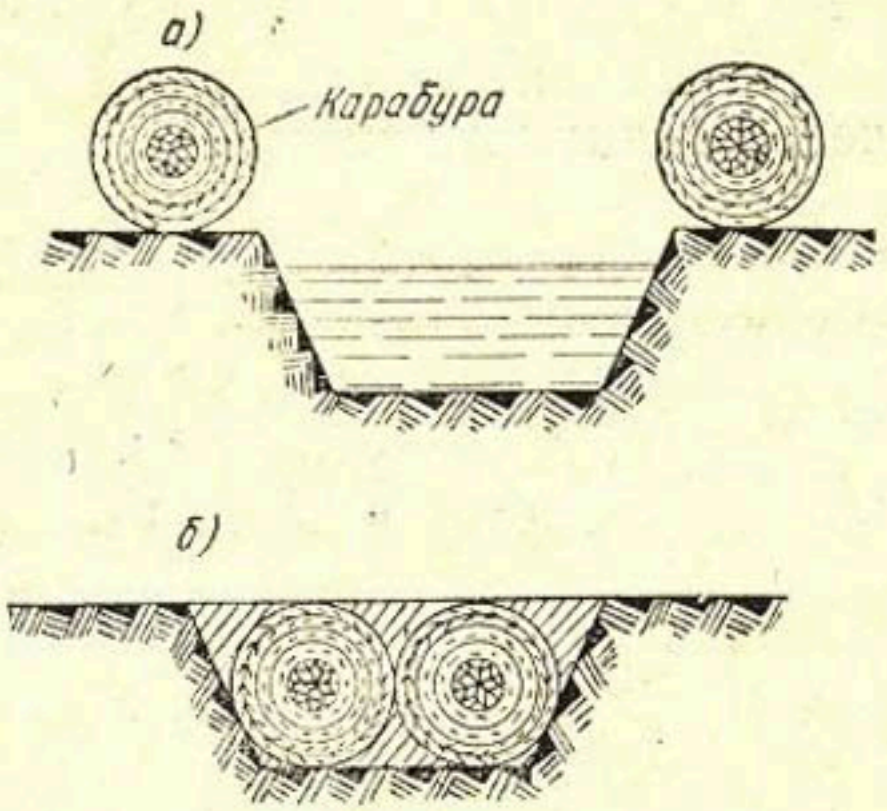


Рис. 100. Перекрытие прорыва с помощью тяжелых фашин (карабур):

а — подготовка к закрытию; *б* — прорыв закрыт.

При заделке прорыва дамбы канала прекращают поступление воды по каналу к участку прорыва. Для этого перекрывают канал выше прорыва перемычкой для задержания сливной призмы воды в канале выше прорыва и срочно заделывают прорыв дамбы, используя имеющиеся средства, чтобы не допустить длительного перерыва в подаче воды. Канал перекрывают карабурной (рис. 100) или брезентовой (рис. 86) перемычкой, или мешками, наполненными грунтом.

Бетонные и железобетонные гидротехнические сооружения

Коррозия бетона возникает при недостаточной его плотности. Вследствие насыщения толщи бетона водой с малой жесткостью происходит растворение составных частей цементного камня и постепенное разрушение бетона. Коррозия может произойти и от воздействия на бетон воды, содержащей химические соединения; в этом случае продукты обменной реакции этих соединений с составными частями цементного камня или растворяются и уносятся водой, или выделяются в виде

аморфной, не обладающей вяжущими свойствами, массы.

Для борьбы с коррозией применяют цементацию или силикатизацию бетона, а также покрывают его поверхность гидроизоляционными материалами.

Цементация заключается в нагнетании в бетон через скважины цементного раствора, который под давлением до 3 *ат* проникает в трещины и пустоты бетона и, схватываясь, уплотняет его. Раствор нагнетают до полного отказа, т. е. до прекращения поглощения раствора бетоном.

Цементация применяется также при заделке трещин в бетоне, возникающих в результате неравномерной осадки сооружения, усадочных явлений (рис. 101), образования пустот в бетоне, вследствие плохого качества строительных работ и др.

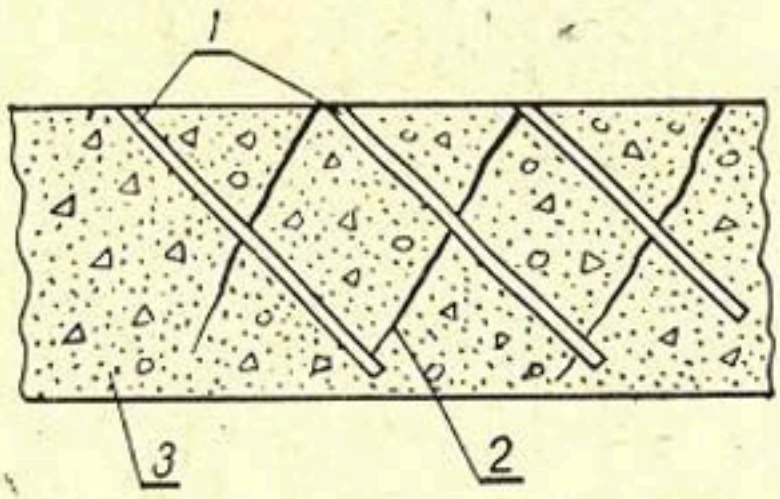


Рис. 101. Взаимно наклонное расположение цементационных скважин и трещин в бетоне: *1* — цементационные скважины; *2* — трещины; *3* — бетонная плита.

В тонких конструкциях бетон цементируют не через скважины, а с поверхности, при помощи прижимной плиты (рис. 102).

Силикатизация применяется для бетонов с малой водопроницаемостью (пористостью), так как цементный раствор не может глубоко проникнуть в толщу такого бетона. Силикатизацию производят обычно под давлением в 6 *ат* жидким стеклом (силикат натра) и раствором хлористого кальция; вначале нагнетают жидкое стекло, а затем в ту же скважину нагнетают хлористый кальций.

Трещины в бетонных и железобетонных сооружениях, вызванные температурными напряжениями, целесообразно заделывать эластичными материалами (битумом и др.), чтобы сохранить способность трещины деформироваться, не раскрываясь, при температурных изменениях.

При образовании крупных вертикальных трещин, возникших вследствие продолжающегося подмыва сооружения водой, усиления оползневых явлений и других причин, необходимы капитальные работы для устране-

ния причин возникновения этих трещин. Временно же, до выполнения капитальных работ (уширение основания сооружения и др.), заделывают трещины при помощи анкерных болтов, втопленных в бетон, с накладкой полосы из листовой стали (рис. 103).

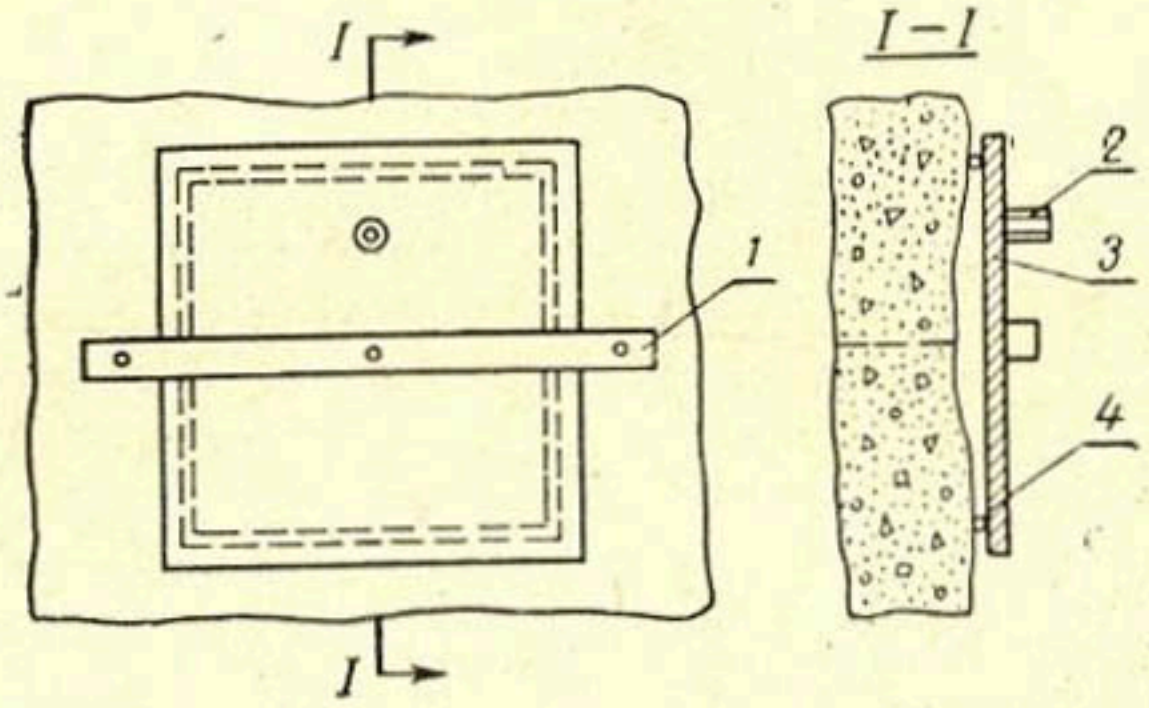


Рис. 102. Цементация бетона в тонких конструкциях:

1 — прижимной брус; *2* — патрубок для нагнетания раствора; *3* — плита; *4* — резиновый шнур.

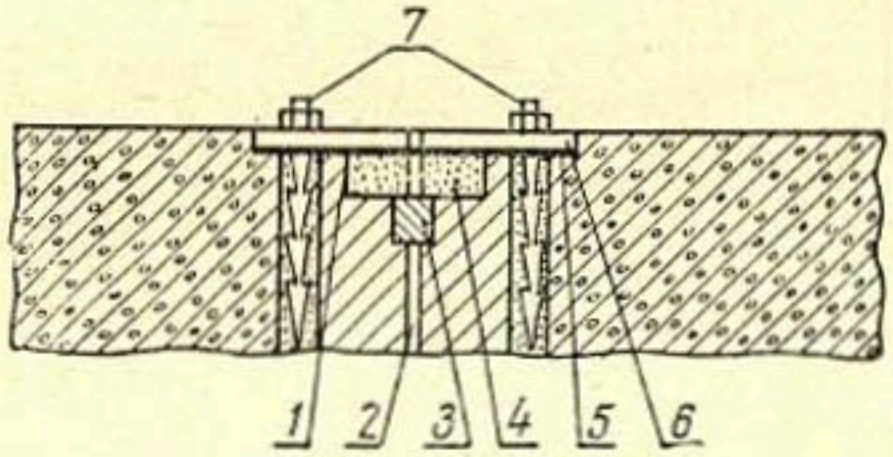


Рис. 103. Заделка трещин в бетонной стене канала:

1 — линия вырубки бетона; *2* — конопатка трещины; *3* — заливка битумом; *4* — заполнение цементным раствором; *5* — противофильтрационная прокладка; *6* — металлический лист S = 10 *мм*; *7* — болт *d* = 16 *мм*.

Горизонтальные сквозные трещины также опасны для устойчивости сооружения. Они свидетельствуют о недостаточной связи между частями сооружения или неправильной загрузки его (избыточное давление от обратной засыпки за стенки сооружения и др.). В этих случаях путем наблюдений и поверочных расчетов выясняют причины образования трещин и устраняют их.

Трещины в наружной облицовке бетонных и железобетонных сооружений (в штукатурке) не представляют какой-либо опасности; их устраняют затиркой.

Истирание бетонных и железобетонных поверхностей наносами сильно распространено на сооружениях головного участка, не имеющих специальных защитных покрытий (базальтовые, гранитные облицовки, чугунные плиты и др.). Поврежденные от истирания места восстанавливают торкретированием. Для этого поверхность бетона предварительно очищают металлическими щетками и промывают водой. Цементный раствор наносят под давлением 2—5 *ат*.

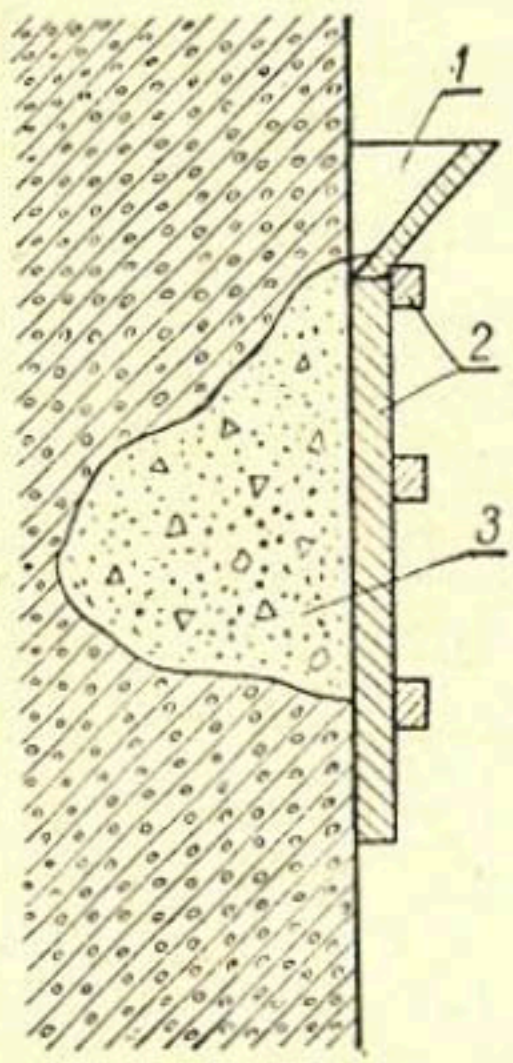


Рис. 104. Заделка каверны в бетонной стенке:

1 — воронка для укладки бетона; *2* — опалубка; *3* — каверна.

Каверны и повреждения бетонных поверхностей (выбоины, сколы углов и др.) заделывают пластичным бетоном. Для этого удаляют слабый бетон, очищают поврежденную поверхность и насекают ее для лучшего сцепления нового бетона со старым. Бетон укладывают при помощи опалубки и воронки (рис. 104.) После бетонирования воронку снимают и верхнюю открытую часть свежего бетона закрывают доской.

Температурные и осадочные швы в бетонных и железобетонных сооружениях часто подвергаются повреждениям; для восстановления их водонепроницаемости заливают шпонки гудроном; перед заливкой просушивают и обогревают штрабу шпонки, чтобы обеспечить схватывание мастики с бетоном.

Следует систематически осматривать швы в бетонных и железобетонных облицовках. Расстройство швов в облицовках и образование в них трещин от усадки бетона, температурных изменений, неравномерной осадки грунта откосов или его пучения могут вызвать вынос грунта из-под облицовки и ее разрушение.

Повреждение и размыв креплений рисберм гидротехнических сооружений происходит из-за

плохого качества строительных работ, недостаточной длины водослива, несоответствия принятого типа крепления фактической скорости потока, внезапного пропуска больших расходов воды и др. Следует установить причину повреждения и в соответствии с этим провести ремонт или реконструкцию этой части сооружения.

Повреждения водосливной и водобойной частей сооружений являются следствием повышенного фильтрационного напора на флютбет (вспучивание), вымывания грунта из-под пола водобоя, неправильного маневрирования затворами сооружения и т. п.

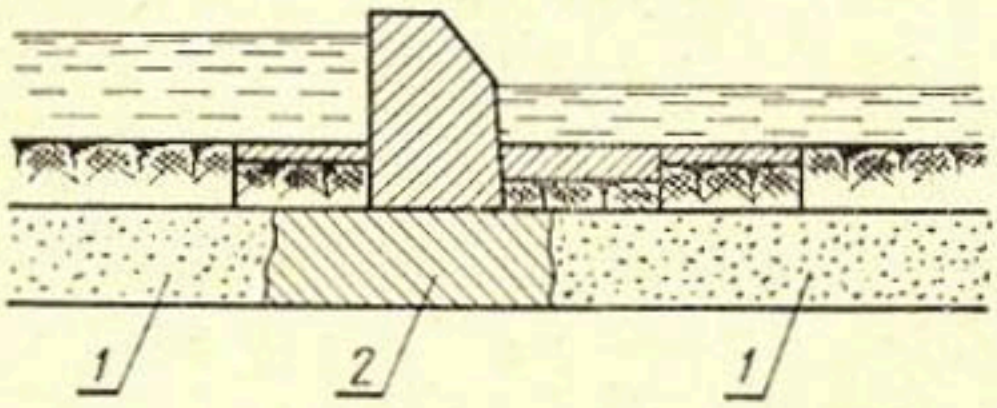


Рис. 105. Схема укрепления песчаного основания цементацией:

1 — песчаный грунт; *2* — цементированный участок.

Чтобы предупредить выпучивание водобоя, снижают напор на сооружение. Для этого устраивают зуб или шпунт впереди понура, с укладкой поверх водобоя бетонной или армированной бетонной рубашки. Пустоты, образовавшиеся в результате вымыва частиц грунта из-под пола водобоя, заполняют грунтом или цементным раствором.

Повреждения понурной части сооружений выражаются в размывах креплений вследствие больших входных скоростей на пороге сооружения, в образовании трещин и просадок, в результате раскрытия швов и вымыва грунта из-под основания понура. Деформация понурной части сооружения может быть вызвана недочетами в проектировании и строительстве, а также неправильной эксплуатацией сооружения. Размытые крепления в понурной части, в зависимости от причин размыва, восстанавливают, удлиняют или заменяют другими. Для устранения просадок применяют глинизацию основания понура или цементацию (рис. 105).

Расстройство стыков в трубчатых сооружениях (водовыпуски, перепады и др.) может быть причиной их разрушения. Оно опасно тем, что не может быть непосредственно установлено наружным осмотром. При просадках грунта над трубой вскрывают засыпку, проверяют состояние стыков и при необходимости тщательно их заделывают.

Расстройство дренажей в сооружениях является следствием засорения дренажных труб, заиления фильтрующей обсыпки, воздействия агрессивных вод и т. п. При расстройстве дренажей происходит просадка грунта на поверхности земли, заиление смотровых колодцев, уменьшение скорости движения воды в трубах вследствие их засорения, застой воды в колодцах и др.

Ремонт дренажей заключается в прочистке и промывке дренажных труб и фильтрующих материалов.

Деревянные гидротехнические сооружения

Загнивание древесины происходит в надводных частях гидротехнических сооружений. Особенно сильно загнивает древесина в частях сооружений, подверженных переменному увлажнению. Чтобы предохранить деревянные части сооружений от загнивания, их пропитывают масляными и водорастворимыми антисептиками, а также покрывают красками.

К масляным антисептикам относятся древесный и торфяный креозот, каменноугольная смола и др. Для уменьшения вязкости и лучшего проникновения в древесину масляные антисептики употребляют с растворителями — мазутом, зеленым мылом, бурым маслом и др. Из водорастворимых антисептиков используют кремнефтористый и фтористый натрий, медный купорос, уралит и др.

В условиях эксплуатации гидромелиоративных систем наиболее приемлемым способом защиты древесины гидротехнических сооружений является поверхностное нанесение антисептиков и окраска. Для окраски применяют битум, древесную или каменноугольную смолу.

Коррозию металлических поковок в деревянных конструкциях предупреждают систематической окраской их масляными красками, кузбасским лаком, битумом и др.

Расстройство сопряжений (смятие и скалывание врубок, выпучивание стенок, образование щелей в обшивке и др.) характерно для деревянных конструкций гидротехнических сооружений. Все повреждения следует немедленно устранять; врубки и соединения, а также места примыкания деревянных конструкций друг к другу должны быть плотными; поврежденные врубки усиливают или заменяют новыми, а хомуты, болтовые и другие соединения подтягивают. При выпучивании стенок разгружают обратную засыпку или устанавливают распорки, а образовавшиеся щели в облицовках законопачивают.

§ 105. МЕХАНИЗАЦИЯ ОЧИСТКИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ОТ НАНОСОВ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Значение и способы механизации очистки каналов, отстойников и водоприемников от наносов

Гидравлический смыв наносов является наиболее эффективным способом борьбы с заилением гидромелиоративных систем. Однако использование энергии потока для промывки наносов весьма ограничено и возможно только на системах, оснащенных промывными устройствами (см. § 56). В остальных случаях выполнение больших объемов работ по очистке в сжатые сроки требует применения максимальной механизации. Механизированный способ работ приобретает все большее и большее значение. В последнее время объем механизированных работ составляет 97—98% общего объема очистных работ по межхозяйственным каналам.

Несмотря на значительный и ежегодный рост механизированных способов работ по очистке гидромелиоративных систем от наносов, механизация земляных работ на каналах внутрихозяйственного значения применяется еще в недостаточных размерах, вследствие чего для очистки таких каналов привлекается большое количество водопользователей.

При очистке каналов вручную средняя дневная производительность одного человека составляет 4 $м^3$, что в 8—10 раз меньше производительности экскаватора и в 20—25 раз меньше производительности взрывного способа работ. Если к этому добавить, что очистка каналов

проводится в основном в период, когда землепользователи заняты на полевых сельскохозяйственных работах, то становится ясной необходимость максимальной механизации этих работ.

Применение механизированных способов очистки каналов, отстойников и водоприемников от наносов обеспечивает значительное повышение производительности труда, сокращает сроки, снижает стоимость и повышает качество работ.

Ручные работы можно допускать в исключительных случаях — при отсутствии свободного подхода к каналу и продвижения вдоль него строительных машин; при незначительных объемах работ и т. п.

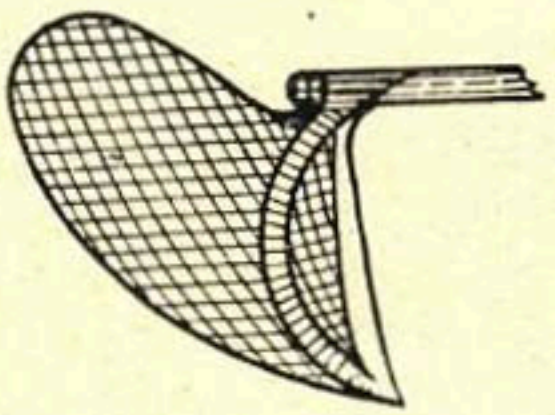


Рис. 106. Сетчатый ковш.

Очистку каналов от наносов вручную проводят в зависимости от размеров каналов с бермы, со дна, с плотов или же с лодок.

Однако и ручную очистку нужно по возможности сочетать со средствами так называемой малой механизации и применять такую организацию работ, которая обеспечивала бы высокую производительность труда колхозников и рабочих. Так, например, при очистке оросительных каналов вручную пропуск воды по ним прекращают за 5—7 дней до очистки для осушки грунтов и обеспечения тем самым условий для более высокой производительности труда. За каждой группой водопользователей закрепляется отдельный участок работ, обеспеченный выездами и трапами для выноски и вывозки наносов. В широких и глубоких каналах для удаления наносов в кавальеры применяют передвижные ленточные транспортеры.

Небольшие объемы работ по очистке осушительных систем от заиления и обвалов выполняются при помощи лопат и сетчатых ковшей (рис. 106). Выброшенный из каналов грунт укладывают с низовой стороны, чтобы он не препятствовал свободному стоку воды в эти каналы.

Очистка «елкой» применяется в осушительных каналах с рыхлыми наносами (буза, ил) и при наличии в каналах воды. При этом способе очистки на дно канала укладывают срубленную елку или ветвистую сосну и пригружают ее сверху мешком с землей или камнями; к

вершине елки прикрепляют канаты для протаскивания. Протаскиваемая лошадьми елка увлекает за собой наносы, которые по мере накопления извлекают сетчатыми ковшами. Тащить елку по дну приходится обычно не менее двух раз: сначала против течения, а затем по течению. В местах, где нет хвойных деревьев, можно применять хворостяной сноп диаметром 70—80 *см* и длиной не менее 1,5—2 *м*. Для устройства этого пучка используются ивняк и березовый кустарник, растущие на болоте. Несмотря на примитивность этих приспособлений, применение их значительно облегчает и ускоряет очистку каналов от наносов. В сухое время года небольшие осушительные каналы, особенно в минеральных грунтах, очищают тяжелым грейдером.

Как показывает практика, очистка осушительных каналов от наносов из-под слоя воды менее эффективна и более трудоемка. Поэтому при очистке каналов, глубина воды в которых более 20—30 *см*, следует устраивать перемычки, а к очистке приступать лишь после того, как канал ниже перемычки освободиться от воды и подсохнет. Если текущий ремонт проводится при незначительных удельных объемах наносов, лучше применять такие перемычки, постройка которых не требовала бы большой затраты времени и труда. При очистке каналов глубиной до 1 *м* и шириной по дну до 0,8 *м* наиболее пригодны переносные дощато-щитовые перемычки (рис. 85), а при очистке более крупных каналов — брезентовые (рис. 86). Если воду, накопившуюся за перемычкой, нельзя отвести самотеком в ближайший канал или понижение, ее время от времени откачивают. При незначительных расходах воду откачивают диафрагмовыми насосами; при больших расходах для откачки воды применяют передвижные насосы, приводимые в действие механическими двигателями.

Закрытые осушительные системы лучше всего очищать от наносов промывкой. Для очистки закрытых дрен, впадающих в открытые каналы, в верхнем конце дрены устраивают шурф сечением 2×2 *м* или $1{,}5 \times 1{,}5$ *м* и глубиной на 30—40 *см* больше глубины закладки дрены. Затем пробкой из травы или пакли закрывают устье канала и наполняют шурф водой. После этого пробку открывают и протекающая под напором вода смывает насосы.

Описанный способ очистки можно успешно применять, если вблизи имеется водоисточник; если водоисточника нет или если дрены впадают в коллектор, промывку проводят при помощи насоса, с подачей воды из автоцистерны.

Трубы-переезды очищают от наносов, протаскивая через них скребки, специальные ерши или же промывая их водой. В последнем случае верховой конец трубы перекрывают временным щитом так, чтобы внизу оставалась щель высотой 15—20 *см*.

Если в крупном канале или водоприемнике осушительной системы образовалась незначительная отмель, а ниже ее располагаются плесовые участки, наносы удаляют размывом. Для этого устанавливают ряд лодок, пространство между которыми перекрывается щитами, сужающими поперечное сечение канала настолько, что образуется скорость, достаточная для размыва отложившихся наносов. На участках реки или канала, где вследствие уменьшения уклонов или впадения притоков постоянно отлагаются наносы, целесообразно применять струенаправляющие системы М. В. Потапова. Этот способ был испытан в Московской области на р. Дубне, где поперечная циркуляция возбуждалась системой хворостяных щитов, прикрепляемых к сваям. Щиты устанавливали на глубину, равную примерно $^2/_3$ глубины потока.

Стволы деревьев и пни извлекают из канала лебедками и другими грузоподъемными механизмами, при этом следят за тем, чтобы не повредить дно и откосы.

Механизированную очистку от наносов каналов, отстойников, водоприемников, прудов и водоемов можно выполнять следующими способами: 1) гидромеханическим, с применением землесосов и гидромониторов; 2) механическим, с разработкой грунтов сухопутными землеройными машинами и 3) взрывным (взрыв на выброс).

Землесосные снаряды и гидромониторы

Для очистки водоприемников, отстойников, прудов и водоемов, а также крупных каналов наиболее эффективны землесосы. Несложность гидромеханического оборудования и высокая производительность землесосных

установок, в результате применения которых стоимость 1 $м^3$ земляных работ по очистке каналов резко снизилась, способствовали быстрому росту парка землесосных снарядов в водном хозяйстве страны.

В настоящее время наибольшее распространение на работах по очистке получили плавучие несамоходные дизельные землесосы следующих типов: 8ПЗУ-ВНИИГиМ, 4ПЗУ-ВНИИГиМ, ПКГ Потийского завода, ПКГ-300.

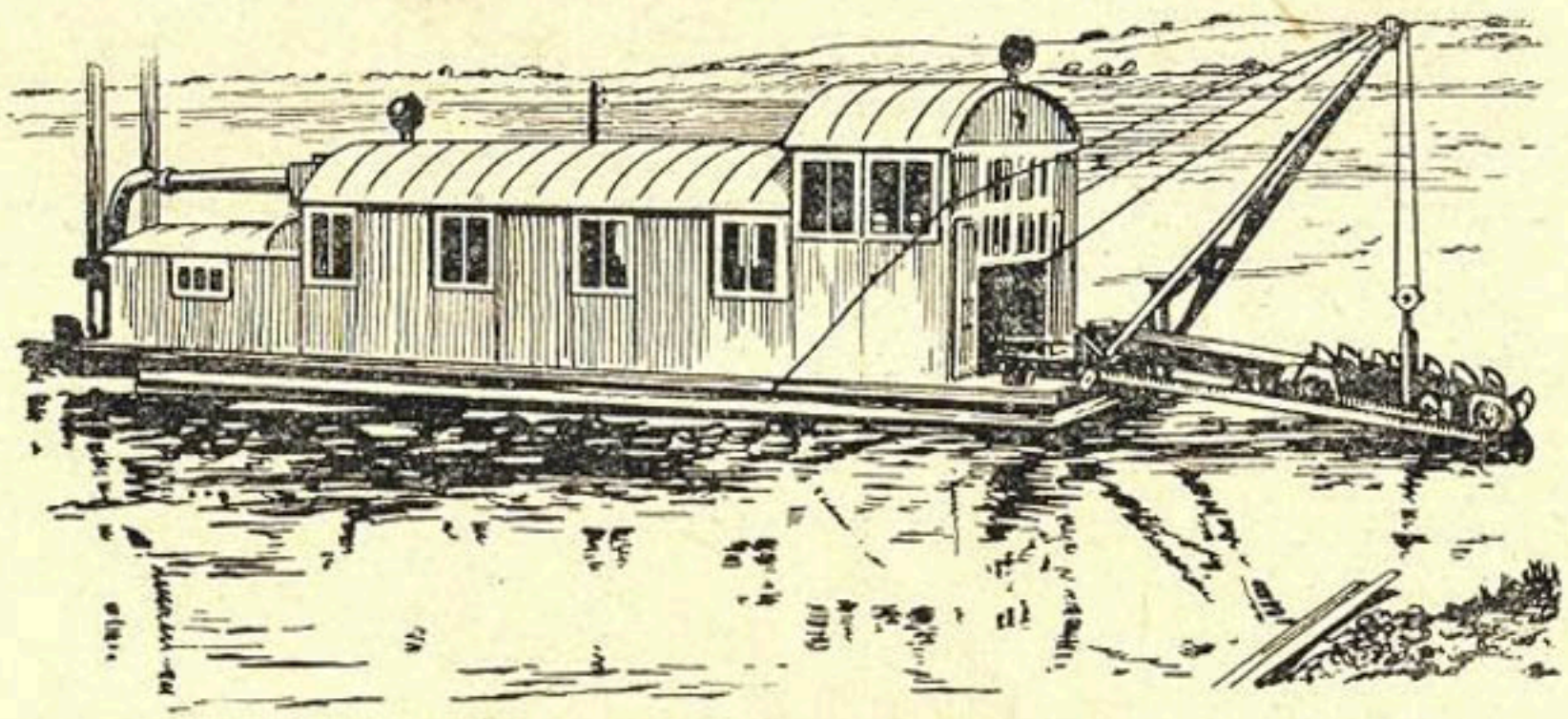


Рис. 107. Плавучая землесосная установка 8ПЗУ-ВНИИГиМ.

Установку типа 8ПЗУ-ВНИИГиМ (рис. 107) обслуживают три человека. Ее используют для очистки каналов и других водоемов с шириной зеркала воды от 6 до 60 *м*.

Небольшие каналы с шириной зеркала воды 2,5—3 *м* очищают малогабаритной установкой 4ПЗУ-ВНИИГиМ. Такой землесос можно перевозить в собранном виде (без сосуна) на автомашине (рис. 108); обслуживающий персонал два человека; установка монтируется на металлическом понтоне.

Во время работы установка передвигается при помощи лебедки и свайного механизма, причем в малых каналах, где нельзя осуществить поворот корпуса землесоса, разработка ведется путем поворота сосуна (рис. 109). Пульпа выбрасывается на берег на расстояние до 20—25 *м* через трубу, на конце которой установлен насадок.

Землесосную установку 4ПЗУ-ВНИИГиМ можно применять для очистки прудов, водоемов, а также крупных каналов и водоприемников. В этом случае разра-



Рис. 108. Перевозка землесосной установки 4ПЗУ-ВНИИГиМ на автомашине.

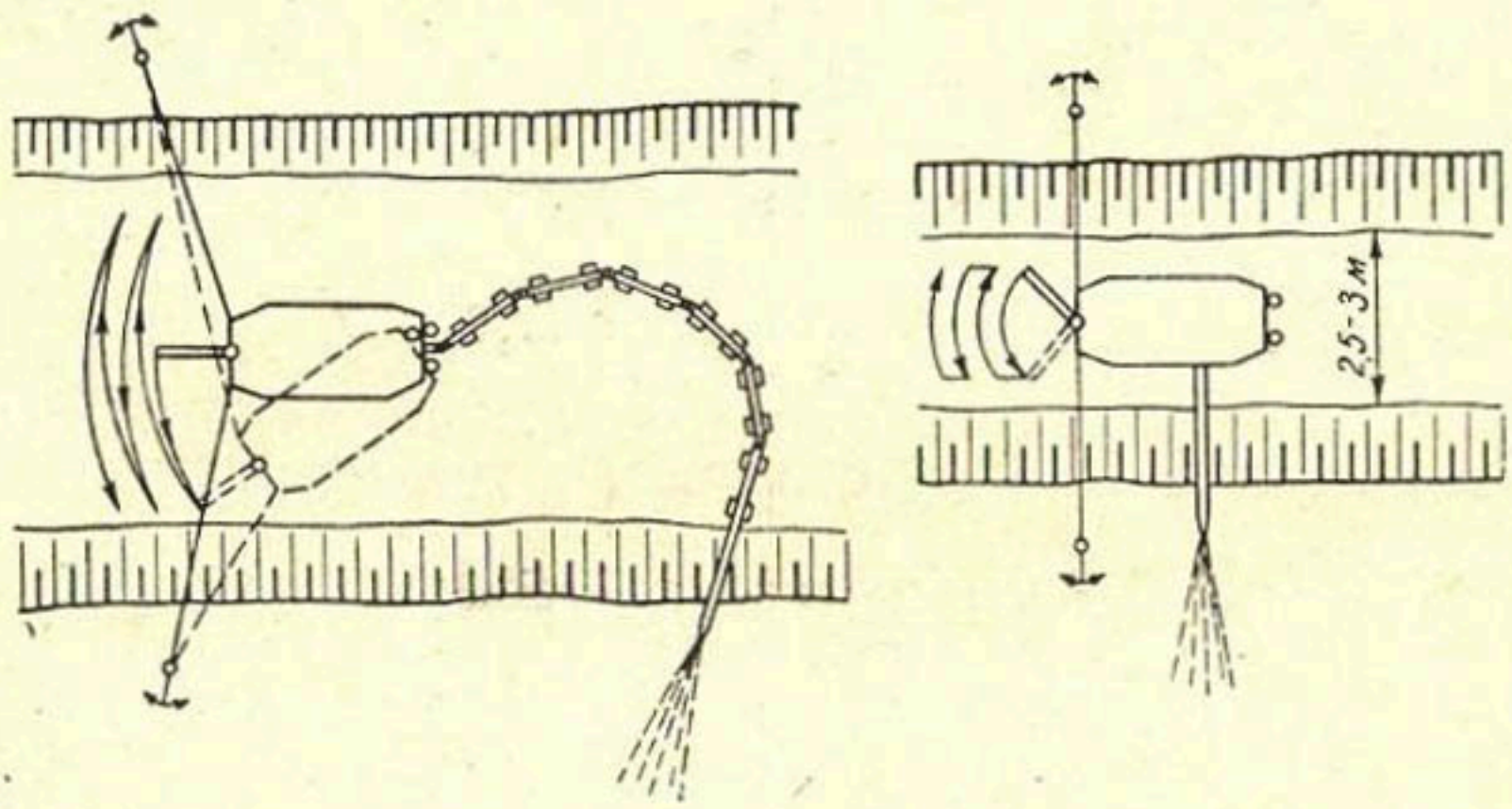


Рис. 109. Разработка грунта землесосной установкой 4ПЗУ ВНИИГиМ в широких и узких каналах.

ботка ведется папильонажным способом, посредством свайного механизма, а пульпа транспортируется по плавучему грунтопроводу (рис. 109). Установка может передвигаться по воде (на основе реактивного действия струи) со скоростью в спокойной воде до 10—11 *км/ч*.

В низовьях Аму-Дарьи, на Таш-Сакинском канале, работают крупные паровые землесосные установки типа «Ирригатор» № 1 и № 2. Каждый землесос обслуживают в смену 16 человек.

В таблице 61 даны характеристики землесосов, применяемых на очистке гидромелиоративных систем, прудов и водоемов.

Удельные расходы энергии и воды на разработку грунтов способом гидромеханизации зависят от категории грунтов. Расходы энергии составляют от 0,35 до до 0,65 *квт·ч*, а расход воды от 8 $м^3$ (для мелких, средних и разнозернистых песков) до 22 $м^3$ (для песчано-гравийных грунтов, глин и тяжелых суглинков) на 1 $м^3$ разрабатываемых грунтов. Если в грунтах имеются валуны, расход энергии повышается на 30—50%.

Расход энергии на транспортирование пульпы зависит от высоты и дальности подачи ее.

Чтобы обеспечить высокую производительность землесосных установок, необходимо соблюдать следующие условия их работы:

а) своевременно подготовлять место для складирования разработанного грунта;

б) регулировать работу рабочего органа и обеспечивать транспортирование наиболее насыщенной грунтом пульпы;

в) своевременно передвигать земснаряд из забоя в забой и перекладывать плавучий грунтопровод.

При выборе типа и мощности земснаряда нужно учитывать условия транспортирования пульпы до места укладки (высота подъема, горизонтальное расстояние), механический состав грунтов по трудности их разработки, объемы работ и глубину разработки. В случае разработки, неслежавшихся песков и ила рабочий орган землесоса снабжают сосуном без рыхлителя; при этом достигается наибольшая глубина разработки. Слежавшиеся песок и ил, а также гравийные грунты, суглинки и супеси с гравием необходимо разрабатывать с применением рыхлителя.

На многих оросительных каналах за продолжительный период эксплуатации образовались крупные отвалы вынутого при очистке вручную грунта (раши), затрудняющие подход машин к каналам и работу по очистке их. Для смыва этих отвалов применяют передвиж-

Таблица 61

Характеристики землесосов, применяемых на очистке гидромелиоративных систем, прудов и водоемов

Показатели	Единицы измерения	Марки землесосов						
		4ПЗУ-ВНИИГиМ	8ПЗУ-ВНИИГиМ	ПКГ-Потийский	«Ирригатор» № 1	«Ирригатор» № 2	ПКГ-300	«Сормовский»
Тип помпы	—	4НФ	8НЗ	8НЗ	Специальная	Специальная	Специальная	Специальная
Производительность по пульпе	$м^3/ч$	200	720	720	1 750	900	1500	2100
Полный напор	*м*	26	27	27	15—18	15—18	18	22
Диаметр патрубка:								
всасывающего . . .	*мм*	100	250	250	500	350	400	500
напорного	»	100	200	200	500	300	350	500
Глубина всасывания . .	*м*	3,5	5	5	6—7	6—7	4,5	11
Двигатель:								
тип	—	Дизельный	Дизельный	Дизельный	Паровой	Паровой	Дизель-электрический	Дизель-электрический
мощность	*л. с.*	40	150	150	270	180	300	1500
Габаритные размеры:								
длина	*м*	4,7	15	12,3	30	23	18	40
ширина	»	2,2	4,5	3,9	8	7,5	6,5	9,2
высота борта . . .	»	0,8	1	1,2	2,5	2	1,3	2,4
осадка	»	0,3	0,6	0,55	1,25	1,2	0,6	1,2
Вес земснаряда	*т*	3,4	32	20	290	200	70	350

ные насосно-гидромониторные установки САНИИРИ, навешенные на трактор ДТ-54 (рис. 110). Грунт размывается струей воды, выбрасываемой под напором через

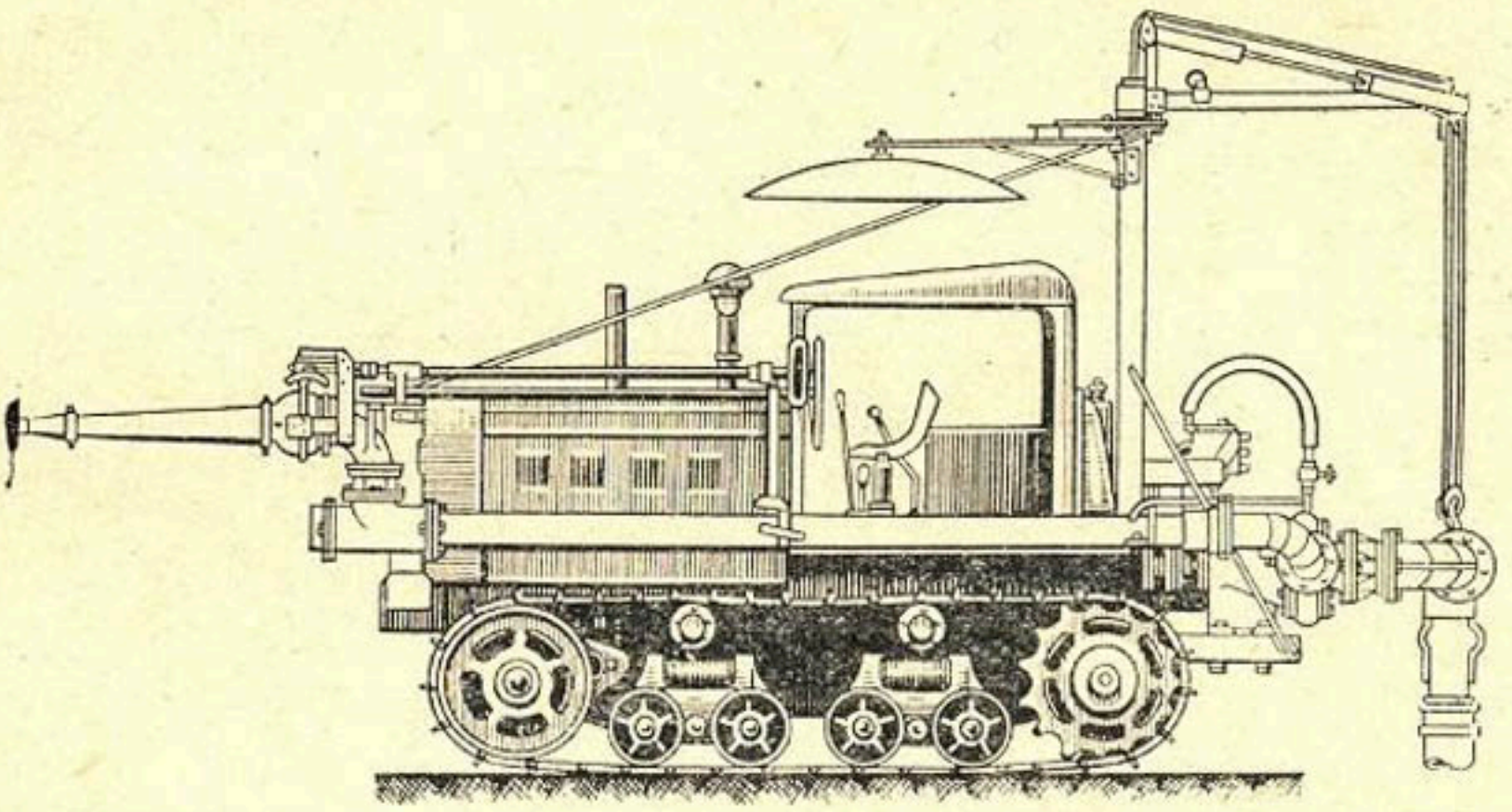


Рис. 110. Передвижная насосно-гидромониторная установка на тракторе ДТ-54.

насадку гидромонитора с большой скоростью. Производительность установки по грунту 60—80 $м^3/ч$.

Сухопутные землеройные установки и машины

Очень крупные каналы и отстойники целесообразно очищать башенно-скреперными установками. Такие установки, снабженные ковшами, могут вести подводную разработку грунта в отвал или в транспортные средства.

Башенная скреперная установка (рис. 111) состоит из двух башен, передвигающихся по рельсовым путям, уложенным на спланированной поверхности вдоль канала или отстойника. В головной башне высотой 15—38 *м* размещаются двухбарабанная лебедка и силовое оборудование; длина пролета между башнями 90—300 *м*. Ковш подвешен к несущему канату. После набора грунта канат натягивается, ковш отрывается от земли и тяговым канатом подтягивается к месту выгрузки. В начальное положение, для набора грунта, ковш возвращается самоходом. Применяя башенные установки,

можно очищать от наносов каналы и отстойники глубиной, равной $^1/_3$ длины пролета между башнями.

Механизированную очистку с разработкой грунтов из-под воды можно вести одноковшовыми и многоковшо-

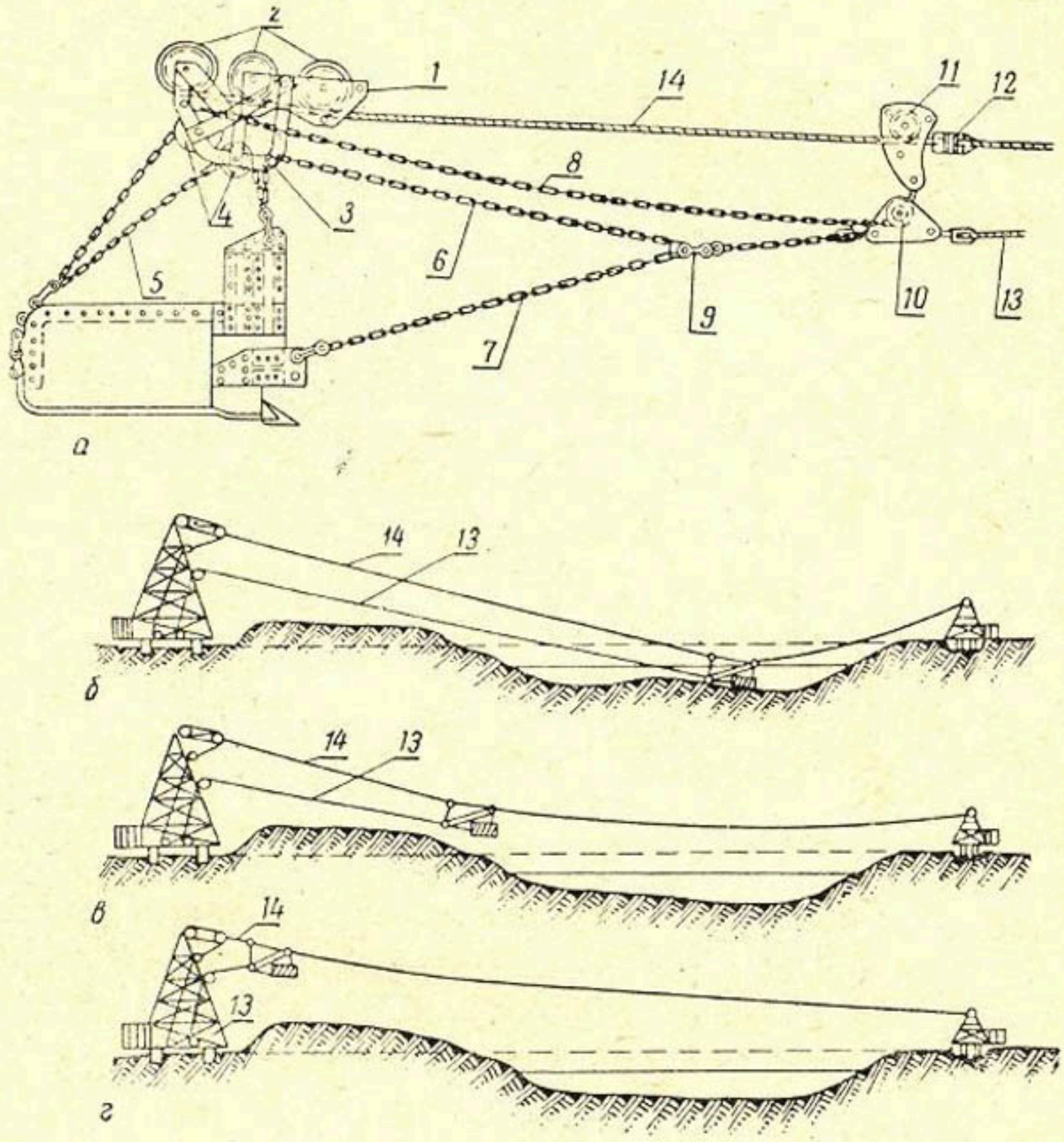


Рис. 111. Башенная скреперная установка:

а — ковш башенной установки; *б* — набор грунта; *в* — транспортировка груженого ковша; *г* — разгрузка. *1* — каретка ковша; *2* — блоки каретки; *3* — ролик; *4* — цепные блоки; *5* — подвесная цепь; *6* — поддерживающая цепь; *7* — тяговая цепь; *8* — разгрузочная цепь; *9* — шарнир цепей; *10* — разгрузочный блок; *11* — ведущий блок; *12* — разгрузочный стопор; *13* — тяговый канат; *14* — несущий канат.

выми экскаваторами. Следует, однако, отметить, что производительность этих машин в каналах, отстойниках или водоприемниках, заполненных водой, резко снижается, поэтому целесообразно использовать их, напри-

мер, в каналах оросительных и обводнительных систем в период их закрытия.

Одноковшовые экскаваторы, так же как и многоковшовые, нельзя применять на каналах, бермы и дамбы которых обсажены деревьями, так как последние мешают проходу машин. Значительным, а иногда непреодолимым препятствием для прохода экскаваторов вдоль каналов являются «раши» — кавальеры грунта, образованные в результате прежней очистки каналов от наносов. Для очистки магистральных и распределительных

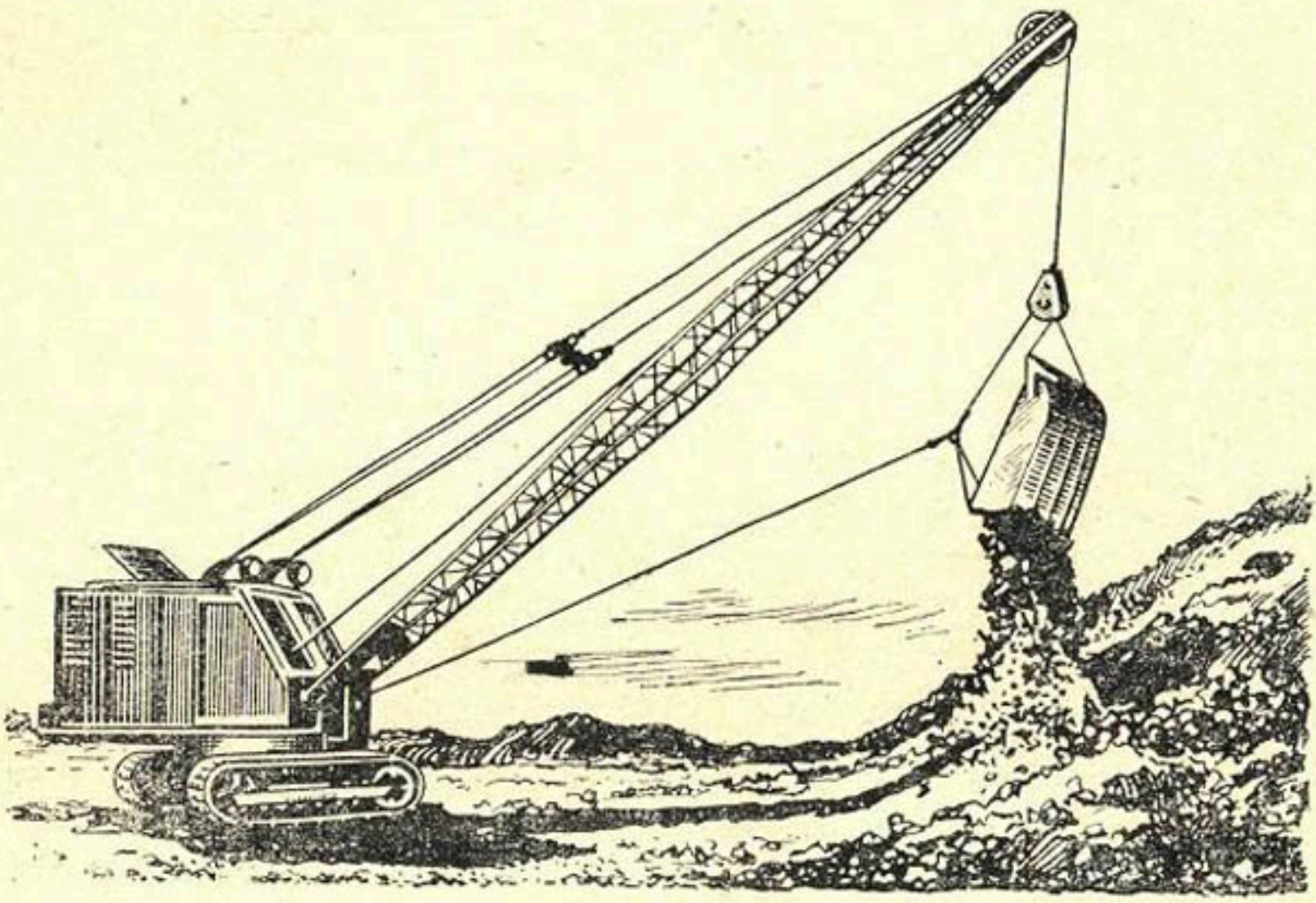


Рис. 112. Экскаватор драглайн с ковшом емкостью 0,5 $м^3$.

каналов, отстойных бассейнов и водоприемников применяются одноковшовые экскаваторы с рабочим оборудованием драглайн, обратная лопата и грейфер (рис. 112), с емкостью ковша 0,25; 0,35; 0,5; 0,65; 0,75; 0,8 и 1 $м^3$.

Одноковшовые экскаваторы ведут очистку поперечной разработкой, с продвижением вдоль одной стороны канала (отстойника, водоприемника).

В таблице 62 приведены данные эксплуатационной производительности одноковшовых экскаваторов (про-

грессивные нормы) в легких грунтах при работе в отвал.

Таблица 62

Производительность одноковшовых экскаваторов в $м^3/ч$ при угле поворота 180°

Емкость ковша в $м^3$	Обратная лопата	Драглайн
0,25	30	25
0,50	55	42
1,00	90	75

При выборе одноковшовых экскаваторов для очистных работ учитывают глубину и ширину выемки, а также месторасположение отвалов грунта и высоту их, увязывая эти данные с эксплуатационными данными экскаваторов.

Эксплуатационные параметры драглайнов указаны на рисунке 113, а обратной лопаты — на рисунке 114.

Основным параметром, определяющим условия применения одноковшовых экскаваторов, является длина стрелы экскаватора; для драглайнов при емкости ковша 0,25—1 $м^3$ она равна соответственно 8—16 *м;* для экскаваторов, оборудованных обратной лопатой, длина стрелы равна — 4,9—5,5 *м* и длина рукояти 2,3—3 *м* при емкости ковша соответственно 0,25—0,65 $м^3$.

Чем больший объем работ может быть выполнен одноковшовым экскаватором с одной стоянки, тем выше его производительность. Минимальный удельный объем земляных работ при очистке (объем, приходящийся на 1 *пог. м* канала) для экскаватора с рабочим оборудованием драглайн или лопата должен составлять не менее 3—5 емкостей ковша данного экскаватора. Эти условия обычно не удается обеспечить на работах по очистке каналов; поэтому производительность экскаваторов на этих работах ниже, чем на строительстве. Вместе с тем следует отметить, что существующие условия производства работ по очистке от наносов крупных каналов, отстойников и водоприемников весьма благоприятны для применения новых, прогрессивных методов работы, обеспечивающих при прочих равных условиях зна-

чительное повышение производительности одноковшовых экскаваторов. Примером может служить применение уменьшенных по весу и увеличенных по объему ковшей экскаваторов.

Известно, что емкость и вес ковшей, а также мощность двигателя и подъемного механизма современных

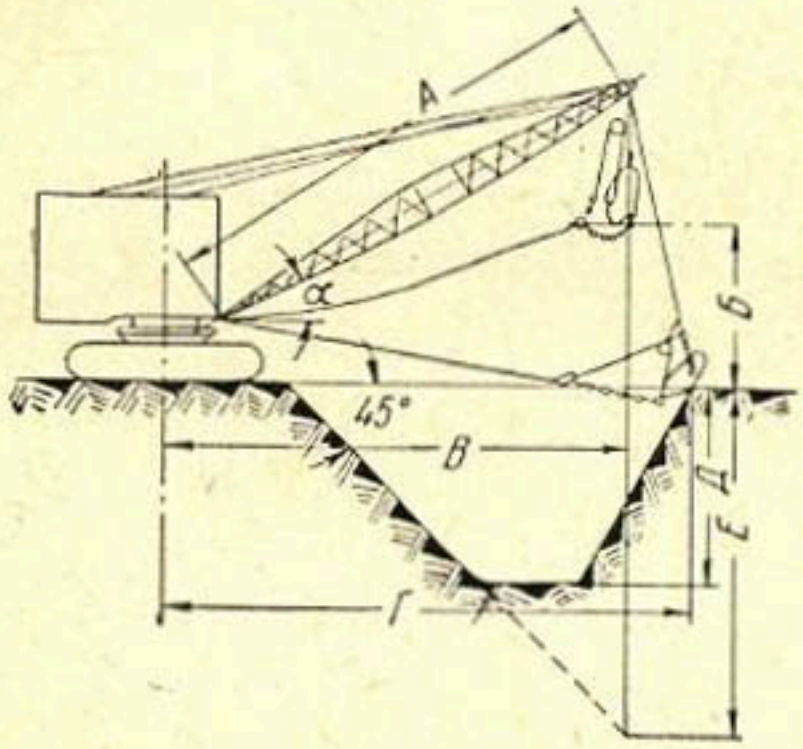


Рис. 113. Схема разработки забоя экскаватором драглайн: *А* — длина стрелы; *α* — угол наклона стрелы к горизонту; *Г* — максимальный радиус резания; *Е* — глубина забоя при продольном ходе; *Д* — глубина забоя при поперечном ходе; *Б* — высота выгрузки; *В* — радиус выгрузки.

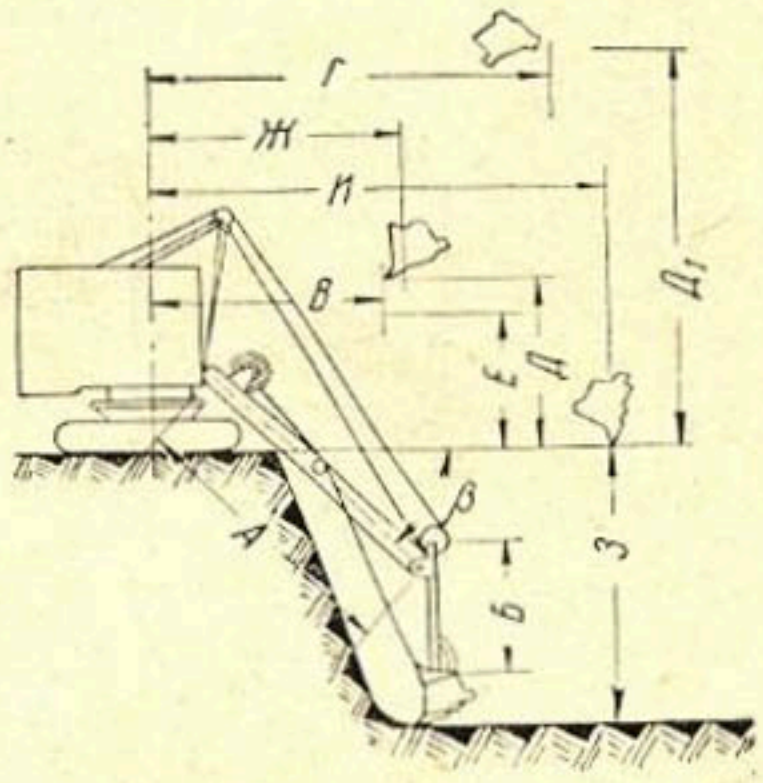


Рис. 114. Схема разработки забоя экскаватором с обратной лопатой:
А — длина стрелы; *Б* — длина рукоятки; *β* — угол наклона стрелы к горизонту. *В* — начальный радиус выгрузки; *Г* — конечный радиус выгрузки; *Д* — начальная высота выгрузки; $Д_1$ — конечная высота выгрузки; *Е* — высота выгрузки в транспорт; *Ж* — радиус выгрузки в транспорт; *З* — максимальная глубина резания; *И* — максимальный радиус резания.

экскаваторов рассчитаны на условия работы их в тяжелых грунтах, в забоях нормальной высоты. Поэтому мощность двигателя и подъемного механизма, а также емкость и вес ковша экскаватора рассчитываются на работу в этих тяжелых условиях. Фактически при очистке каналов (водоприемников, отстойников) приходится разрабатывать несвязные или малосвязные грунты (песок, гравий, ил), которые по степени трудности разработки их экскаваторами относятся к легким грунтам. При работе экскаваторов в этих грунтах силы сопротивления резанию грунта и усилия напора резко снижаются и мощность экскаватора полностью не используется вследствие недостаточной емкости ковша.

Проф. Н. Г. Домбровский на основе результатов исследований получил данные о повышении производительности экскаваторов Э-505 с рабочим оборудованием драглайн, снабженных облегченными по весу ковшами емкостью 0,75 и 1 $м^3$ вместо стандартного ковша емкостью 0,5 $м^3$, которые приведены в таблице 63.

Таблица 63

Производительность экскаваторов с облегченными по весу ковшами увеличенной емкости в %

Экскаватор	Угол поворота в градусах	Категория грунтов					
		I		II		III	
		нормальный	влажный	нормальный	влажный	нормальный	влажный
Э-505	135	175	175	143	140	100	100
	180	175	180	144	142	100	100

Производительность экскаваторов драглайн значительно повышается при работе с укороченной стрелой. Чем короче стрела экскаватора, тем скорее осуществляется полный цикл экскавации при одном и том же угле поворота. Укорочение стрелы на 20% сокращает продолжительность цикла также на 20% и соответственно повышает производительность экскаватора.

Во время очистки экскаваторы обычно закрепляют за определенными участками, поэтому их работу можно считать стационарной. Таким образом, можно заранее установить для каждого экскаватора целесообразность укорочения стрелы и создать тем самым условия для повышения его производительности.

При очистке водоприемников лучше использовать плавучие одноковшовые экскаваторы. Если нет специальных плавучих машин, но имеются понтоны, сухопутные экскаваторы следует устанавливать на понтоны. Плавучие одноковшовые экскаваторы оборудуют прямой лопатой.

Для обеспечения успешной работы экскаваторов все деревья и пни на откосах осушительных каналов должны быть предварительно срезаны и выкорчеваны, так как при корчевке пней ковшом экскаватора грунт в от-

косах разрыхляется на значительную глубину, вследствие чего устойчивость откосов резко снижается.

Применение одноковшовых экскаваторов с ковшами емкостью более 0,5 $м^3$ в условиях осушения применять нерационально, так как их большой вес вызывает разрушение откосов каналов и отрегулированных рек.

При углублении рек и каналов для сохранения устойчивости русла иногда приходится увеличивать и ширину сечения поверху. Такое уширение осуществляют

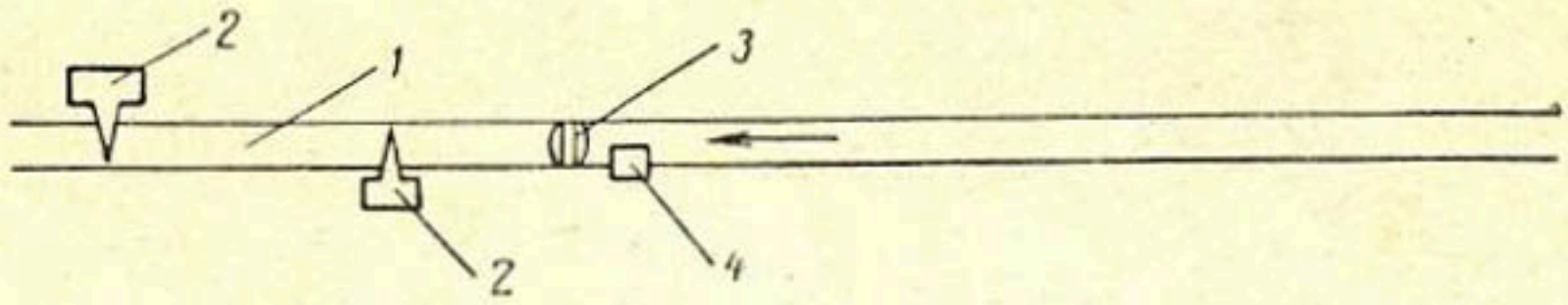


Рис. 115. Схема расстановки сухопутных экскаваторов по течению при ремонте осушительных каналов:

1 — канал; *2* — экскаватор; *3* — перемычка; *4* — передвижная насосная станция.

подрезкой лишь одного откоса (за исключением случаев, когда оба откоса разрушены). При уширении ловчих и нагорных каналов срезают обычно низовой откос, как менее подверженный размыву.

Во время очистки каналов сухопутные экскаваторы устанавливают на берме. Чтобы откосы канала или отрегулированного водоприемника не обрушались, экскаватор должен проходить на расстоянии 0,5—1 *м* от бровки, со стороны подрезаемого откоса.

При больших объемах работ на осушительной системе экскаваторы расставляют в зависимости от ее состояния. Если осушительная система находится в удовлетворительном состоянии, каналы можно ремонтировать как снизу вверх, так и сверху вниз. Следует, однако, иметь в виду, что при работе экскаваторов из-под воды качество ремонта хуже, чем при работе в русле без воды. Поэтому при передвижении сверху вниз рекомендуется устраивать перемычки и работать в сухом забое. Схема работы для такого случая показана на рисунке 115.

В случае ремонта запущенной осушительной системы проходку экскаватором рекомендуется начинать снизу.

Для обеспечения устойчивости канала, ремонтируемого во время высокого уровня грунтовых вод, за 5—6 дней до начала работы строят перемычку, которая позволит осушить участок канала, где экскаватор будет работать в ближайшие 10—12 дней.

Воду за перемычками отводят самотеком или откачивают. Для откачки применяют передвижные насосные

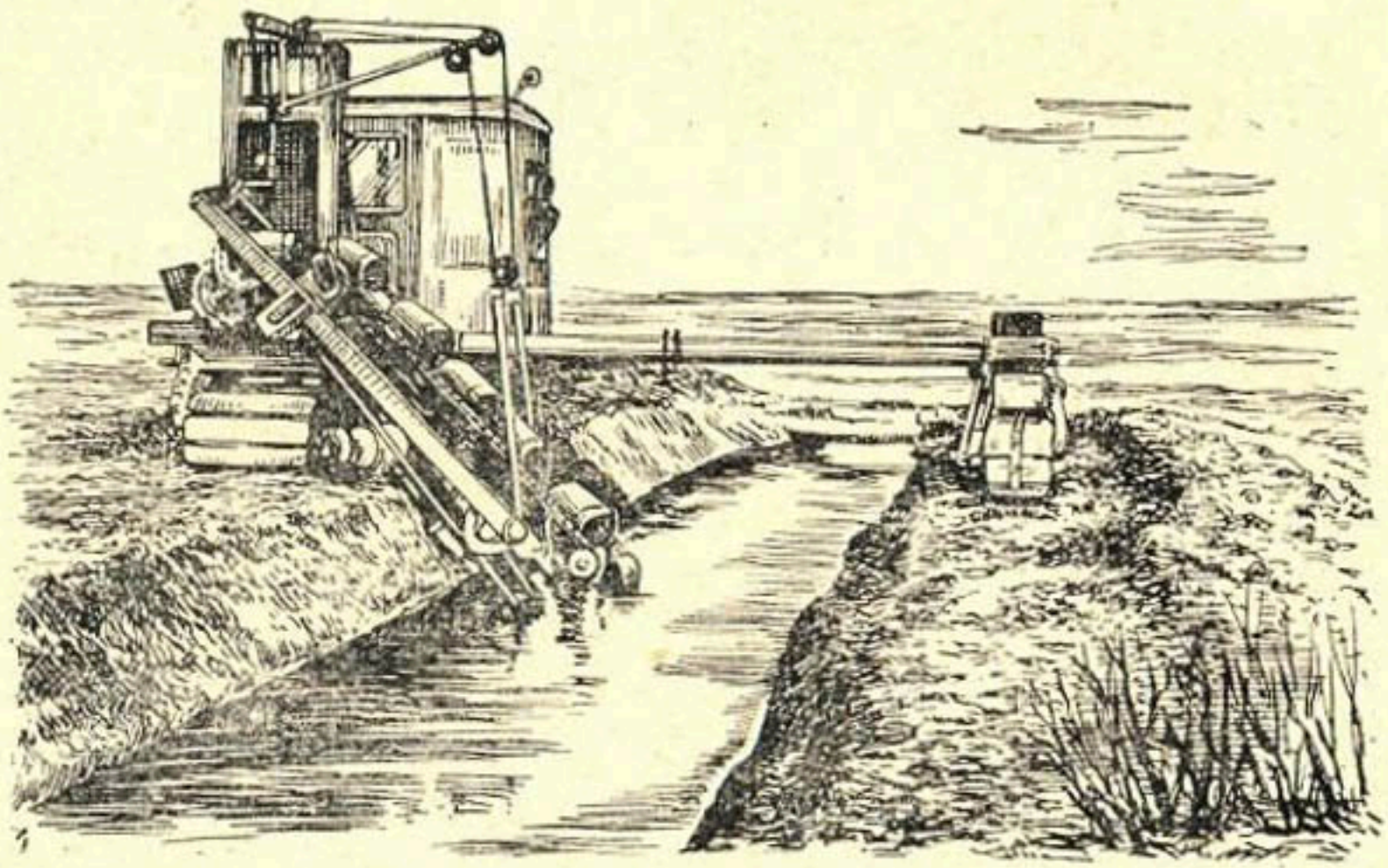


Рис. 116. Многоковшовый экскаватор поперечного черпания Э-161.

установки. Перемычки в канале отсыпают экскаватором из местного грунта. Ширина перемычек поверху должна быть равной 4,5—5 *м* с тем, чтобы в случае надобности экскаватор мог перейти по ним с одного берега на другой. Высота перемычек принимается на 0,3—0,5 *м* больше глубины канала.

Если подлежащая ремонту система запущена и каналы заросли древесной или кустарниковой растительностью, то, как показывает практика, иногда целесообразнее рядом с существующим каналом вырыть новый, а старый после удаления растительности засыпать грунтом, вынутым из нового.

На постоянно действующих оросительных и обводнительных системах каналы очищают экскаваторами из-под воды.

Оросительные и осушительные каналы с шириной по дну от 0,6 до 1 *м* и глубиной до 1,5 *м* можно очищать многоковшовыми экскаваторами поперечного черпания с телескопической осью (рис. 116). Удельный объем для этих экскаваторов может быть весьма мал — до 0,1 $м^3$, что выгодно отличает их от одноковшовых. Кроме того, многоковшовые экскаваторы подобного типа дают лучшее качество работ: чистые откосы и сечение каналов правильной формы. Их нельзя применять в тех случа-

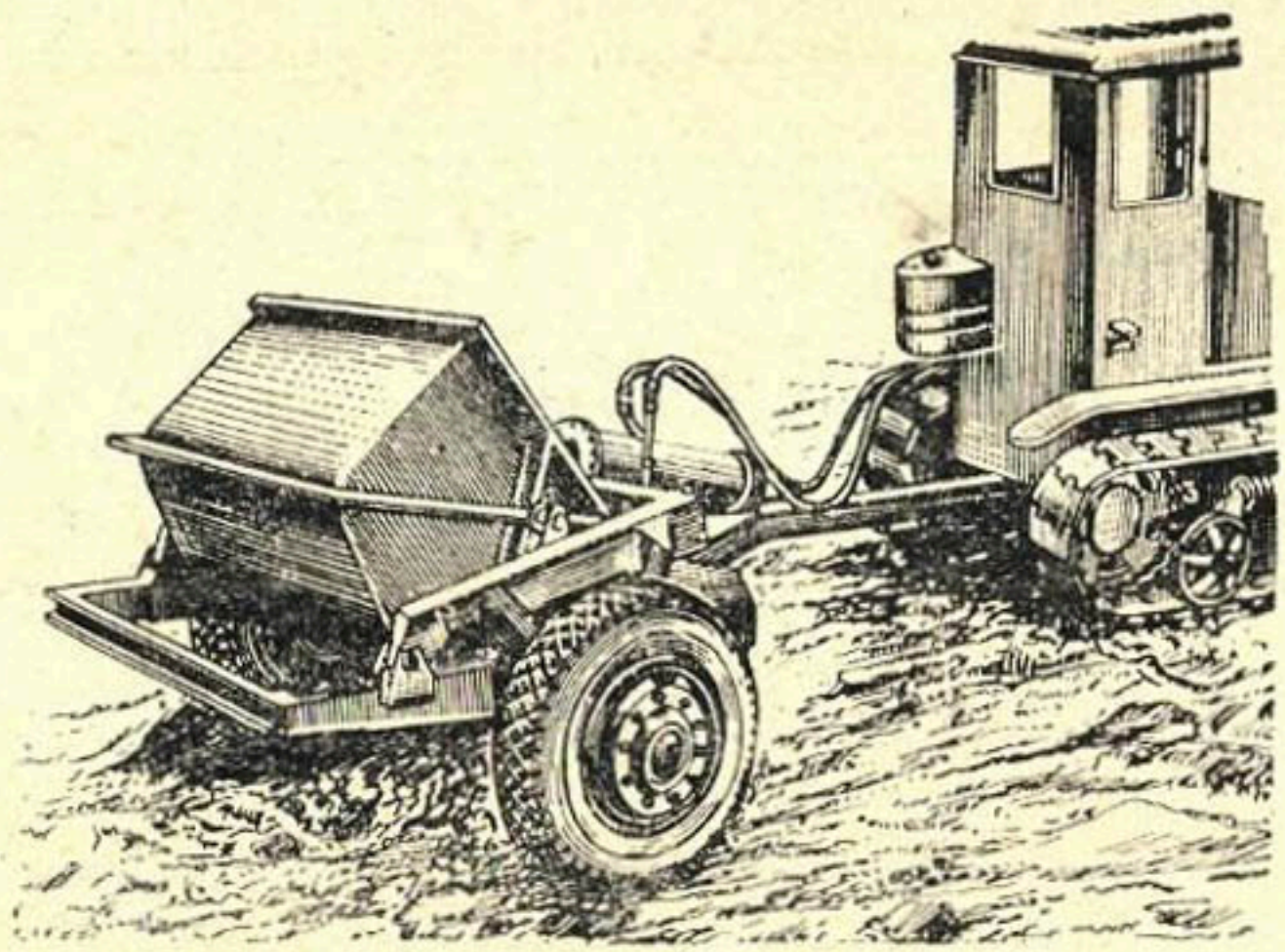


Рис. 117. Одноосный тракторный скрепер с ковшом емкостью 2,25 $м^3$.

ях, когда невозможно движение по обеим сторонам канала; при сильно заросших руслах необходимо предварительное окашивание растительности, а также корчевка пней.

К прицепным землеройным машинам, которые используются на очистке каналов, относятся скреперы, грейдеры, канавокопатели.

Тракторные скреперы (рис. 117) применяют для очистки крупных оросительных и обводнительных каналов с перемещением грунта на большие расстояния. Грунт транспортируют продольной возкой по дну канала, с устройством съездов и выездов. Перед началом работ канал осушают. Минимальная ширина канала по дну

должна быть: при работе скрепера Д-217 с трактором КД-35 и емкостью ковша 1,5 $м^3$— не менее 2,4 *м*, при работе скрепера Д-183Б с трактором ДТ-54 — 2,2 *м* и скреперов Д-147 и Д-222А с трактором С-80 и емкостью ковша 6—8 $м^3$— не менее 3 *м*.

Производительность скреперов емкостью 2,25 $м^3$ в средних грунтах при дальности возки 200 *м* составляет 120 $м^3$ в смену, а скреперов с емкостью ковша 6—6,5 $м^3$— 200 $м^3$ в смену.

Ножевые грейдеры и канавокопатели применяются для очистки небольших оросительных и осушительных

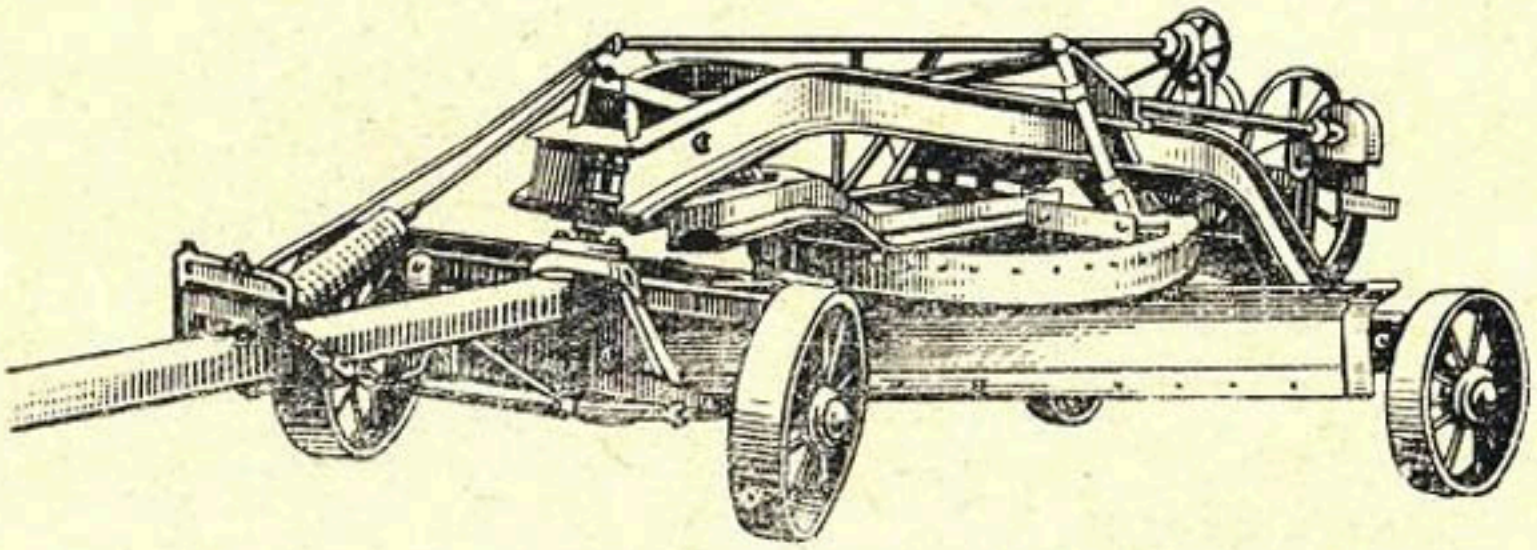


Рис. 118. Ножевой грейдер 20Б.

каналов. Тяжелый грейдер в сцепе с трактором С-80 (рис. 118) имеет ширину ножа 3,66 *м*, а с удлинителем — 4,5 *м;* максимальная глубина резания 0,3 *м*. Грейдер на работе по очистке канала идет одной стороной по дну, а другой — по берме и очищает каналы глубиной 0,7—0,8 *м* при заложении откосов не менее 1 : 1,25; его производительность за смену составляет 1,5—2 *км*. Для прохода грейдера берма (дамба) канала должна быть свободна от древесных насаждений и других препятствий.

Наиболее производительными машинами для очистки внутрихозяйственных оросительных, водосборных каналов и коллекторов являются плужные прицепные тракторные канавокопатели (рис. 119) типа КМ-800, Д-267А, КПУ-2000А и др.

Канавокопатели КПУ-2000А работают в прицепе с трактором КД-35 или ДТ-54, канавокопатели КМ-800 и Д-267А — с одним или двумя тракторами С-80. Если ширина канала поверху соответствует величине расстоя-

ния между гусеницами тракторов, канавокопатель продвигается по оси канала, при этом гусеницы трактора движутся по дамбам или бермам.

При большей ширине канала используют два трактора, каждый из которых движется вдоль подошвы внешнего откоса дамбы или бровки канала. При хорошей организации работ канавокопатель за одну смену может очистить участок длиной 4—5 *км* и более.

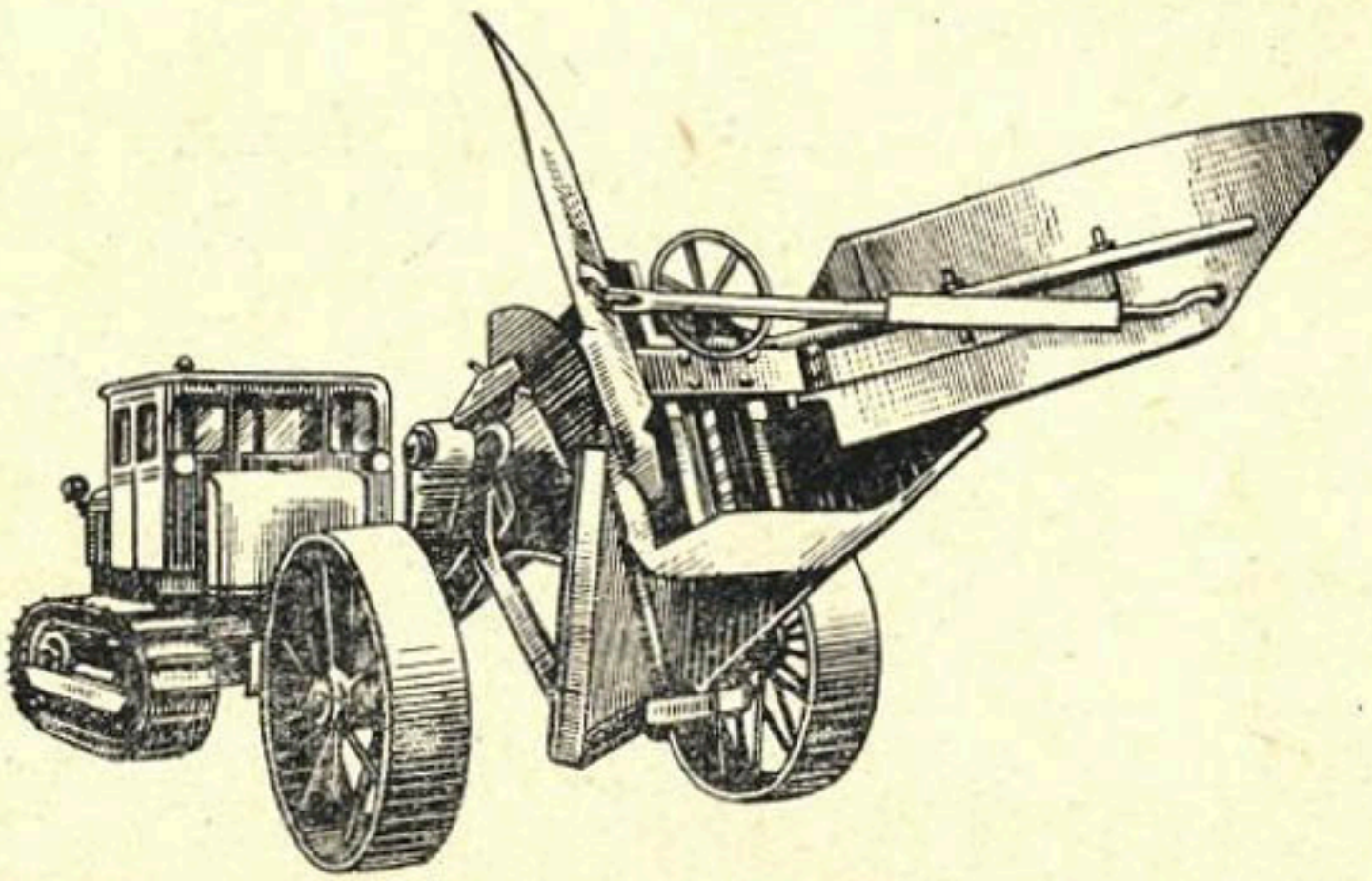


Рис. 119. Плужный канавокопатель.

На очистке дренажных каналов глубиной более 0,8 *м* канавокопатели можно использовать в комплексе с бульдозером. Такой способ работы, примененный на очистке дрен Куль-Арыкской оросительной системы в Туркменской ССР, позволяет получить дополнительное заглубление канавокопателя на 20—30 *см*. Для этой цели над дреной, подлежащей очистке, пропускается бульдозер, навешенный на трактор ДТ-54. После двух проходов бульдозера образуется площадка шириной 240—250 *см*, пониженная против первоначальной отметки на 20—30 *см*. На ней размещается трактор С-80 и колеса прицепленного к нему канавокопателя КМ-800, который заглубляется еще на 0,8 *см*. Таким образом, общее заглубление канавокопателя от первоначальных бровок составит 100—110 *см*.

Осушительные каналы начинают очищать канавокопателями с верхнего (истокового) конца. В устьевой его части для выглубления машины необходимо устраивать специальные выезды. Очищать каналы канавокопателями следует после уборки урожая, так как в противном случае машины будут повреждать посевы.

Из новых типов машин для очистки следует отметить шнековый канавоочиститель КПШ с центробежным

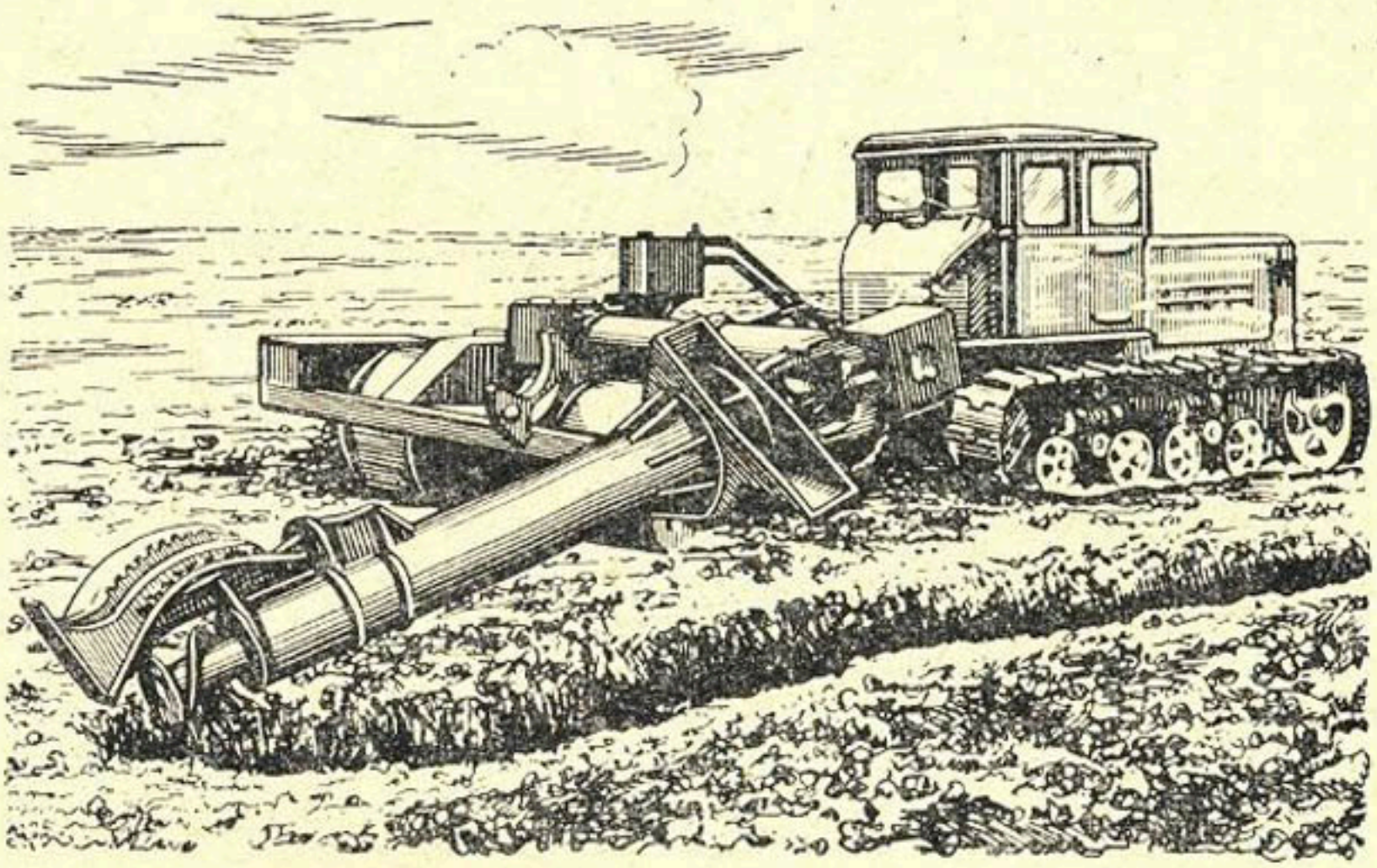


Рис. 120. Шнеко-роторный канавоочиститель КПШ.

разбрасывателем, работающий в прицепе с трактором ДТ-54 или ДТ-55 (рис. 120). Машина может очищать от наносов, бузы, жидкой массы и торфяной крошки каналы глубиной до 1,8 *м*, с отбрасыванием грунта на расстояние до 15 *м*. Машина очищает канал за 1—3 прохода, в зависимости от объема заиления и глубины канала. Средняя производительность канавоочистителя за час чистой работы составляет 1 *км*.

Скреперы, грейдеры, а также бульдозеры применяют для разравнивания отвалов, образованных вдоль каналов в результате их очистки. Наиболее целесообразно применять для этих работ бульдозеры, которые дают

высокую производительность (рис. 121). Бульдозеры работают в сцепе с тракторами ДТ-54 и С-80; заглубление их отвала ниже опорной поверхности гусеницы составляет 0,15—1,1 *м* при длине отвала соответственно 2,28 и 3,5 *м*.

Бульдозеры целесообразно применять для перемещения грунта на небольшие расстояния — 15—25 *м*; в этих условиях среднегодовая производительность буль-

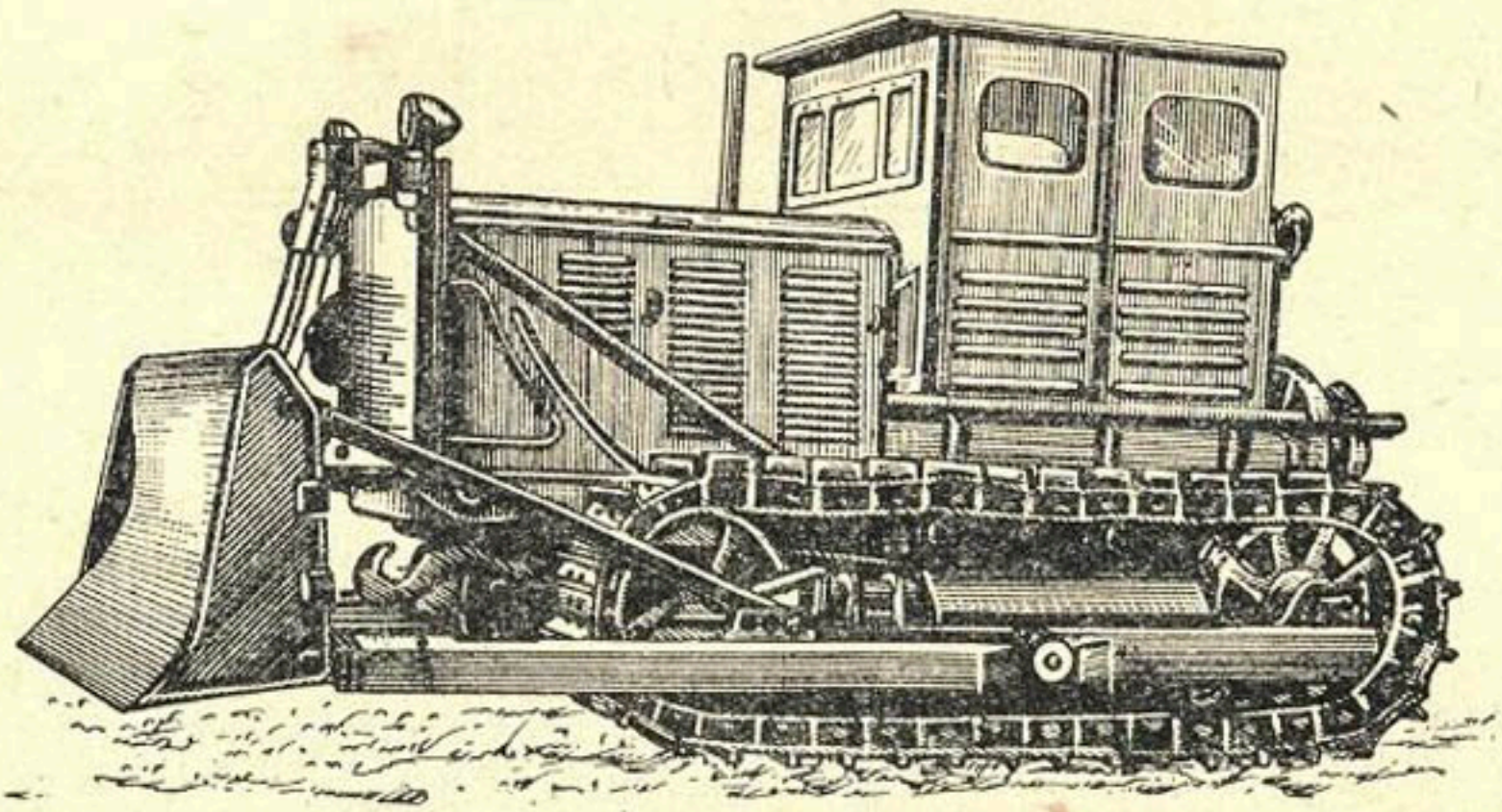


Рис. 121. Бульдозер Д-271.

дозера Д-159Б может достигнуть 25—30 тыс. $м^3$, а бульдозера Д-149 — 40—50 тыс. $м^3$.

При перемещении грунта бульдозерами на большие расстояния их производительность резко снижается.

За рубежом для очистки каналов гидромелиоративных систем применяют одноковшовое оборудование различных типов: с поворотной стрелой, навешенное на тракторы и автошасси (обратная лопата, грейфер, конструкция в виде фермы, снабженной ковшом, прикрепляемой сзади трактора и работающей в поперечном направлении перпендикулярно к оси канала), а также канавоочистители скреперного типа и различные навесные конструкции непрерывного действия (шнековые, фрезерные и др.).

На рисунке 122 показан канавоочиститель «Линкол» английской фирмы «Барфорд», смонтированный на гусеничном тракторе. Рабочий орган машины — шарнир-

ная рама с роликами, по которым движется цепь с режущими ножами-скребками. Небольшие каналы глубиной до 1 *м* и шириной поверху до 1,5 *м* машина очищает за один проход; ее производительность 600 *м* в час. При большей ширине канал очищается за два прохода с выкидкой грунта на две стороны.

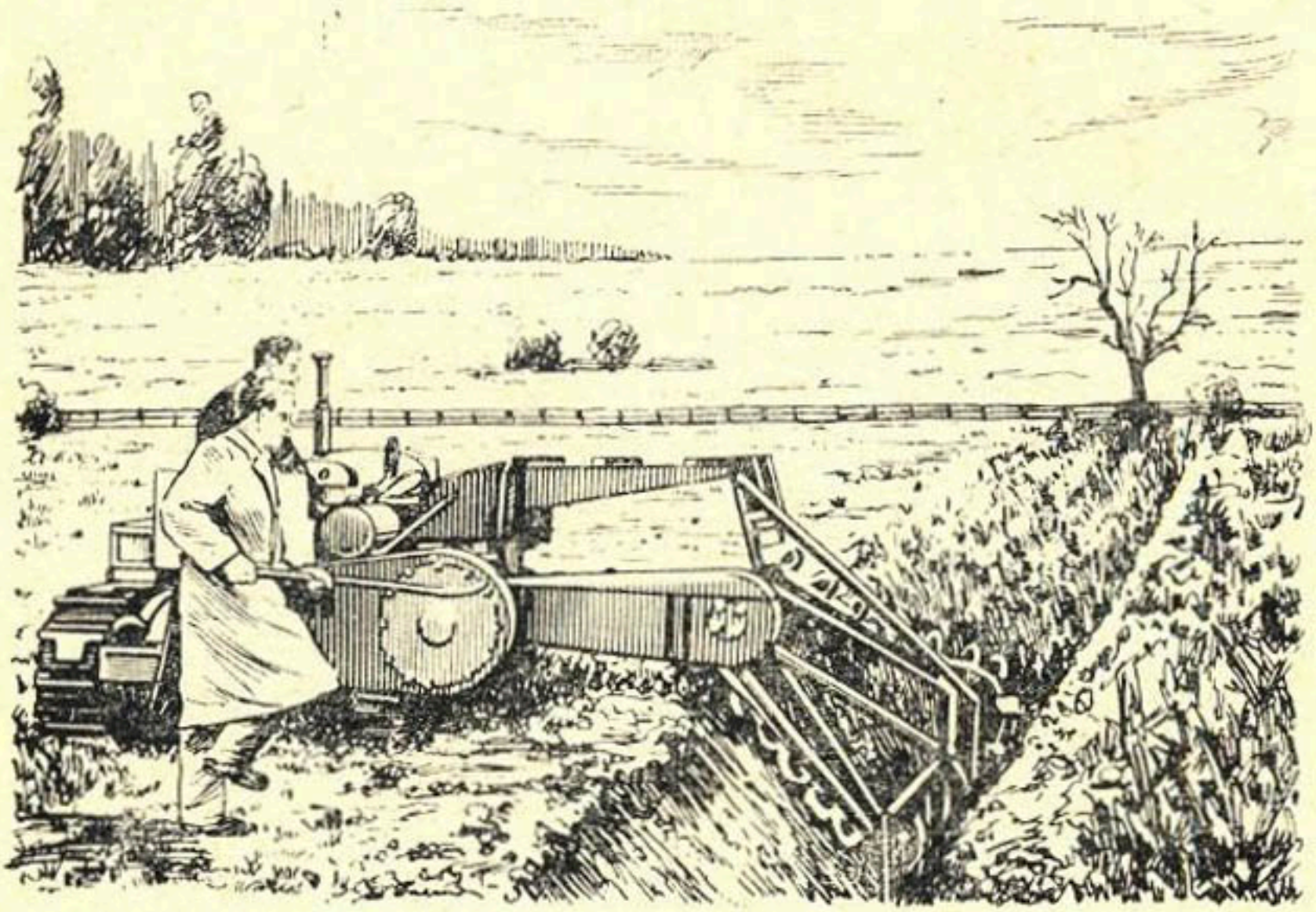


Рис. 122. Канавокопатель «Линкол» английской фирмы «Барфорд».

При очистке разжиженный грунт выбрасывается на бровку канала и зачастую стекает в него, что является недостатком в работе этой машины.

Очистка каналов взрывным способом

Очистку каналов можно осуществлять способом массовых взрывов на выброс. Заряды взрывных веществ закладывают по дну канала, вдоль продольной оси в один или несколько рядов, в зависимости от соотношения между шириной и глубиной канала; расстояние между зарядами рассчитывается так, чтобы между воронками взрыва не оставалось перемычек. При массовых взрывах на выброс за пределы выемки выбрасывается от 75

до 90% взорванного грунта. Наилучшие результаты получаются при взрыве с двусторонним выбросом. При взрыве грунта на выброс расход взрывчатого вещества в зависимости от категории грунтов, а также ширины и глубины выемки составляет от 1,75 до 3,25 *кг* на 1 $м^3$ объема выемки. Взрывные работы могут выполнять только специально обученные рабочие и технический персонал, имеющий право на производство этих работ. При взрывных работах необходимо руководствоваться особыми правилами безопасности, к которым относятся: хранение взрывчатых материалов, их перевозка и переноска, установление зоны распространения взрыва и ее охрана, сигнализация и т. п.

Преимуществом этого метода очистки каналов является возможность выполнения работ в сжатые сроки, в малодоступных местах и независимо от климатических условий, а также высокая производительность работ при относительно небольших капиталовложениях на приобретение оборудования.

Однако способ очистки взрывом на выброс имеет ряд недостатков: после взрыва необходима доработка ложа канала, так как грунт выбрасывается неполностью; в несвязных грунтах взрывной способ работ малоэффективен; стоимость взрывных работ относительно высока по сравнению с другими механизированными способами очистки каналов от наносов, вследствие чего в каждом отдельном случае целесообразность применения этого способа работ должна быть обоснована. Кроме того, взрывные работы нельзя применять для очистки дренажных каналов, проходящих в лессовидных суглинках, так как в результате взрыва дренирующая способность их резко снижается.

По этим причинам взрывной способ работ на очистке от наносов не получил широкого распространения.

Очистка каналов и водоемов от растительности

К наиболее трудоемким способам очистки следует отнести окашивание каналов вручную, которое проводится 1—2 раза в год. Чтобы предупредить дальнейшее размножение растительности от самосева, окашивание проводят перед цветением.

Для повышения производительности труда при скашивании применяют плавучие сенокосилки и камышекосилки, которые срезают растительность под водой на глубине до 1,5—2 *м*. Дно широких водоприемников и

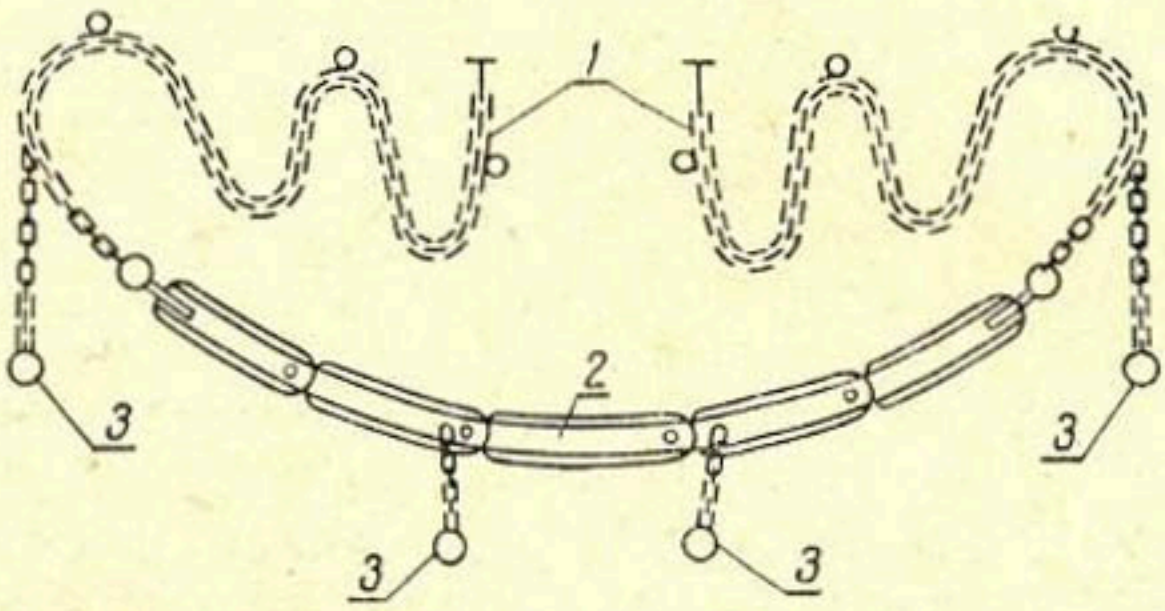


Рис. 123. Ножи для срезки донной растительности:
1 — тяговая цепь; *2* — нож; *3* — грузы.

крупных магистральных осушительных каналов очищают от растительности специальными тросами с грузами, которые протаскивают против течения два трактора, идущие по дамбам или бермам канала, или цепями с крючьями (ножами) (рис. 123), прикрепленными к двум лодкам.

Если ширина канала по дну не менее 2 *м* и его можно опорожнить от воды, откосы канала можно очищать грейдером с выносным ножом.

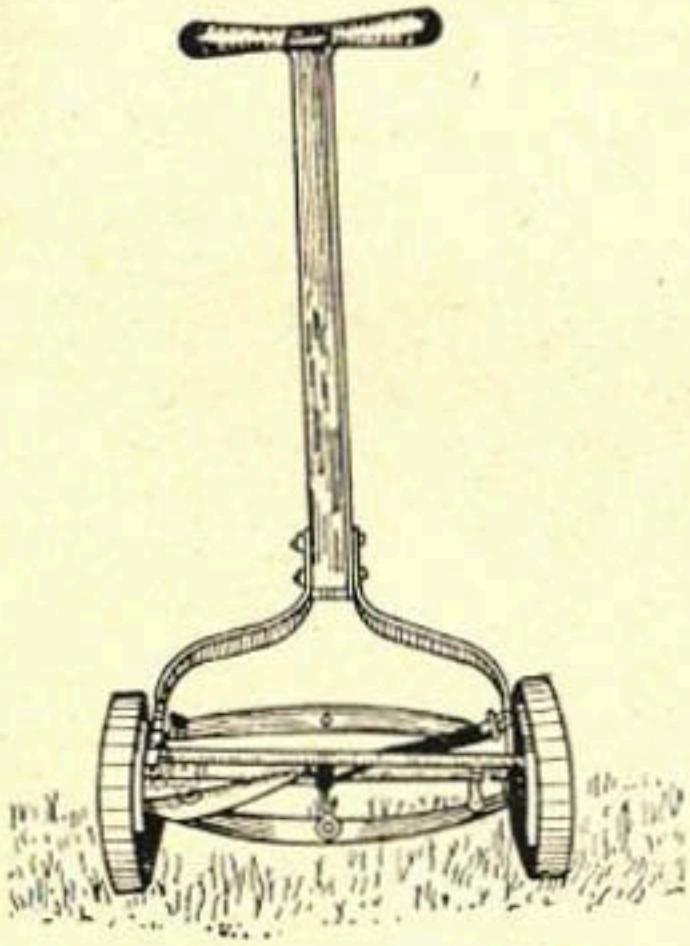


Рис. 124. Садовая косилка.

Отечественной промышленностью выпускаются планировщики откосов, смонтированные на бульдозере; проходом по гребню дамбы или бровке выемки планировщик может очищать откосы насыпи высотой до 5,5 *м* и выемки глубиной до 5 *м*.

Хорошие результаты по удалению травяной растительности на откосах, бермах и кавальерах (при не-

больших объемах работ) дает применение садовой косилки (рис. 124); при срезке травы на откосах работа ведется сверху вниз.

Для уничтожения донной растительности при очистке каналов можно успешно применять механизм, сконструированный еще в 1915 г. инженером Довбня. Его

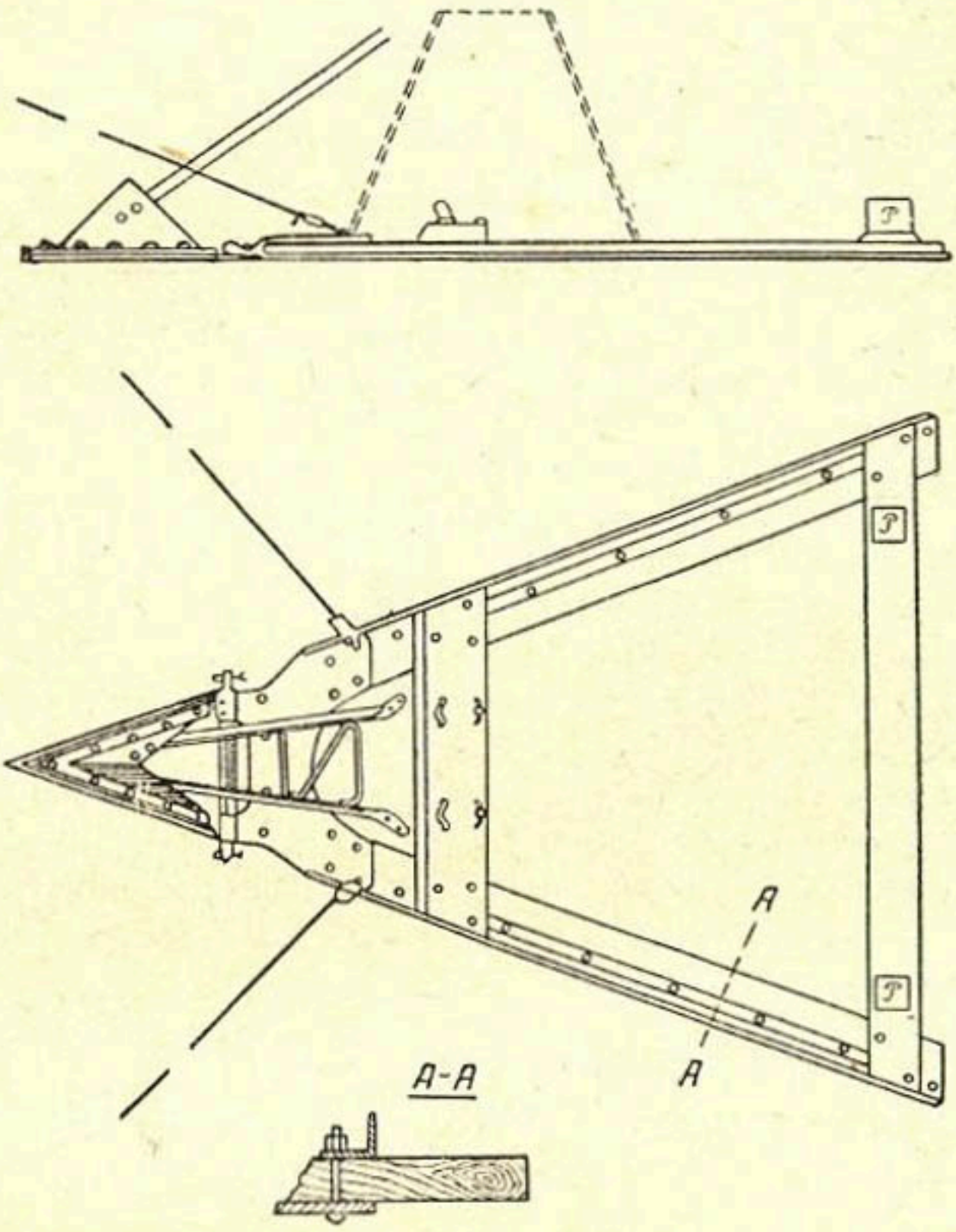


Рис. 125. Прибор инж. Довбня для уничтожения донной растительности.

можно легко изготовить в любой колхозной кузнице (рис. 125). Он состоит из двух частей: подвижного металлического резца, имеющего форму трехгранной пирамиды, и деревянной треугольной рамы. Резец представляет собой треугольный нож, изготовленный из листовой стали, с заточенными краями; к ножу прикреплен отвал из листового железа. Резец вращается на

горизонтальной оси при помощи ручек, подобных ручкам плуга. Брусья рамы снабжены выступающими ножами из полосового железа, прикрепляемыми к раме болтами. Этими же болтами прикрепляется сверху к раме полоса жесткости из уголкового железа. На широкой поперечной доске, снабженной петлями для ног, помещается рабочий, управляющий ножами. Такие петли — необходимая деталь, которой не следует пренебрегать, так как без петель нога рабочего может легко соскользнуть с доски и попасть под нож. К вершине рамы прикрепляют два троса или цепи, за которые механизм протягивается по дну тракторами. Если веса стоящего на раме рабочего недостаточно для плотного прижимания рамы механизма ко дну канала, в углах основания рамы устанавливают дополнительный груз.

Растительность на дне канала срезают по течению воды или против него. Выбор направления зависит от глубины воды в канале, ее скорости и от количества водорослей. При движении против течения удобнее подрезать склоненные водоросли; однако они, навешиваясь на ручки и на рабочего, затрудняют его работу и замедляют ход механизма. Движение по течению благодаря наличию подвижного резца не ухудшает качества очистки, так как наклоном резца вниз механизм погружается в толщу наносов или разжиженный грунт дна и срезает водоросли ниже его поверхности.

Когда вода холодная, для рабочего устраивается особое сиденье (см. пунктир на рис. 125), а ручки резца соответственно удлиняют.

Для очистки от растительности небольших каналов шириной поверху 1,5—2,5 *м* применяют шнековые канавокопатели.

Механическая очистка каналов от растительности также весьма трудоемка и стоит дорого, поэтому в некоторых случаях для уничтожения растительности на минеральных почвах применяется способ выжигания, для чего используют огнеметы.

В последнее время успешно применяются химические средства борьбы с растительностью — гербициды, которые обладают избирательной способностью поражать многие широколистные сорняки и травы. Гербициды применяются в виде водного раствора. Через

поры растений вещество гербицида проникает внутрь листьев и стеблей и по сосудистым системам попадает в корни, вследствие чего при опрыскивании растений, помимо наземной части растения, поражаются и корни.

Опыт химической обработки сорной растительности на каналах мелиоративных систем проводился с применением препаратов дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-ДУ), бутилового эфира дихлорфеноксиуксусной кислоты (бэ 2,4-Д) и дихлоральмочевины.

На основе проведенных опытов установлены следующие нормы для опрыскивания сорняков:

при разовом опрыскивании	препаратом 2,4-ДУ . . .	3	*кг/га*
» двукратном »	» 2,4-ДУ . . .	1	»
при разовом опрыскивании	препаратом бэ 2,4-Д . . .	1,5	*кг/га*
» двукратном »	» бэ 2,4-Д . . .	0,6	»

Для однодольных растений лучшие результаты дает препарат дихлоральмочевины при дозе 40 *кг/га* (действующего начала).

Опрыскивание следует проводить в ясную, безветренную погоду при температуре воздуха не менее 15°; растения должны быть сухими, без следов росы или дождя; для этих работ можно использовать конные опрыскиватели или установки на тракторе.

Из зарубежной практики химических методов борьбы с зарастанием мелиоративных каналов и водоемов следует отметить испытанные в США гербициды — монурон и диурон (производные мочевины) и симазин. При стерилизации этими препаратами ложа оросительных каналов при дозе 11 *кг/га,* обеспечивалась очистка каналов от однолетних растений на один сезон. При удвоенной дозе воздействие гербицидов на растения продолжалось в течение двух лет.

Опыты, проведенные с препаратом монурон (хлорфенилдиметилмочевина) в Новой Зеландии, также дали положительные результаты.

Для борьбы с полупогруженными в воду сорняками в США применяют отходы от переработки нефти, нефтяные дистилляты, дизельное топливо. Для усиления действия нефтяных препаратов из группы ароматических углеводов их применяют в виде водной эмульсии с добавлением других гербицидов (пентахлорфенола и других) и эмульгаторов.

Для уничтожения высших цветковых водных растений используют хлорированные бензолы — бенохлор ЗС и бенохлор. Бенохлор ЗС применяют в проточной воде; его вводят в канал с водой при помощи насоса; отработанную воду сбрасывают в дренажную систему или отстойник, чтобы не допустить повреждения поливных культур. Консистенцию определяют опытным путем по интенсивной молочно-белой окраске воды в канале. При концентрации препарата в воде 0,03% по объему все полупогруженные растения погибают в течение 1 часа. В прудах и водоемах используют менее стойкую форму хлорированных бензолов — бенохлор.

§ 106. ПОДГОТОВКА ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РЕМОНТНЫХ РАБОТ

Объем работ по текущему ремонту устанавливается ежегодно комиссиями, которые назначаются начальником управления мелиоративной системы, а при больших объемах работ — вышестоящими органами.

Каналы и сооружения оросительных систем обследуют осенью, по окончании основных поливов, а осушительных систем — после прохождения паводков, по заранее разработанному управлением системы плану. Работники системы, в чьем ведении находятся объекты ремонтных работ, заранее подготавливают для комиссии дефектные ведомости.

На основе осмотра на месте и сверки данных дефектных ведомостей с натурой комиссия составляет акт, в котором указывается необходимость проведения тех или иных работ, их перечень, объемы и сроки выполнения. К актам прикладывают дефектные ведомости, составляемые на основе обмеров, съемок, данных нивелировок и результатов вскрытия подземных частей сооружений.

Капитальный ремонт сооружений и каналов проводится на основе проектов, разрабатываемых по материалам предварительных изысканий и гидрометрических наблюдений.

Изыскания, необходимые для составления проекта капитального ремонта системы, состоят: в обследовании системы, продольной нивелировке и съемке поперечных сечений водоприемников, отстойников, каналов,

валов и дорог, подлежащих ремонту; в обмере нуждающихся в ремонте сооружений; топографической съемке выгоревших участков на осушенной территории, выработанных торфяных карьеров, размытых рек и каналов и т. п.

В отличие от ежегодного осмотра для текущего ремонта обследование проводится, как правило, за год до установленного срока капитального ремонта.

При обследовании закрытых осушительных систем устанавливается их заиление или подмыв, засоренность, общее состояние сооружений и их элементов, требующих ремонта. Одновременно устанавливается необходимость внесения в конструкцию сооружений изменений, вызываемых условиями их эксплуатации.

Очистка отстойников, водоприемников и каналов мелиоративных систем от заиления и растительности также обосновывается специальными проектами. Составлению проекта очистки от заиления и растительности предшествуют изыскательские работы, цель которых — установить фактические размеры отстойников, водоприемников и каналов и определить объемы работ, необходимые для создания потребной емкости отстойных бассейнов, пропускной способности водоприемников и каналов и обеспечения их устойчивости.

Для производства нивелировочных работ вдоль отстойника, водоприемника и по берме или дамбе канала прокладывают ходовую линию, которая через каждые 100 *м* закрепляется пикетами. Пикеты в виде двух колышков («точки», забитой в уровень с землей, и «сторожка», вынесенного на 10—15 *см* в сторону) отмечают порядковыми номерами до конца ходовой линии. На каждом пикете и в характерных местах перпендикулярно ходовой линии точки (колышки) выносят в канал и забивают в уровень с его заиленным дном. Через каждый километр устанавливают постоянные бетонные или деревянные реперы. Деревянный репер изготовляют из бревен диаметром 15—18 *см*, длиной не менее 1,5 *м* и закапывают на глубину не менее 1 *м*; в нижней части репер снабжают поперечиной. Реперы устанавливают по одну сторону канала, на расстоянии 20—25 *м* от ходовой линии, по перпендикуляру к ней. Место для репера выбирают так, чтобы его было хорошо видно и была обеспечена его сохранность.

На все установленные реперы составляется ведомость, в которой указываются порядковые номера, высотные отметки и описываются места их расположения. В качестве реперов нужно использовать устои мостов, стенки гидротехнических сооружений, цоколи зданий и т. п.

Углы ходовой линии обязательно измеряют в натуре угломерным инструментом и закрепляют столбиками, на которых выписывают порядковый номер угла, его местоположение по пикетажу, величину угла и направление поворота. Данные об углах заносят в журнал. Через каждые 200 *м* по ходовой линии проводится съемка поперечных сечений канала, закрепляемых точками и сторожками во всех характерных изломах (поверхность земли, берма, гребень дамбы, подошва откоса, дно канала, урез воды). На каждом поперечном сечении лентой, рейкой или дальномером измеряется ширина канала по дну и расстояния между закрепленными точками. На участках с обрушенными откосами и другими повреждениями расстояния между промеряемыми поперечными сечениями уменьшают, с тем чтобы получить данные, достаточные для определения объема предстоящих работ.

При наличии кавальеров дополнительно фиксируются ширина правой и левой берм, отметка верха и ширина по верху кавальера, отметки подошвы кавальеров, а для осушительных каналов — и водопропускные воронки.

В зависимости от рельефа местности съемка поперечников может быть выполнена путем ватерпасовки.

После разбивки ходовой линии и поперечников проводится нивелировка точек, причем отметки дна канала должны быть взяты нивелиром против каждого пикета ходовой линии. Результаты нивелировочных работ закрепляются вычерчиванием продольного профиля канала и его поперечных сечений (рис. 126). На продольный профиль наносят линию проектного дна канала, которую закрепляют в натуре донными реперами. Донные реперы устанавливают из бревен длиной не менее 1 *м* не реже чем через каждые 200 *м;* головка репера должна возвышаться над проектной отметкой дна канала на 5 *см*. При наличии донных реперов можно не проводить ежегодную нивелировку канала.

При механизированной очистке донные реперы удобнс выносить за пределы поперечного сечения канала.

Накладывая проектные поперечные профили канала

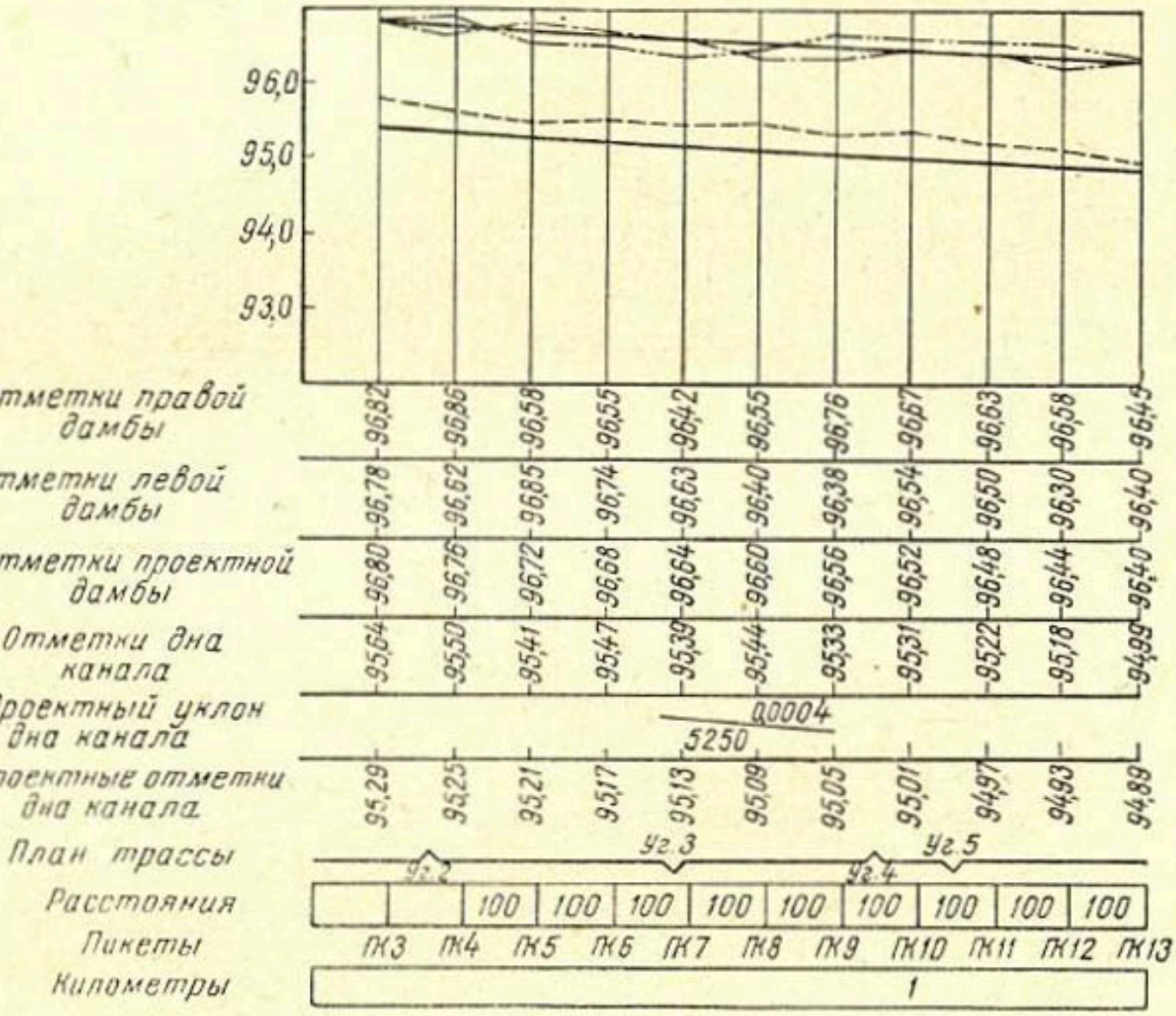


Рис. 126. Продольный профиль оросительного канала.

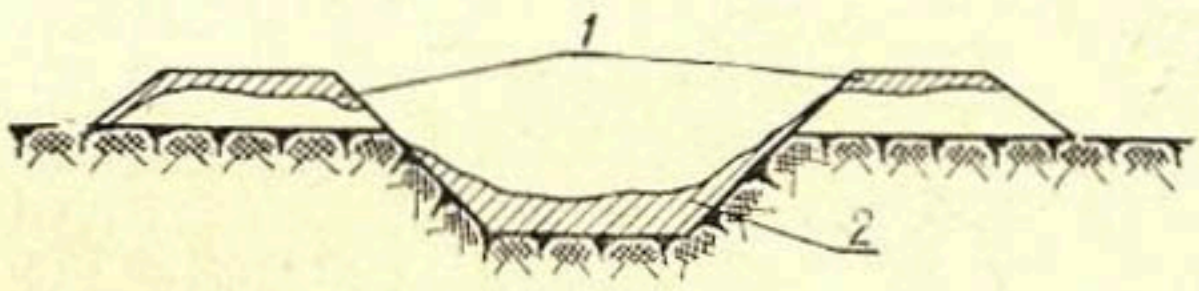


Рис. 127. Поперечный профиль оросительного канала на ПК8 (см. рис. 126):

1 — подсыпка; *2* — очистка.

на заснятые, определяют по каждому поперечнику потребную срезку откосов канала, подсыпку дамб по высоте и ширине и объем других работ, необходимых для обеспечения должной пропускной способности канала и его устойчивости (рис. 127).

Проектные данные поперечных сечений канала закрепляют в натуре разбивочными кольями и вешками. По поперечным профилям и наложенным на них проектным данным определяют планиметром или вычислением попикетные объемы земляных работ и заносят их в особую ведомость.

По открытым каналам регулирующей сети, небольшим каналам проводящей сети осушительных систем, а также распределительным, водосборно-сбросным и дренажным каналам небольшого сечения оросительных систем поперечные сечения замеряют только в характерных местах (2—3 поперечника на 1 *км* канала) или проводят нивелировку только дна канала без съемки поперечников.

Съемку поперечников отстойников, крупных водоприемников и каналов, заполненных водой, проводят с помощью хорошо натянутого троса, размеченного по длине через каждые 1—2 *м*. Трос натягивают через каждые 50—100 *м*, затем с лодки замеряют глубину воды особым шестом, который размечен по высоте через 5—10 *см;* шест ставят вертикально против каждой разметки троса.

Стоимость ремонтных работ определяется сметами, составляемыми по объемам работ и на основании единичных расценок. На сметную стоимость ремонтных работ начисляют в установленном размере накладные расходы.

В проект капитального ремонта гидромелиоративной системы должны входить следующие документы.

1. Пояснительная записка, в которой кратко, но ясно освещаются и обосновываются: современное состояние системы или сооружения, подлежащего ремонту, и те изменения, которые в них произошли за период после строительства; намечаемые виды, объемы и сроки проведения ремонтных работ; способы производства ремонтных работ и их организация; потребные механизмы, рабочая сила, оборудование, транспортные средства, строительные материалы и источники их получения; стоимость ремонтных работ (общая и по отдельным видам).

2. Общий план (схему) системы в масштабе от 1 : 5000 до 1 : 25 000 (в зависимости от площади, охваченной системой и наличия картографических материа-

лов), на котором отмечаются участки отстойника, водоприемника, каналов, защитных валов и дорог, а также сооружения, намеченные к ремонту.

3. Продольные и поперечные профили отстойников, водоприемников, каналов, защитных валов и дорог, с указанием их состояния и намечаемых ремонтных работ.

4. Рабочие чертежи сооружений, подлежащих ремонту или вновь строящихся, с указанием ремонтируемых частей или элементов, объемов ремонтных работ и спецификацией потребных для этого материалов.

5. Сводная ведомость объемов земляных работ по отдельным отстойникам, водоприемникам, каналам, защитным валам, дорогам, с распределением этих объемов по видам работ (выемка, насыпь, кавальер), способам производства и механизмам.

6. Сводная ведомость ремонтируемых сооружений и необходимых для ремонта материалов, механизмов, транспортных средств и рабочей силы по квалификациям.

7. Календарный план и типовые технологические схемы производства ремонтных работ, план финансирования.

8. Сметные документы с приложением справок о местах получения строительных материалов и горючего, а также о расстояниях и способах их подвозки к месту работ.

Все технические документы, определяющие состав, объем работ и их сметную стоимость, составляются по установленным формам и утверждаются в соответствии с действующими законоположениями.

§ 107. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

Ремонтные работы выполняют в плановом порядке по ежегодно разрабатываемому и утверждаемому производственному плану. Аварийные работы и в особых случаях срочные работы (например, ремонтно-регулировочные, возникающие при внезапном изменении условий водозабора или режима источника орошения) проводятся вне плана, на основе специальных актов. В годовом плане производства ремонтных работ устанавливается потребность в рабочей силе, механизмах, строительных материалах и транспортных средствах. Эта по-

требность определяется на основе объемов работ, сроков их выполнения и действующих норм затрат труда, машино-смен механизмов и строительных материалов.

Ремонт каналов и сооружений оросительных систем внутрихозяйственного значения проводится силами и средствами водопользователей под контролем и при технической помощи управления системы. Ремонтно-регулировочные и защитные работы на головных участках систем и ремонт каналов и сооружений межхозяйственного значения выполняются управлением системы.

При больших объемах ремонтно-регулировочных работ и по очистке отстойников и каналов от заиления практикуется для их выполнения привлекать на договорных началах строительные организации и экскаваторные станции.

По существующим правилам текущий ремонт осушительных систем проводится сторожами-ремонтерами системного управления или землепользователями под надзором технического персонала эксплуатационной службы. Все механизированные работы по капитальному и аварийному ремонтам, как правило, выполняются машинно-экскаваторными или машинно-мелиоративными станциями по договорам, заключаемым с управлением эксплуатации системы или водопользователями. Немеханизированные ремонтные работы выполняются либо хозяйственным путем органами эксплуатационной службы, либо по договору специальными строительными организациями. Способ проведения этих работ определяется в каждом отдельном случае в зависимости от объемов предстоящих работ и возможностей, которыми располагает то или иное эксплуатационное управление.

В планах ремонтных работ устанавливается доля участия отдельных групп хозяйств-землепользователей (колхозов, совхозов и др.). По каждому хозяйству рассчитывается количество рабочей силы, транспортных средств и местных строительных материалов, которые эти хозяйства должны заготовить и доставить для производства ремонтных работ. Планы ремонтных работ, приходящихся на долю землепользователей, заблаговременно представляются на рассмотрение исполкомов местных Советов депутатов трудящихся, которые утверждают их и устанавливают сроки выполнения.

На основе утвержденных планов управления гидромелиоративных систем выдают хозяйствам-землепользователям наряды на работы. В нарядах указываются перечень объектов работ, объемы и сроки их выполнения (начало и конец работ), необходимое количество рабочих и транспортных средств, а также перечень подлежащих заготовке местных строительных материалов, их объемы, сроки заготовки, вывозки и места разгрузки.

Рабочую силу и материальные ресурсы, необходимые для выполнения ремонтных работ, распределяют между хозяйствами пропорционально площади мелиорированных земель или (для орошаемых хозяйств) пропорционально количеству воды, подаваемой хозяйствам на орошение, в соответствии с планом. Способ определения доли участия водопользователей в ремонтных работах на оросительных системах по количеству подаваемой им воды предпочитается другим, так как при нем создается дополнительный стимул для бережного и рационального использования оросительной воды.

Чтобы повысить ответственность за своевременное и высококачественное выполнение ремонтных работ, практикуется закрепление за хозяйствами-землепользователями постоянных участков работ.

Перед тем как начать ремонтные работы, необходимо провести следующие мероприятия: подготовить жилье для рабочих, а также производственные и складские помещения; обеспечить для рабочих и инженерно-технического персонала хорошие культурно-бытовые условия; подвести к месту работ строительные материалы, машины, механизмы, инструменты и строительный инвентарь; распределить работы между хозяйствами-землепользователями и бригадами; проверить на месте соответствие перечня работ и объема ремонта фактической потребности и в случае происшедших изменений оформить эти изменения, уточнить план работ.

При установлении сроков ремонтных работ учитывают местные условия, специфику каждого вида работ, а также условия работы отдельных сооружений.

К капитальному ремонту оросительных систем обычно приступают с осени, после вегетационных поливов, и заканчивают его весной. Крупные работы могут продолжаться и в поливной период, при обязательном обеспечении нормальной работы оросительной системы.

Массовые работы по очистке каналов от заиления и растительности с участием водопользователей проводятся осенью, до пуска воды на влагозарядковые или промывные поливы, и весной, по мере оттаивания грунтов. Очистку каналов нужно полностью заканчивать до начала полевых сельскохозяйственных работ. При выполнении работ в два срока, осенью и весной, в осенний период очищают прежде всего магистральные каналы, их ветви и крупные распределители, чтобы гарантировать своевременный пуск воды в оросительную систему и подачу ее хозяйствам-водопользователям.

Во всех случаях стремятся выполнить осенью возможно больший объем работ по очистке каналов от заиления и растительности. Очистку отстойников и крупных каналов механизированным способом ведут в течение всего года.

Такая организация работ позволяет выполнять их минимальным количеством машин при максимальной годовой загрузке каждой машины.

Одновременно с очисткой каналов от заиления выполняются ремонтные работы по приведению поперечных сечений каналов к проектным габаритам и обеспечению их устойчивости.

Текущий ремонт гидротехнических сооружений проводится в течение всего периода работы оросительной системы, за исключением объектов, для ремонта которых требуется прекращение подачи воды в систему. Эти сооружения ремонтируют в осенне-зимний период и ранней весной, до начала поливов.

Регулировочные работы выполняются в соответствии с графиком водозабора и режимом источника орошения. При этом все работы по ремонту регулирующих и защитных сооружений, оградительных валов и дамб нужно заканчивать до наступления паводков.

Текущий ремонт осушительных систем проводится в послепаводковый период, а капитальный — в сроки, устанавливаемые в проекте капитального ремонта.

Ремонт дорог, линий связи, гражданских зданий и других вспомогательных устройств может проводиться в течение всего года. Эти работы удобно выполнять в то время, когда технический персонал системы, бригады рабочих, механизмы и транспортные средства наиболее свободны от основных работ.

Механизированные работы выполняют по детально разработанному проекту их организации и производства. В этом проекте предусматривается расстановка каждой машины, исходя из условий обеспечения максимальной ее производительности и загрузки в течение года, сокращения срока работ и удешевления стоимости ремонта.

При механизированной очистке отстойников и оросительных каналов в течение года работы организуют с учетом бесперебойного пропуска воды в каналы в соответствии с графиком водоподачи; это достигается разработкой прорезей заданной ширины и глубины с последовательной разработкой участков прорезей.

В проекте производства работ приводятся:

а) годовой объем наносов и их поступление в календарном разрезе;

б) характеристики грунтов (наносов);

в) данные о проходимости каналов по дну и по берегам для различных типов машин;

г) схемы транспортировки пульпы землесосами и образования кавальеров грунта;

д) сведения о состоянии дорог и возможности использования их для доставки машин, эксплуатационных материалов и запасных частей;

е) типы, мощности машин и расчет необходимого количества их;

ж) схемы разработки забоя, транспортировки грунта и укладки его в отвал;

з) календарный план производства работ;

и) графики снабжения машин горючими, смазочными материалами и запасными частями;

к) графики ремонта машин и вспомогательного оборудования.

При хозяйственном способе работ управление системы организует машинные отряды с землесосами, экскаваторами и скреперами. Эти отряды обслуживаются механическими мастерскими системы.

Все ремонтные работы на участках системы выполняются под руководством участковых техников, за исключением самых крупных и сложных работ, выделяемых в особые прорабства.

§ 108. УЧЕТ И ПРИЕМКА РЕМОНТНЫХ РАБОТ, ОТЧЕТНОСТЬ ПО ОЧИСТКЕ И РЕМОНТУ

Для контроля и учета выполнения плана ремонта проводятся обмеры работ, выполненных за каждые сутки и за декаду. Полученные результаты сравнивают с заданием. Это позволяет принимать оперативные меры к обеспечению выполнения плана всеми подразделениями. Суточные декадные обмеры работ проводят лентой, рулеткой, метром, ватерпасом.

Участковые техники ежедневно сообщают руководству гидромелиоративной системы о результатах замеров выполненных ремонтных работ.

Ежемесячно проводят инструментальные замеры, которые служат основой для месячной оперативной отчетности. Периодичность инструментальных замеров выполненных работ по очистке отстойников, водоприемников и крупных каналов механизмами зависит от условий работ и категории грунтов. Например, при производстве работ землесосами или экскаваторами в плывунах замер работ проводится не реже одного раза в сутки.

Объемы выполненной очистки внутрихозяйственных небольших каналов стандартных сечений можно определять по удельным показателям на 1 *км* длины канала.

Месячную оперативную отчетность по очистке гидромелиоративных систем представляют по установленной форме, помещая в ней данные о выполненных работах механизированным способом. В отчетах отражают натуральные показатели (в тыс. $м^3$) выполненных работ нарастающим итогом с начала года, отдельно по каналам межхозяйственного и внутрихозяйственного значения. По оросительным системам, кроме того, выделяют выполненные объемы работ по очистке коллекторной сети. Кроме отчетности по очистке систем, управления службы эксплуатации представляют оперативную отчетность о выполнении плана по ремонту гидросооружений, насосных станций и др.

Отчеты о выполнении текущего и капитального ремонтов представляются раздельно. В отчетах указывается количество отремонтированных сооружений, сметная стоимость выполненных работ и источники финансирования.

По аналогии с месячными отчетами составляются квартальные отчеты. Фактические результаты годовой производственной и хозяйственной деятельности управления гидромелиоративной системы и сопоставление этих результатов по всем показателям, в том числе и по ремонтным работам, с утвержденным планом отражаются в годовом отчете.

Законченные ремонтные работы должны быть освидетельствованы и приняты комиссией, которая назначается в зависимости от объема и значения сооружений начальником управления системы или вышестоящей организацией.

Приемку и оценку выполненных работ по текущему ремонту проводят по каждому объекту отдельно. При этом обмеряют все выполненные работы, проверяют их качество, а также качество использованных материалов. Ремонтные работы скрытых частей сооружений (засыпанных землей, затопленных водой) комиссия принимает на основе документов промежуточного освидетельствования этих работ.

На основе освидетельствования работ и проведенных обмеров комиссия составляет акт приемки работ, в котором указываются: объемы выполненных работ, затраты рабочей силы и транспортных средств, фактическая и сметная стоимость выполненных работ, соответствие выполненных работ утвержденному проекту или плану, оценка выполненных работ и предложения по устранению дефектов в работе, если они имеются.

Приемка работ по очистке каналов от заиления и растительности и других ремонтных работ, выполненных землепользователями, проводится по промежуточным актам с участием представителей местных Советов депутатов трудящихся и колхозов (совхозов). В акте приемки указываются: подробный перечень работ, их объем, а также затраты трудовых и материальных ресурсов—рабочих (человеко-дней), транспортных средств (подводо-дней или машино-смен) и местных строительных материалов, заготовленных и подвезенных к месту работ силами и средствами землепользователей.

При приемке законченных ремонтных работ, выполненных подрядным способом, акт приемки работ, составленный с участием представителей заказчика и подрядчика, является основанием для окончательного расчета

за выполненные подрядчиком работы. Приемка работ по капитальному ремонту проводится в соответствии с инструкцией о порядке приемки в эксплуатацию объектов государственного водохозяйственного строительства и ремонта, основные положения которой изложены в § 8.

§ 109. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ НА РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТАХ

Ремонтно-строительные работы на гидромелиоративных системах должны проводиться с соблюдением правил техники безопасности и охраны труда.

Каждый технический работник управления системы, обнаруживший нарушение правил техники безопасности, обязан немедленно принять меры к устранению допущенных нарушений.

Особое внимание обращают на соблюдение правил техники безопасности на работах, связанных с применением машин и механизмов, с использованием электроэнергии, на работах в тоннелях, кяризах, шахтных колодцах, котлованах, на подводных, ремонтно-регулировочных, защитных и взрывных работах, а также на работах, связанных с применением легковоспламеняющихся материалов.

Производство работ в руслах рек, на крупных каналах и водохранилищах должно быть обеспечено спасательными средствами — лодками, поясами, кругами и т. п. К производству работ в текущей воде при глубине свыше 1 *м* могут допускаться только люди, умеющие плавать. При скорости потока свыше 3 *м/сек* рабочим запрещается находиться на воде.

Осенью и ранней весной на работе при температуре воды ниже 10° непрерывное пребывание в воде разрешается не более 30 минут. После этого рабочие переодеваются и согреваются в течение часа.

На сипайных работах загрузка сипая проводится под наблюдением опытных мастеров (сипайчей); подача загрузочного материала организуется по цепочке. Направление движения рабочих-подносчиков регулируется, а проход рабочих через загружаемый сипай допускается только после его осадки.

При выполнении сипайных работ нельзя выправлять

неудачно легший хворост ногами, опускаясь с верховой стороны сипая, или руками, свешиваясь вниз. Эти работы следует выполнять шестами, стоя на сипае.

На производстве таштуганных (каменно-хворостяных) работ нельзя беспорядочно набрасывать камень на подготовленный хворостяной настил; камень нужно укладывать с подноской его с низовой стороны дамбы по грунту, а не по строящейся дамбе.

При укладке тяжелых фашин на высокие крутые откосы рабочего привязывают канатом к свае или другому, прочно закрепленному на берегу предмету; при этом нельзя находиться ближе 2—3 *м* со стороны, в которую перекатывается фашина или карабура. При завязке свернутая карабура должна находиться не ближе 3—4 *м* от бровки берега во избежание его обрушения.

На работах по пропуску паводков требования техники безопасности нужно соблюдать особенно строго. Для наблюдения за их выполнением в ночное время и на аварийных работах выделяются специальные лица. К выполнению работ, требующих специальных знаний и подготовки (взрывные, кяризные, сипайные, электротехнические и др.) допускаются только лица, имеющие право на производство этих работ.

Жилые, служебные, культурно-бытовые и производственные здания и сооружения, имеющиеся на гидромелиоративной системе, снабжаются противопожарным инвентарем и огнетушителями в соответствии с нормами, установленными ведомством противопожарной охраны. Противопожарный инвентарь следует всегда содержать в исправном состоянии, подход к нему должен быть свободным. Сторожевая охрана должна хорошо знать правила пользования средствами тушения пожаров.

Жилые, служебные и подсобные помещения нужно содержать в должной чистоте и исправности, они должны удовлетворять требованиям санитарно-технического надзора.

Для оказания первой помощи при несчастных случаях на каждом участке системы и на объектах ремонтно-регулировочных работ должны находиться аптечки с запасом медикаментов и перевязочных средств.

РАЗДЕЛ IV

ОРГАНИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ. ПЛАНИРОВАНИЕ И УЧЕТ

Глава семнадцатая

УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ И ОРГАНИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

§ 110. УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ И СТРУКТУРА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНОВ В СССР

Планирование всех водохозяйственных мероприятий, осуществляемых в Советском Союзе, выполняется госпланами союзных республик и отделом сельского хозяйства Госплана СССР.

В республиках Средней Азии, Закавказья и в Казахской ССР оперативное руководство водным хозяйством осуществляют республиканские министерства водного хозяйства.

В РСФСР, Украинской ССР и Молдавской ССР водным хозяйством ведают государственные комитеты советов министров.

В зонах избыточного увлажнения — в Белорусской ССР имеется Главное управление мелиорации и водного хозяйства при Совете Министров, а в Латвийской ССР, Литовской ССР и Эстонской ССР — управления мелиорации при республиканских объединениях «Сельхозтехника».

В союзных республиках с областным делением имеются управления (отделы) водного хозяйства.

В каждой союзной республике существуют проектные институты, занимающиеся проектированием орошения, осушения и обводнения. Эти институты подчиняются республиканским органам водного хозяйства.

Имеются также проектные группы при областных управлениях водного хозяйства. Кроме того, в Москве

имеется Всесоюзный государственный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт Гипроводхоз, а в Ташкенте Среднеазиатский проектно-изыскательский институт Среднеазгипроводхлопок, которыми ведает Управление водного хозяйства Министерства сельского хозяйства СССР.

Водохозяйственное строительство в Советском Союзе выполняется строительными конторами, строительно-монтажными управлениями и трестами республиканского подчинения. Эти организации ведут работы по строительству крупных объектов. Строительство колхозных и межколхозных оросительных систем и орошаемых участков выполняется строительно-монтажными конторами, машинно-экскаваторными и машинно-мелиоративными станциями местного подчинения.

Республиканские органы водного хозяйства несут ответственность за разработку и осуществление мероприятий по использованию водных ресурсов для нужд сельскохозяйственного производства в колхозах и совхозах республик, за своевременную организацию и выполнение необходимых строительных и эксплуатационных водохозяйственных работ, за правильное использование имеющихся механизмов и за внедрение новой техники и передового опыта в эксплуатацию и строительство внутрихозяйственных систем и сооружений.

Они осуществляют перспективное и ежегодное планирование всех хозяйственных мероприятий в увязке с планом развития сельского хозяйства, представляют эти планы на утверждение; планируют материально-техническое снабжение водохозяйственных мероприятий, получают и распределяют материальные фонды; контролируют выполнение водохозяйственных мероприятий подчиненными им организациями; обобщают передовой опыт и осуществляют мероприятия по его распространению; рассматривают проекты водохозяйственных мероприятий и представляют их на утверждение, издают различные инструкции, правила и распоряжения.

§ 111. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ

Основной производственной организацией, в которой сосредоточены все вопросы эксплуатации оросительной или осушительной системы и сооружений, является уп-

равление системы. Как правило, это управление создается для организации эксплуатации отдельной системы. Однако в некоторых случаях в одном управлении могут быть объединены несколько небольших оросительных систем.

Имеются также и другие формы организационной структуры эксплуатационных органов. Например, в Узбекской ССР всеми вопросами водного хозяйства, включая и эксплуатацию водохозяйственных систем, ведают на местах областные управления оросительных систем с районными производственными участками или районными управлениями.

Большое значение в эксплуатации гидромелиоративных систем имеют машинно-экскаваторные, машинно-мелиоративные и лугомелиоративные станции, выполняющие по договорам с управлениями систем и с водопользователями эксплуатационные работы по очистке и ремонту каналов, переустройству оросительной и осушительной сети, планировке орошаемых земель, культуртехническим мероприятиям на осушенных землях.

§ 112. ВЗАИМООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ УПРАВЛЕНИЯМИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И ЗЕМЛЕВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ

Ответственность за исправность, сохранность и правильное использование межхозяйственных каналов, гидротехнических сооружений и вспомогательных устройств гидромелиоративных систем несут эксплуатационные водохозяйственные организации.

Ответственность за исправность, сохранность и правильное использование внутрихозяйственных каналов и сооружений на них несут хозяйства-землеводопользователи. На эксплуатационные водохозяйственные организации возложено техническое руководство переустройством и эксплуатацией внутрихозяйственных каналов и сооружений, контроль за использованием оросительной воды в хозяйствах-водопользователях, оказание колхозам систематической помощи в деле мелиорации земель.

Управления гидромелиоративных систем могут привлекать водопользователей в соответствии с утвержденным государственным планом к выполнению массовых

мелиоративных работ по ремонту и очистке каналов, ремонту дамб обвалования, по производству защитно-регулировочных работ, по борьбе со стихийными явлениями, по заготовке местных строительных материалов для выполнения эксплуатационных работ и создания аварийных запасов.

Порядок привлечения водопользователей к выполнению массовых мелиоративных работ, их организации и проведения устанавливаются действующими в союзных республиках законами или особыми постановлениями советов министров союзных республик и областных (краевых) исполкомов Советов депутатов трудящихся.

§ 113. СТРУКТУРА И ТИПОВЫЕ ШТАТЫ УПРАВЛЕНИЙ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Управление оросительной системы возглавляется начальником и главным инженером и имеет в своем составе отдел водопользования, отдел ремонтно-строительных работ, а также необходимый бухгалтерский и хозяйственный штат.

Основные оперативные работы по эксплуатации оросительной системы выполняются гидротехническими (эксплуатационными) участками.

Количество участков и структура линейной службы эксплуатации оросительной системы определяются площадью орошения и местными условиями (самотечное или машинное орошение, наличие или отсутствие дренажной сети, количество узлов вододеления, количество административных районов, обслуживаемых системой, и др.).

В состав работников эксплуатационного участка входят: участковый гидротехник, участковый гидрометр, водные объездчики, сторожа, наблюдатели.

Все оросительные системы разбиваются на 8 категорий, в зависимости от размера обслуживаемой ими орошаемой площади. Типовые штаты управлений оросительных систем для каждой категории приведены в таблице 64.

Организационная структура службы эксплуатации осушительных систем и количество необходимого персонала зависят от площади осушенных земель, их принадлежности и территориального размещения.

Таблица 64

Наименование должностей	Категории систем по штатам в зависимости от размера орошаемой площади в тыс. *га*							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	свыше 60	40—60	30—40	20—30	15—20	10—15	5—10	3—5
Начальник управления	1	1	1	1	1	1	1	1
Главный инженер . . .	1	1	1	1	—	—	—	—
Старший экономист . .	1	1	1	—	—	—	—	—
Экономист	—	—	—	1	1	—	—	—
Статистик	—	—	—	—	—	1	1	—
Начальник отдела водопользования . . .	1	1	1	—	—	—	—	—
Старший инженер . . .	1	—	—	1	1	—	—	—
Инженер-диспетчер . .	2	2	1	1	1	1	—	—
Старший техник	1	1	1	1	1	1	1	1
Начальник отдела работ	1	1	1	—	—	—	—	—
Старший инженер . . .	1	—	—	1	1	—	—	—
Инженер	1	1	1	1	1	1	—	—
Старший техник	1	1	—	—	—	—	1	1
Главный бухгалтер . .	1	1	1	1	1	1	—	—
Бухгалтер	2	2	2	1	—	—	1	1
Счетовод-кассир	1	1	1	1	1	1	—	—
Заведующий хозяйством	1	1	—	—	—	—	—	—
Заведующий складом .	1	1	1	1	1	1	1	1
Секретарь-машинистка .	1	1	1	—	—	—	—	—
Курьер-уборщица . . .	1	1	1	1	1	—	—	—
Итого	20	18	15	13	11	8	6	5

В настоящее время существуют следующие организации, эксплуатирующие осушительные системы: управления эксплуатации осушительной системы при площади осушения не менее 10 тыс. *га*, территориальные управления эксплуатации нескольких осушительных систем с общей площадью осушенных земель также не менее 10 тыс. *га;* самостоятельные эксплуатационные участки при площади осушения от 5 до 10 тыс. *га*; районная мелиоративная служба (при отсутствии управлений эксплуатации осушительных систем).

Границы территориальных управлений эксплуатации осушительных систем целесообразно устанавливать по

водосборным бассейнам водоприемников. Нежелательно, чтобы административный район обслуживался несколькими территориальными управлениями.

Следует стремиться, чтобы эксплуатационный участок обслуживал только один административный район.

Эксплуатация внутрихозяйственной осушительной сети осуществляется, как уже сказано выше, самими землепользователями либо путем организации специальных мелиоративных бригад (звеньев), либо тракторно-полеводческими бригадами. Второй путь лучше обеспечивает качество эксплуатации осушительной системы, так как производственная бригада материально заинтересована в исправном состоянии осушительной сети на своем участке.

Если отрегулированный водоприемник имеет большую длину, особенно когда он выходит за пределы осушенной территории, целесообразно организовать специальный участок по эксплуатации водоприемника.

Управления эксплуатации осушительных систем делятся на 4 категории. Типовые штаты управлений приведены в таблице 65.

Таблица 65

Наименование должностей	Категории систем в зависимости от площади осушения в тыс. *га*			
	I	II	III	IV
	от 10 до 30	от 30 до 60	от 60 до 90	более 90
Начальник управления	1	1	1	1
Главный инженер	—	—	1	1
Старший инженер	—	1	—	—
Инженер-мелиоратор	1	—	1	1
Техник-мелиоратор	1	1	—	1
Старший бухгалтер	—	—	1	1
Бухгалтер	1	1	—	—
Счетовод-кассир	—	—	—	1
Заведующий складом	—	—	1	1
Итого	4	4	5	7

§ 114. ПРИМЕРНЫЕ НОРМЫ НАГРУЗКИ ЛИНЕЙНОГО ПЕРСОНАЛА

Нормы нагрузки эксплуатационного персонала гидромелиоративной системы зависят от ее особенностей; они не могут быть одинаковыми для различных систем.

В настоящее время действуют примерные производственные нагрузки линейных работников управлений оросительных и осушительных систем.

Участковый гидротехник и участковый гидрометр оросительной системы назначаются по одному на эксплуатационный участок системы с площадью орошаемых земель от 3000 до 5000 *га* или с длиной оросительных каналов и дамб обвалования около 25 *км*.

На крупный узел сооружений или на одну водозаборную плотину также назначается один гидротехник сооружения.

Нагрузка на водного объездчика оросительной системы составляет в среднем от 1000 до 2000 *га* орошаемой площади.

Кроме того, полагается один водный объездчик на каждые 10—12 *км* оросительных каналов или 12—15 *км* дамб обвалования.

На гидротехнических сооружениях с расходом более 5 $м^3/сек$ полагается иметь регулировщика. При меньших сооружениях один регулировщик должен обслуживать до 5 регуляторов.

Наблюдатель гидрометрических постов обслуживает 5—10 постов, в зависимости от расстояния между крайними постами его участка.

Такую же норму нагрузки можно принимать и для наблюдателей за уровнем грунтовых вод.

Надсмотрщик за телефонной сетью, если она имеется в распоряжении управления оросительной системы, обслуживает до 50 *км* телефонной линии.

На системе с развитой дренажной сетью вводится должность системного мелиоратора, а при механическом орошении предусматриваются в штате управления механики и другой персонал, обслуживающий насосные станции.

К линейному персоналу управлений осушительных систем относятся бригадиры-десятники и русловые ремонтеры, число которых устанавливается из следующих

средних норм нагрузки на одного работника: водоприемники — 4—7 *км*, проводящие каналы — 7—10 *км*, открытая осушительная сеть — 150—200 *га*, закрытая осушительная сеть — 450—500 *га*. Участковый техник назначается обычно на 8—10 тыс. *га* осушенной площади.

§ 115. ПРАВА И ОБЯЗАННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПЕРСОНАЛА

Начальник управления является руководителем всей системы и несет ответственность за ее работу, сохранность, состояние и техническое улучшение.

Начальник управления обеспечивает: планирование работ и мероприятий по технической эксплуатации системы, выполнение утвержденного плана эксплуатационных мероприятий, а также составление и представление в соответствующие инстанции установленной отчетности, соблюдение трудовой и служебной дисциплины на системе. Он распоряжается денежными средствами в пределах отпущенных ассигнований, материалами и оборудованием, принадлежащим системе, заключает договоры и соглашения.

Главный инженер управления системы, являясь заместителем начальника управления, также отвечает за работу системы и непосредственно осуществляет техническое руководство всей деятельностью системы.

Главный инженер обеспечивает своевременное и надлежащее составление технической и сметной документации, планов водораспределения, а на осушительных системах — планов откачки и планов регулирования водного режима корнеобитаемого слоя.

Основная задача главного инженера — тщательно изучать систему, намечать мероприятия по ее техническому улучшению, внедрять на системе усовершенствования и передовые методы эксплуатации, повышать эффективность действия системы. На осушительных системах главный инженер обеспечивает контроль за проведением культуртехнических и агромелиоративных мероприятий на мелиорируемых землях. В обязанность главного инженера входят: разработка технических инструкций по эксплуатации каналов и сооружений системы, подготовка проектно-сметных документов на

производство ремонтов, оказание помощи землепользователям при проведении технической эксплуатации внутрихозяйственных каналов и сооружений, а также улучшении мелиоративного состояния закрепленных за ними земель, приемка выполненных работ по ремонту и переустройству каналов и сооружений, организация повышения квалификации эксплуатационных работников и составление технических отчетов.

Старшие инженеры, инженеры, техники системы, руководящие работой по своей отрасли, обязаны принимать меры к внедрению новой техники на системе, а также инструктировать землепользователей в этой области.

Участковый гидротехник — один из ведущих работников гидромелиоративной системы, возглавляющий и непосредственно руководящий работой эксплуатационного участка. В его ведении и на его ответственности находятся: вся сеть каналов эксплуатационного участка и сооружения на них, а также вспомогательные и подсобные сооружения и устройства, если последние не выделены в самостоятельные пункты управления.

Участковый гидротехник отвечает за правильное использование водных и земельных ресурсов эксплуатационного участка, за выполнение установленного плана работ, за надлежащее содержание, охрану и нормальную работу всех находящихся на территории участка каналов, сооружений и вспомогательных устройств, за ежегодный учет всех произошедших на участке изменений в состоянии каналов, сооружений и мелиорируемых земель.

В распоряжении участкового гидротехника находятся: участковый гидрометр, водные объездчики, а на осушительных системах — ремонтеры, регулировщики распределительных узлов системы и отдельных сооружений, сторожа сооружений и ремонтные бригады.

В обязанность участкового гидрометра входит: учет воды по водоприемникам, каналам и насосным станциям; учет изменения влажности корнеобитаемого слоя (на осушительных системах); руководство работой наблюдателей на водомерных постах, на системных метеорологических станциях и на наблюдательных колодцах, а также камеральная обработка и обобщение материалов наблюдений.

Русловой ремонтер обеспечивает надзор за нормаль-

ной работой закрепленного за ним участка, проведение текущего ремонта, подготовку участка к пропуску паводков, проведение противопожарных мероприятий и тушение возникших пожаров, привлекая в необходимых случаях к этому землепользователей, замер уровней воды на гидрометрических постах и наблюдательных колодцах, регулирование уровней воды посредством шлюзов-регуляторов.

Глава восемнадцатая

АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА НА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ

§ 116. АВТОМАТИЗАЦИЯ И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ СЛУЖБЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В настоящее время строительство новых оросительных и осушительных систем, а также реконструкция действующих систем во многих случаях осуществляется с применением автоматизации.

По мере накопления опыта количество автоматизированных систем будет все более возрастать.

Широкое применение автоматизации обусловлено тем, что ее осуществление повышает технический уровень эксплуатации и делает ее более четкой, надежной и экономичной.

Одновременно с этим автоматизация вносит много нового в организационную структуру эксплуатации. Она предъявляет иные требования к эксплуатационному персоналу, от которого в этом случае требуются специальные знания и соответствующая квалификация.

В настоящей главе кратко рассматривается сущность автоматизации и ее значение для службы эксплуатации. Вообще под автоматизацией понимают осуществление какой-либо технологической операции без непосредственного участия в ней человека. Роль обслуживающего персонала сводится лишь к наблюдению за автоматически протекающим процессом и поддержанию средств автоматизации в рабочем состоянии.

Автоматическое управление заключается в том, что устройства автоматики обеспечивают начало, необходимую последовательность и прекращение операций, составляющих данный рабочий процесс. Напри-

мер, насосный агрегат включается, когда уровень воды в водозаборном сооружении достигает определенной величины, работает до тех пор, пока не откачает воду и не установится новый, заранее заданный уровень, а затем отключается.

В приведенном примере автоматического управления насосным агрегатом начальные команды, или, как их принято называть, импульсы на включение и отключение агрегата посылают приборы-датчики, контролирующие уровень воды. Человек в процессе управления не участвует.

Наряду с автоматическим управлением существует также полуавтоматическое управление. При этом способе управления пуск, остановку, изменение направления вращения вала двигателей и другие подобные операции осуществляет человек, нажимая кнопку или поворачивая рукоятку. Однако после подачи первоначального импульса дальнейшие операции в заданной последовательности протекают уже автоматически. Осуществляется также и автоматическая защита.

В мелиоративных системах наряду с автоматическим управлением весьма часто применяется и полуавтоматическое (подъем и опускание затворов, управление агрегатами насосных станций машинного водоподъема в зависимости от требуемого расхода и т. д.).

В тех случаях, когда без участия человека приходится поддерживать постоянной какую-нибудь величину, называемую регулируемой (например, расход или уровень воды в канале), применяется автоматическое регулирование. Импульсы управления подаются специальным устройством, называемым автоматическим регулятором, в котором заданная величина сравнивается с регулируемой. При рассогласовании этих величин вырабатывается импульс, включающий исполнительный механизм на время, необходимое для ликвидации этого рассогласования.

На рисунке 128 показана схема автоматического регулирования уровня воды в канале оросительной системы. Такая схема называется структурной; она показывает, из каких элементов состоит система регулирования, стрелками на ней показано направление воздействия каждого ее элемента,

Диспетчер при помощи задатчика положения задает значение уровня воды, которое необходимо поддерживать постоянным. Задание принимается механизмом приема задания. С другой стороны, действительное значение уровня измеряется в канале при помощи специального поплавкового устройства — датчика уровня. Обе величины уровня как заданная, так и фактическая обычно преобразуются в соответствующие электрические величины, легко передаваемые на растояния, отделяющие

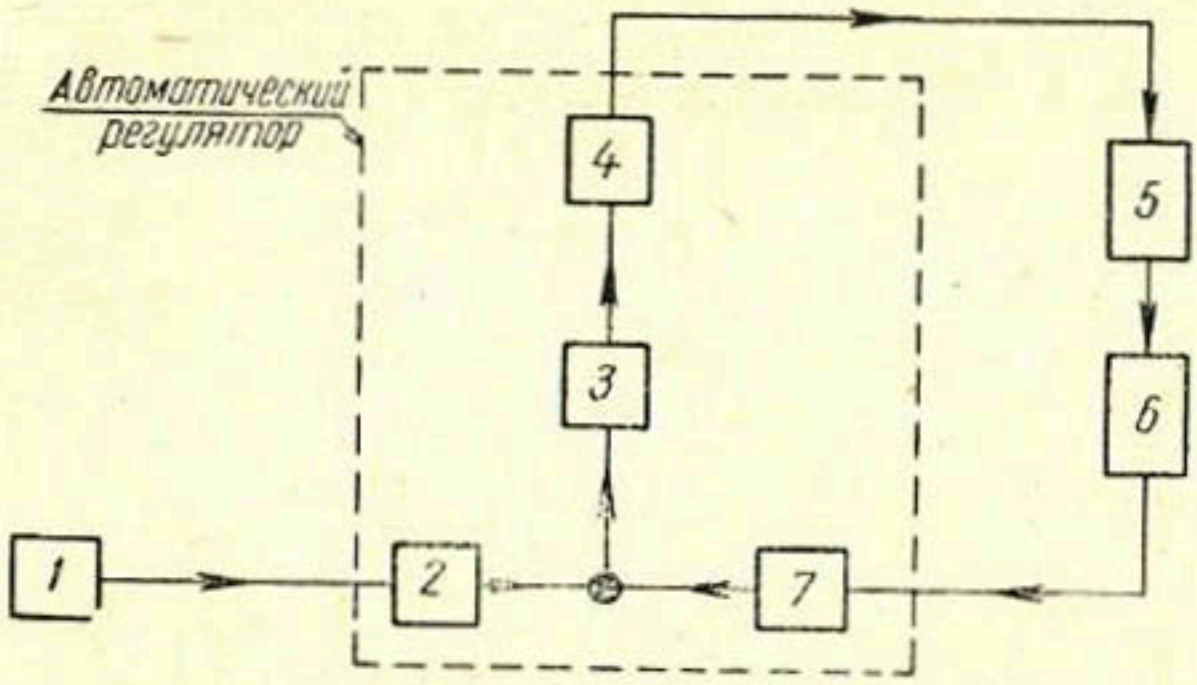


Рис. 128. Структурная схема автоматического регулирования уровня воды в канале:

1 — задатчик положения; *2* — механизм приема задания; *3* — элемент сравнения (нуль-орган); *4* — элемент пропорционального импульсного управления; *5* — исполнительный механизм; *6* — объект регулирования; *7* — датчик уровня.

друг от друга отдельные элементы системы регулирования. В данном случае величины уровня воды преобразуются в напряжения электрического тока.

Оба напряжения — одно, соответствующее заданному уровню, а другое — фактическому, сравниваются между собой в специальном устройстве — элементе сравнения (его часто называют «нуль-орган»). Неравенство напряжений означает наличие отклонения фактического уровня от заданного. В этом случае элемент сравнения посылает команду в элемент управления для включения исполнительного механизма — электропривода затвора, установленного в голове канала. Затвор в зависимости от знака рассогласования включается на подъем или опускание до тех пор, пока рассогласование не будет ликвидировано.

Автоматическое регулирование является наиболее совершенным видом автоматического управления.

До сих пор, говоря об автоматическом управлении или регулировании, мы имели в виду так называемое дистанционное управление, которое применяется при сравнительно небольшом количестве объектов и небольших расстояниях между объектами и пунктом управления. В этом случае между ними для передачи каждого сигнала прокладывается линия связи в виде электрических проводов. При большом количестве сигналов и большом количестве объектов управления прокладка индивидуальных проводов становится экономически невыгодной; кроме того, снижается общая надежность устройства. Положение осложняется, если расстояние между управляемыми объектами и пунктом управления велико и исчисляется десятками и даже сотнями километров. А между тем специфической особенностью объектов мелиоративных систем как раз и является их разбросанность на большой территории и большие расстояния между ними.

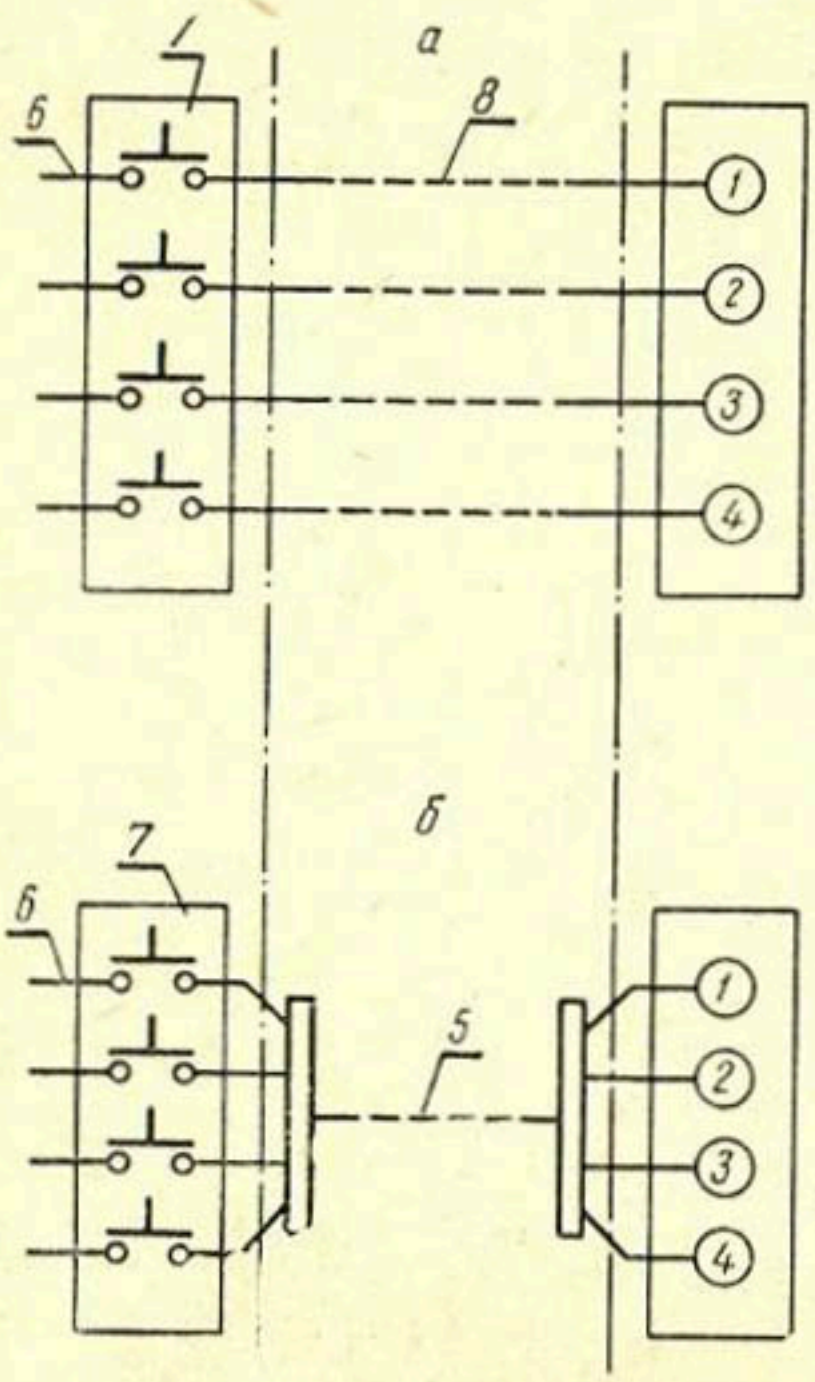


Рис. 129. Сравнение схем передачи сигналов:

а — дистанционного управления; *б* — телеуправления. *1, 2, 3, 4* — управляемые объекты; *5* — канал телемеханики; *6* — органы управления; *7* — пункт управления; *8* — линии связи.

Для осуществления передачи большого количества сигналов на большие расстояния по одному каналу связи, состоящему из нескольких проводов, применяются устройства телемеханики.

На рисунке 129 для сравнения показаны схемы передачи сигналов при дистанционном управлении (рис. 129,а) и при системе телемеханики (рис. 129,б).

Как видно, в системе телемеханики управление многими объектами осуществляется по одной и то же линии связи.

Кроме того, телемеханика характеризуется также применением устройств, обеспечивающих большую надежность работы системы. Для этого телемеханическая система снабжается элементами, защищающими управляемые объекты от выполнения ошибочно переданных приказов (так называемых ложных сигналов); после передачи сигнала управления по той же линии связи осуществляется передача обратного сигнала, подтверждающего выполнение объектом посланного ему приказа. Схемы телемеханики строятся таким образом, что управляемый объект реагирует только на определенный, ему адресованный сигнал и оставляет без внимания другие виды сигналов.

Все это гарантирует надежную работу системы телемеханики. Следовательно, телемеханика позволяет осуществить управление и контроль с минимальными затратами на каналы связи и обеспечить надежную и точную передачу сигналов.

По роду выполняемых функций телемеханика подразделяется на:

телеизмерение — передача на расстояние значений измеряемых параметров, характеризующих режим работы контролируемых объектов;

телеуправление — передача на расстояние импульсов управления, осуществляющих пуск, остановку или изменение положения управляемых агрегатов;

телесигнализация — передача на расстояние сигналов состояния контролируемых объектов;

телерегулирование — управление на расстоянии действием автоматических регуляторов.

В мелиоративных системах в зависимости от конкретных условий и технико-экономической целесообразности применяется следующая степень автоматизации:

1) контроль за состоянием оборудования и сооружений;

2) защита сооружений и оборудования от ненормальных режимов работы и повреждений;

3) автоматизация в целом сооружения или узла сооружений, объединенных единым технологическим процессом;

4) централизованный диспетчерский контроль за водозабором и водораспределением;

5) комплексная автоматизация оросительной системы, под которой понимают сочетание диспетчерского контроля с управлением всеми сооружениями системы без наличия на них обслуживающего персонала.

Автоматический контроль за состоянием оборудования и сооружений повышает надежность их работы и снижает количество аварий.

При возникновении в рабочем процессе каких-либо отклонений от нормального состояния возникает предупредительный звуковой или световой сигнал (например, сигналы, предупреждающие о возникновении перегрева подшипников насосных агрегатов, отклонения уровня воды от заданного, чрезмерного падения давления в трубопроводе и т. п.).

К автоматическому контролю относится также автоматическое измерение. Если при автоматическом контроле фиксируются лишь предельные значения параметров, то измерительные приборы позволяют обслуживающему персоналу судить о значениях параметров в каждый данный момент и наблюдать за ходом их колебаний.

Часто функции контроля и измерения выполняет один и тот же прибор. Например, выпускаемые нашей промышленностью контактный манометр типа ЭКМ для измерения давления и поплавковое устройство типа ДСУ для измерения уровня позволяют непрерывно получать соответствующие показания на приборах, установленных в помещении дежурного, а также получать предупредительный сигнал в случае нарушения установленных пределов давления или уровня. В этих приборах для передачи предупредительных сигналов имеются регулируемые контакты, замыкающиеся при достижении предельных значений измеряемых величин.

Устройства автоматической защиты предназначены для отключения машин и механизмов, а также участков электрической сети в случае возникновения в них недопустимых перегрузок или повреждений. Благодаря устройствам автоматической защиты предупреждаются аварии; если повреждение уже возникло, оно сводится к минимуму и размеры аварии ограничиваются.

Более надежной является работа полностью автома-

тизированных объектов. В этом случае автоматизируется совокупность различных операций, в том числе и управление процессами пуска и остановки агрегатов, изменения положения затворов гидротехнических сооружений и т. п.

На таких объектах автоматические устройства обеспечивают рациональный технологический режим, исключают аварии по вине обслуживающего персонала и обеспечивают автоматическую защиту от повреждений. Эксплуатация этих объектов наиболее экономична, потому что на них количество обслуживающего персонала сводится к минимуму.

Качественные изменения в эксплуатацию оросительных систем в целом вносит централизованный контроль за водозабором и водораспределением. В настоящее время наблюдения за горизонтами и расходами воды проводятся на гидропостах и выполняются они главным образом наблюдателями путем отсчетов по рейке. Каждый наблюдатель обслуживает 10—15 гидропостов. Вследствие разбросанности точек замера отсчеты проводятся, как правило, один-два раза в сутки. Среднесуточные расходы воды вычисляются, исходя из предположения, что в промежутках между отсчетами расход остается неизменным, а это обычно не соответствует действительности.

Опыт показывает, что для правильного учета воды необходимо в точках выдела проводить не менее шести замеров в сутки. Для этого потребовалось бы увеличить число наблюдателей, имеющихся в настоящее время, в 2—3 раза.

Централизованный диспетчерский контроль позволяет ликвидировать штат наблюдателей, а необходимые измерения получать на диспетчерском пункте автоматически через заданные промежутки времени — в виде показаний прибора или в виде автоматической записи на бумаге.

При осуществлении централизованного диспетчерского контроля за расходами воды на местах сохраняется ручное управление гидротехническими сооружениями специальным штатом регулировщиков. Поэтому наиболее полной и совершенной является комплексная автоматизация, при которой с диспетчерского пункта осуществляется не только контроль, но и управление всеми

гидротехническими сооружениями. В этом случае вся оперативная служба эксплуатации осуществляется только диспетчером.

При комплексной автоматизации уменьшается количество обслуживающего персонала и качественно изменяется диспетчерская служба и структура эксплуатации мелиоративных систем в целом.

§ 117. ОБЪЕКТЫ И ОБЪЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

По характеру и объему автоматизации объекты мелиоративных систем можно разделить на четыре основные группы:

1) головные водозаборные узлы;

2) насосные станции машинного водоподъема, перекачечные станции на дренажных коллекторах оросительных систем и перекачечные станции на осушительных системах;

3) насосные установки для водозаборных скважин вертикального дренажа, водоснабжения и для орошения подземными водами;

4) гидротехнические сооружения для регулирования водораспределения на каналах, лотках и трубопроводах оросительных систем.

Многие сооружения мелиоративных систем являются индивидуальными, со специфическими условиями работы. Однако, несмотря на большое количество разновидностей и типов технологических схем и конструктивных решений, сооружения внутри каждой группы выполняют аналогичные технологические задачи, имеют идентичный состав оборудования, а также схожую структуру эксплуатации.

Головные водозаборные узлы

Объем автоматизации назначается для каждого головного водозаборного узла индивидуально, применительно к его типу и выполняемым им задачам.

Составлению проекта автоматизации предшествует детальное знакомство с составом и назначением отдельных сооружений узла и схемой его эксплуатации. Несмотря на необходимость индивидуального подхода, существует ряд общих положений, которыми следует руководствоваться при автоматизации головных узлов.

Рассмотрим пример автоматизации водозаборного узла плотинного типа и установим целесообразный объем его автоматизации. Головной узел состоит из водосливной плотины и двух водозаборных сооружений магистральных оросительных каналов. В обоих водозаборных сооружениях имеются донные отверстия, перекрытые затворами.

Уровень воды в верхнем бьефе плотины, обеспечивающий водозабор и сброс паводковых вод, поддерживается автоматическим регулятором уровня воды (рис. 131). При отклонении уровня от нормы в ту или другую сторону регулятор посылает импульс определенного знака, воспринимаемый блоком выбора очередности (БВО) открытия (закрытия) затворов плотины. Этот блок необходим для того, чтобы в процессе эксплуатации устанавливать и время от времени изменять последовательность управления затворами. Кроме того, БВО обеспечивает включение следующего по номеру затвора при аварийном выходе из строя предыдущего.

Необходимость изменения порядка маневрирования обусловливается следующим.

При вводе водозаборного узла в эксплуатацию задается предварительный порядок маневрирования затворами, который устанавливается на основе модельных лабораторных испытаний узла и проектных материалов. Затем этот порядок корректируется на основании натурных наблюдений в процессе эксплуатации. Кроме того, в зависимости от формирования русла, на протяжении более длительного периода работы узла, отложения наносов, размыва креплений нижнего бьефа и других факторов, приходится менять ранее установленный порядок маневрирования. Следовательно, блок выбора очередности представляет собой простейшее программное устройство, выполняющее предварительно заданную ему программу последовательности действия затворов.

Обычно на водосливных плотинах целесообразно открывать затворы последовательно по одному, так как этим достигается более плавное регулирование сброса воды и меньший износ оборудования. В рассматриваемом примере последующий затвор начинает подниматься, когда предыдущий поднялся на полную высоту. Однако часто осуществляют ступенчатое маневрирование затворами, ибо с точки зрения размыва крепления нижнего

бьефа бывает целесообразным осуществлять последовательное открытие каждого из затворов небольшими ступенями.

С затворами плотины сблокированы затворы донных галерей. При полном открытии каждого из затворов плотины открываются сблокированные с ним затворы донных галерей. Такая увязка режима работы промывных и водосбросных сооружений особенно существенна при небольших излишках воды в источнике, сброс которых в первую очередь должен использоваться для промыва порогов водоприемных сооружений или отстойников.

При редком маневрировании затворами промывных сооружений их не включают в схему автоматизации. Эти сооружения периодически промывают независимо от автоматизации. Таким образом, объем автоматизации водосливной плотины сводится к следующему: в верхнем бьефе головного узла устанавливаются датчики измерителя уровня и регулятора, а в помещении дежурного — измерительный прибор и регулятор; аварийный уровень верхнего бьефа сигнализируется световым и звуковым сигналами (рис. 130).

Заданный уровень поддерживается автоматическим регулятором, который осуществляет маневрирование затворами при помощи блока выбора очередности. Если необходимы частые промывы, затворы плотины блокируются с затворами донных галерей.

Примерно такой же объем автоматизации предусматривается для затворов водоприемных сооружений магистральных каналов оросительных систем. В отличие от схемы управления затворами плотины в этом случае зачастую отсутствует блок выбора очередности.

Как показывает опыт, наиболее рациональные условия подачи воды в канал достигаются при одновременном открытии всех затворов водоприемных сооружений на одинаковую величину, поэтому надобность в маневрировании затворами по программе отпадает. Однако для многопролетных сооружений, при больших расходах магистральных каналов и большой разности между максимальным и минимальным расходом, устанавливают блок выбора очередности и задают определенный порядок маневрирования затворами (рис. 130).

При источниках водозабора с медленно меняющимися

режимами иногда взамен установки автоматического регулятора осуществляют дистанционное управление затворами водоприемника.

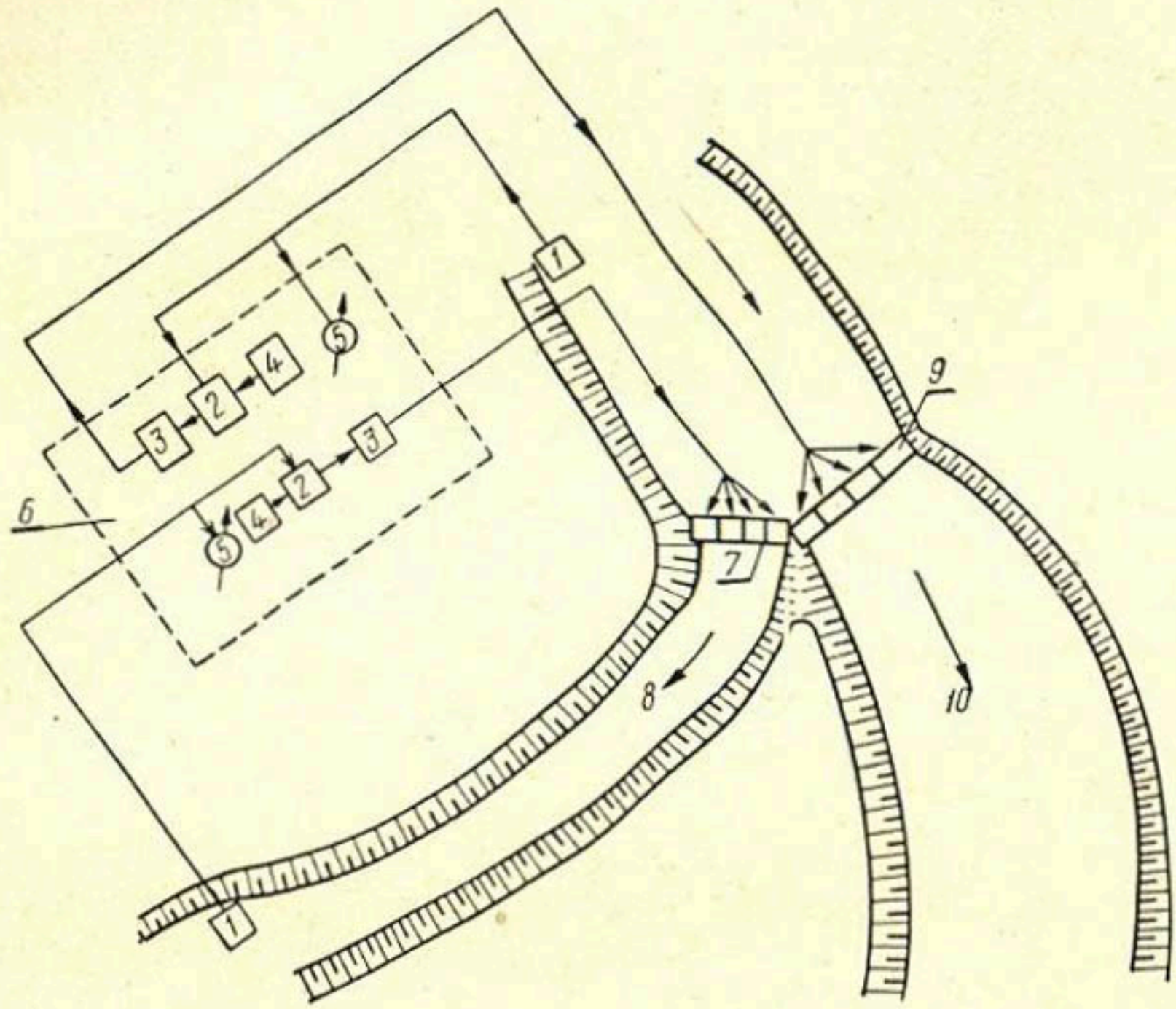


Рис. 130. Блочная схема автоматического управления головным водозаборным узлом плотинного типа:

1 — датчик уровня или расхода; *2* — автоматический регулятор уровня или расхода; *3* — блок выбора очередности управления затворами (БВО); *4* — задатчик положения автоматического регулятора; *5* — измерительный прибор; *6* — пункт управления; *7* — затворы водоприемных сооружений канала; *8* — оросительный канал; *9* — плотина; *10* — река.

В этом случае положение каждого затвора в отдельности устанавливается дежурным и им же контролируется. В отличие от автоматического регулирования, когда заданный режим сохраняется автоматически без вмешательства дежурного, при дистанционном управлении все возникающие изменения режима могут быть ликвидированы лишь вмешательством диспетчера, который изменяет положение затворов. Поэтому на источ-

никах с быстро меняющимися режимами или при расположении головных водозаборных сооружений на водохранилищах небольшой емкости или на источниках, из которых питаются частоторегулирующие гидростанции, следует преимущественно предусматривать автоматическое регулирование затворами, а не дистанционное управление.

Применение автоматических регуляторов обязательно при управлении затворами гидротехнических сооружений, подпор от которых распространяется в пределах населенных пунктов, где небольшое повышение уровней сверх нормальных грозит затоплением.

Следует избегать излишних объемов автоматизации и установки излишней аппаратуры. Например, автоматизация сооружений, оперирование которыми происходит очень редко, только удорожает и усложняет установку, не повышая надежности эксплуатации.

В тех случаях, когда водозаборным узлом управляют с диспетчерского пункта, удаленного от узла на большое расстояние, помимо рассмотренных средств автоматизации, применяют устройства телемеханики, при помощи которых с диспетчерского пункта поступают уставки автоматических регуляторов уровня и расхода, а на диспетчерский пункт передаются сигнализация и измерения.

Насосные станции

Объем автоматизации мелиоративных насосных станций, а также принципы их автоматизации зависят от назначения станции, ее технологической схемы и гидромеханического оборудования, типа и мощности электропривода основных насосных агрегатов, выбранного режима эксплуатации и от других факторов.

В зависимости от технологического режима насосные станции и отдельные агрегаты подразделяются на две группы: автоматические и полуавтоматические. Работа автоматических станций и агрегатов протекает без участия обслуживающего персонала в управлении ими. Команды на включение и отключение насосных агрегатов подаются датчиками, обеспечивающими заданный режим работы. К группе автоматических относятся главным образом осушительные и водопроводные насосные станции, а также дренажные насосы любых назначений.

Управление ими осуществляется в зависимости от уровня воды в источнике водозабора, давления в напорном трубопроводе, заданного расхода и т. д.

Управление полуавтоматическими насосными станциями осуществляется от единичной команды, подаваемой дежурным. После подачи первоначальной команды работа агрегатов далее протекает автоматически, при этом обеспечивается определенная последовательность работы отдельных механизмов, входящих в состав агрегата, и автоматическая защита их от неисправностей и аварий.

Команду управления подает дежурный, нажимая кнопку, установленную в помещении насосной станции (дистанционное управление) или в помещении диспетчерского пункта, удаленного от нее (телеуправление).

К этой группе относятся оросительные насосные станции, где включение и отключение агрегатов осуществляется в соответствии с графиком водопотребления.

Наиболее сложным для автоматизации является агрегат с центробежным насосом, ось которого расположена выше горизонта воды в источнике. Пуск этого агрегата может быть осуществлен лишь с предварительным заливом его водой при закрытой задвижке на напорном трубопроводе. Схема управления агрегатом должна обеспечить взаимодействие комплекса вспомогательных механизмов и аппаратуры. Схема управления агрегатами, пуск которых может быть осуществлен без предварительного залива насоса водой или при открытой напорной задвижке, более проста. Ее можно рассматривать как частный случай более сложной схемы. Исходя из этого, рассмотрим управление агрегатом с центробежным насосом и предварительным заливом его водой. Диаграмма последовательности операций при пуске или остановке такого насосного агрегата приведена на рисунке 131.

Управление агрегатом может быть разделено на три последовательные операции, выполнение каждой из которых обеспечивается соответствующими механизмами и реле: управление процессом предварительного залива насоса водой; управление электроприводом основного насоса; управление электроприводом задвижки напорного трубопровода.

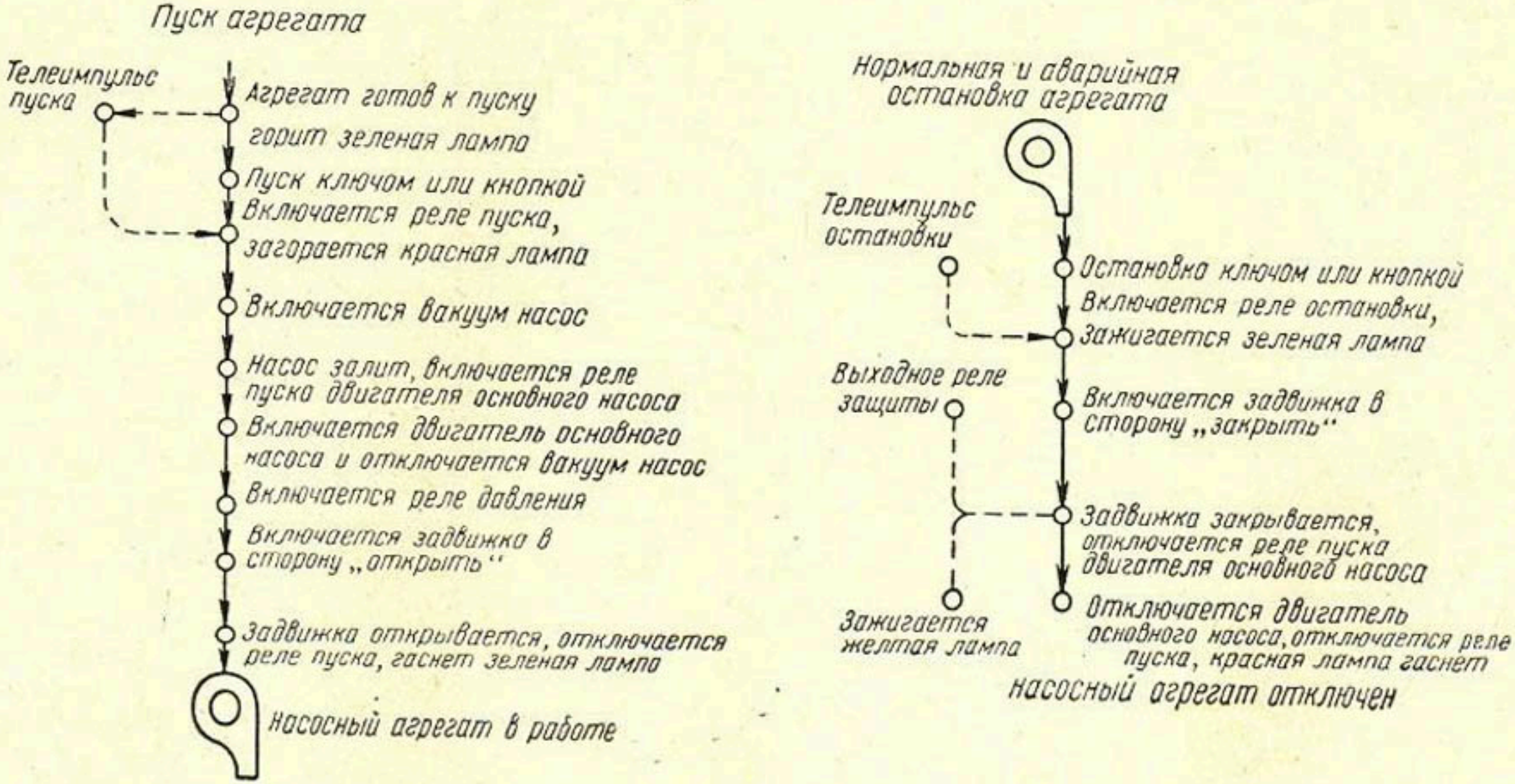


Рис. 131. Диаграмма последовательности операций при управлении насосным агрегатом с индивидуальным вакуум-насосом и задвижкой на напорном трубопроводе.

Управление процессом предварительного залива насоса водой. Предварительный залив на автоматизированных насосных станциях обеспечивается преимущественно водокольцевым вакуум-насосом типа КВ. На рисунке 132 приведена схема соединения вакуум-установки *5* с основным насосом *1*. Требуемая для нормальной работы вакуум-насоса постоянная циркуляция воды обеспечивается установкой бачка *3*, из которого вода поступает во всасывающий

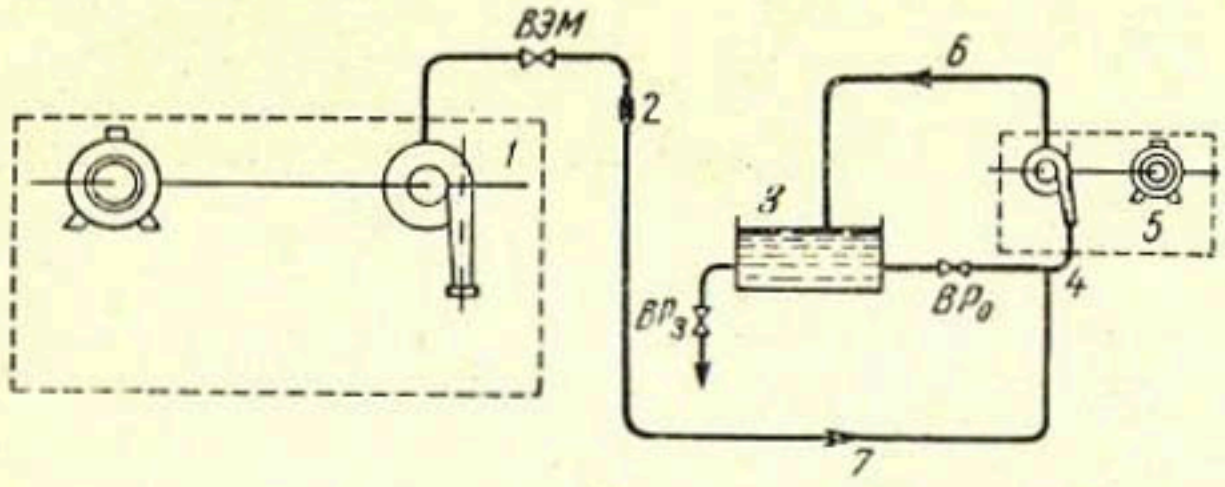


Рис. 132. Гидромеханическая схема соединения вакуум-установки с основным насосом:

ВЭМ — электромагнитный вентиль, управляемый дистанционно; $ВР_3$ — закрытый ручной вентиль; $ВР_0$ — открытый ручной вентиль. *1* — основной насос; *2* — устройство контроля уровня или протока воды; *3* — бачок; *4* — всасывающий трубопровод; *5* — вакуум-установка; *6* — нагнетательный трубопровод; *7* — слив.

трубопровод *4* и вместе с воздухом попадает в корпус насоса. Затем по мере вращения рабочего колеса воздух и излишняя вода через нагнетательный трубопровод выбрасываются обратно в бачок.

Автоматизация этого процесса требует наличия устройства *2*, контролирующего уровень или проток воды для фиксации окончания процесса залива насоса, а также дистанционно управляемого запорного вентиля (ВЭМ) для разобщения трубопровода, соединяющего вакуум-насос с центробежным, чтобы вода из камеры насоса не поступала в вакуум-насос и бачок.

Приведенное описание процесса залива насоса водой относится к насосной станции с одним агрегатом. Если на станции имеется несколько агрегатов, каждый насосный агрегат снабжается индивидуальным вакуум-насосом или же устанавливаются два вакуум-насоса для обслуживания всех агрегатов.

На рисунке 133 приведены гидромеханические схемы залива насосов на насосных станциях с индивидуальными и общими для всех агрегатов вакуум-насосами.

Схема залива насосов с индивидуальными вакуум-насосами позволяет построить всю автоматизацию так, что каждый насосный агрегат имеет независимый от других полный комплект вспомогательных механизмов

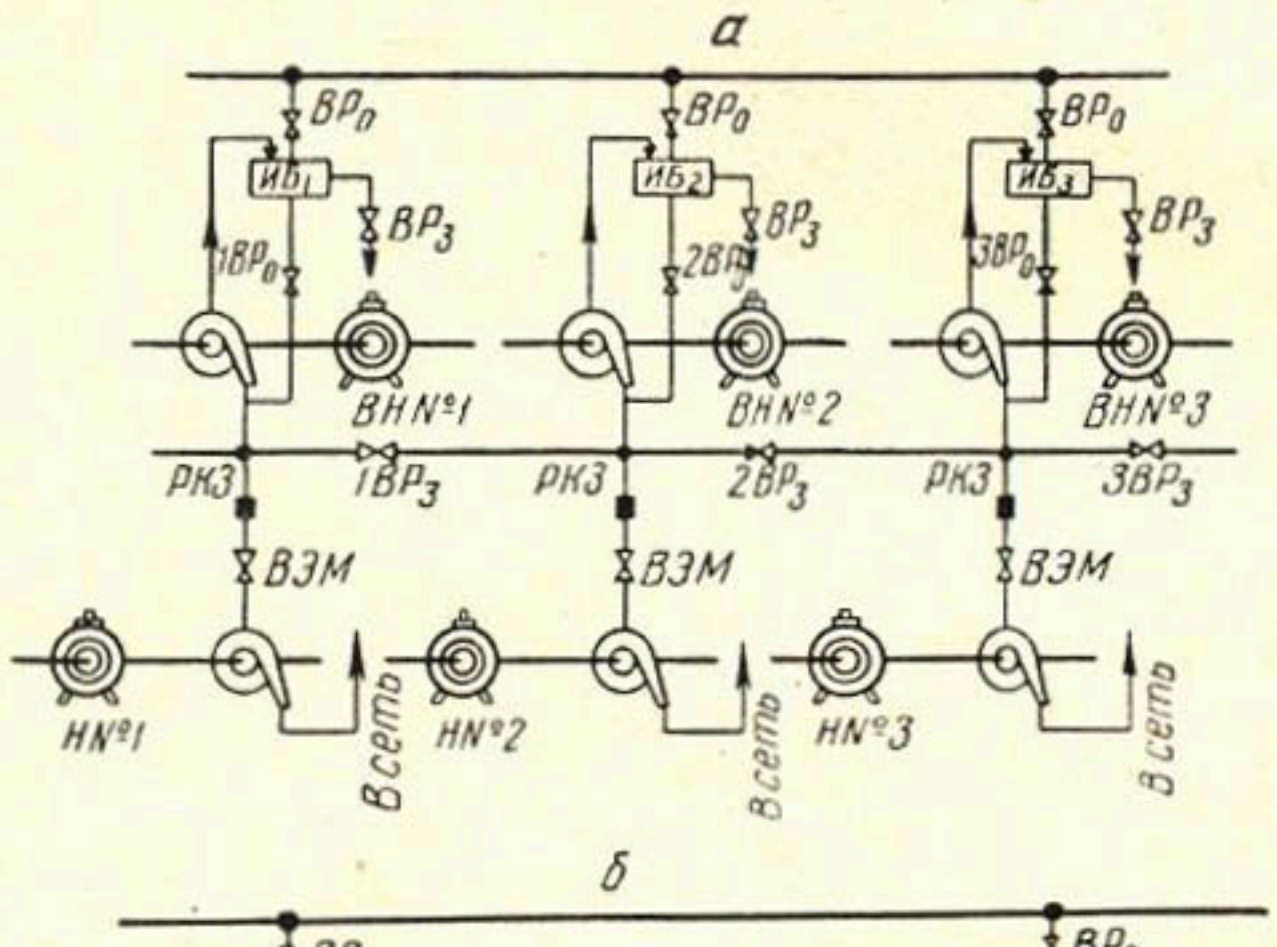


Рис. 133. Гидромеханические схемы залива насосов на насосных станциях:

а — с индивидуальными вакуум-насосами; *б* — с общими вакуум-насосами. ВН — вакуум-насос; Н — основной насос; РКЗ — реле контроля окончания процесса залива; ВРо — ручной открытый вентиль; $ВР_з$ — ручной закрытый вентиль; ИБ — индивидуальный бачок; ВЭМ — электромагнитный вентиль, управляемый дистанционно.

и аппаратуры, электросиловые цепи и цепи управления. При этой схеме выход из строя одного из агрегатов не влияет на работу других.

Вторая схема залива имеет общие цепи вакуум-установки; перегорание, например, предохранителей в цепи

управления вакуум-установки выводит из строя всю станцию в целом. Преимуществом первой схемы по сравнению со второй является также отсутствие дистанционно управляемых вентилей в гидромеханической системе и наиболее короткие всасывающий и нагнетательный трубопроводы вакуум-установки. Однако при первой схеме для каждого агрегата, если их больше двух, требуется дополнительный вакуум-насос с электродвигателем и пусковой аппаратурой.

Для насосных станций, имеющих не более трех-четырех агрегатов целесообразно принять индивидуальные вакуум-насосы (рис. 133,а).

Управление электроприводом основного насоса. Схема управления электроприводом основного насоса, контроль за его работой, а также защита его определяются выбранным типом двигателя.

Все функции управления, защиты и контроля осуществляются на переменном токе низковольтной сети. Управление масляными выключателями в настоящее время основано на применении грузового или пружинного привода. Встраиваемые в привод катушки управления и устанавливаемый электродвигатель для автоматического подъема груза (АМР) могут быть изготовлены на любые напряжения переменного тока. Для управления агрегатами телемеханизированных насосных станций применяются специальные станции управления, в которых все оперативные цепи выполнены на переменном токе.

Управление задвижкой напорного трубопровода. Полное открытие или закрытие напорного трубопровода обычно осуществляется задвижкой. Запуск основного агрегата с центробежным насосом производится при полностью закрытой задвижке. Отключению основного насоса должно предшествовать закрытие задвижки, а за аварийным отключением электродвигателя насоса должно следовать закрытие задвижки. В крайних положениях привод задвижек отключается конечными выключателями. Импульс на открытие задвижки обеспечивает реле давления, которое устанавливается на напорном трубопроводе. Как правило, применяются электрифицированные задвижки с реверсивным асинхронным короткозамкнутым двигателем. Электрифицированный привод задвижек компактен и

легко управляем. К основным недостаткам привода на переменном токе в насосных станциях, работающих без постоянного обслуживающего персонала, относится то, что закрытие задвижек зависит от наличия напряжения. При полном отсутствии напряжения на шинах насосной станции задвижка не закроется и, следовательно, не будет предотвращен обратный ток воды.

Современные насосные агрегаты, как правило, допускают реверс, и работа насоса в турбинном режиме допускается не только в аварийных режимах, но и в качестве нормального режима при любой остановке агрегата.

Если насосные агрегаты центробежных насосов находятся под заливом (камерный тип) и имеют индивидуальные трубопроводы, то отпадает необходимость в вакуум-системе, электрифицированных задвижках на напорных трубопроводах и обратных клапанах. Благодаря этому повышается надежность работы агрегатов и упрощается схема автоматики.

Насосные установки водозаборных скважин. Общий объем автоматизации насосных агрегатов, обслуживающих глубинные колодцы, должен обеспечить возможность централизованного диспетчерского управления агрегатами с одного диспетчерского пункта. В настоящее время одну или несколько скважин обслуживает специальный моторист. Однако, несмотря на это, глубинные колодцы работают круглосуточно или большую часть суток без непрерывного контроля. Периодический контроль их работы мотористом не исключает возникновения ненормальностей в работе, поломок и аварий.

Автоматическое управление должно обеспечить правильное соблюдение технологического процесса пуска и остановки насосного агрегата, контролировать его работу и защищать от возможных неисправностей и аварий.

Наличие таких устройств позволяет отказаться от мотористов и управлять большими группами водозаборных скважин с одного диспетчерского пункта при помощи средств телемеханики.

Большое количество водозаборных скважин оборудуется вертикальными насосами, опущенными в скважины ниже уровня воды. С вертикальным электродви-

гателем, расположенным на поверхности над скважиной, они соединяются при помощи длинных валов, опирающихся на резиновые подшипники. Вкладыши подшипников смазываются и охлаждаются водой, подаваемой насосом. Перед запуском насосного агрегата смачивают водой подшипники, не находящиеся в воде.

Как правило, на артезианских скважинах насосные агрегаты можно запускать с открытой задвижкой на напорной линии. Это очень облегчает осуществление автоматики пуска, так как в данном случае не требуется установки задвижек с электроприводом и их автоматизации. Автоматизация насосных агрегатов должна обеспечить своевременное выявление ненормальных режимов их работы и предупреждение аварий. Наиболее часто встречаются следующие ненормальности:

а) перегрузка насосного агрегата в результате нарушения аксиальных зазоров между колесами и корпусом, износа подшипников, провертывания рабочих колес на валу и попадания крупных предметов в насос. Перегрузка может возникнуть также в результате работы двигателя на пониженном напряжении;

б) работа вхолостую при понижении динамического уровня;

в) короткое замыкание электродвигателя;

г) работа двигателя на двух фазах;

д) перегрев подшипников.

Для полностью автоматизированных агрегатов, пуск и остановка которых осуществляется датчиками давления, уровня и другими, предусматривается защита, исключающая мгновенный запуск всех электродвигателей при появлении напряжения питания после кратковременного перерыва. Одновременный запуск всех присоединенных к трансформаторной подстанции электродвигателей недопустим из-за большого суммарного пускового тока. Работу групп скважин вертикального дренажа часто автоматизируют в зависимости от уровня воды в общей для всей группы наблюдательной скважине.

При падении уровня воды в наблюдательной скважине ниже установленного вся группа насосов отключается. При подъеме уровня воды до верхнего заданного все насосы включаются.

В некоторых скважинах общей группы вследствие

неравномерного притока может не оказаться воды. Разумеется, что насосы этих скважин не должны включаться в работу.

Кроме того, предусматривается возможность ручного управления отдельным насосом без перевода на ручное управление всей группы. Такой режим является необходимым при проверке насоса, опробования его после ремонта и т. д.

Гидротехнические сооружения для регулирования водораспределения на каналах оросительных систем

Эта группа объектов является самой многочисленной, и ее автоматизацией по существу определяется автоматизация оросительных систем в целом.

Для автоматизации гидротехнических сооружений на каналах, при которой обеспечивается управление этими сооружениями и контроль за ними с диспетчерского пункта, необходимо провести следующие мероприятия:

а) снабдить затворы гидротехнических сооружений дистанционно-управляемыми подъемными механизмами, а гидротехнические сооружения вновь строящихся оросительных систем снабдить затворами, наиболее полно отвечающими условиям комплексной автоматизации;

б) обеспечить гидротехнические сооружения энергией для привода подъемных механизмов и управления ими;

в) осуществить телеизмерение;

г) смонтировать аппаратуру автоматики и телемеханики.

На сооружениях должны быть водоизмерительные устройства, и вдоль оросительных каналов должна быть проложена надежная телефонная связь.

Эти мероприятия применительно к оросительным системам можно осуществлять по различным вариантам, имеющим ряд специфических особенностей. В первую очередь варианты схем автоматизации подразделяются по типам гидротехнических сооружений и по виду силовой энергии для привода подъемных механизмов.

В настоящее время наибольшее распространение в оросительных системах получили плоские и сегментные затворы; для них разработаны винтовые подъемные ме-

ханизмы с цилиндрическим или червячным редуктором и электрическим приводом, в качестве которого используется асинхронный короткозамкнутый двигатель. Электроэнергия к сооружениям подводится при помощи линий электропередач.

Варианты управления с использованием электрического привода и централизованного электроснабжения, проверенные многолетней практикой эксплуатации в различных областях, весьма надежны. Однако во многих случаях они являются дорогостоящими вследствие необходимости сооружения специальных линий электропередач и понизительных подстанций. Поэтому в настоящее время разрабатываются также варианты более экономичных схем автоматизации с применением вододействующих затворов, использующих в качестве силовой энергии гидравлический перепад в каналах. Стоимость автоматизации в этом случае значительно снижается.

Французская фирма «Нейрпик» накопила опыт строительства и эксплуатации гидравлических автоматов в комплексе с тарированными выпусками. Этой фирмой изготовляются сегментные затворы с противовесом и поплавками, расположенными в верхнем или нижнем бьефе, в зависимости от системы регулирования. Имеются также затворы смешанного действия, где в одном диапазоне регулирование идет со стороны верхнего бьефа, а в другом — со стороны нижнего бьефа. Такой затвор оборудуется двумя поплавками (рис. 134).

Для возможности телеуправления затворы гидравлического действия снабжают устройствами, позволяющими дистанционно менять их настройку и потреблять для этой цели малую мощность.

На рисунке 135 приведен пример схемы телеуправляемого сегментного затвора, для привода которого используется энергия гидравлического перепада между каналами *. Горизонтальный уравновешенный сегментный затвор *1* при помощи тяг связан с поплавком *6*, расположенным в поплавковой камере *3*. Подъемная сила поплавка достаточна для изменения положения затвора; поэтому, изменяя положение поплавка, изменяют положение затвора и пропускаемый им расход.

---

* Разработано Гипроводхозом МСХ СССР.

Поплавковая камера связана с верхним бьефом трубопроводом с клапаном *7* на конце, при помощи которого прекращается доступ воды в камеру при полностью закрытом затворе. Нормально клапан открыт, и вода из верхнего бьефа поступает в камеру. Вода из камеры в нижний бьеф сливается через сильфон *5*. Управление

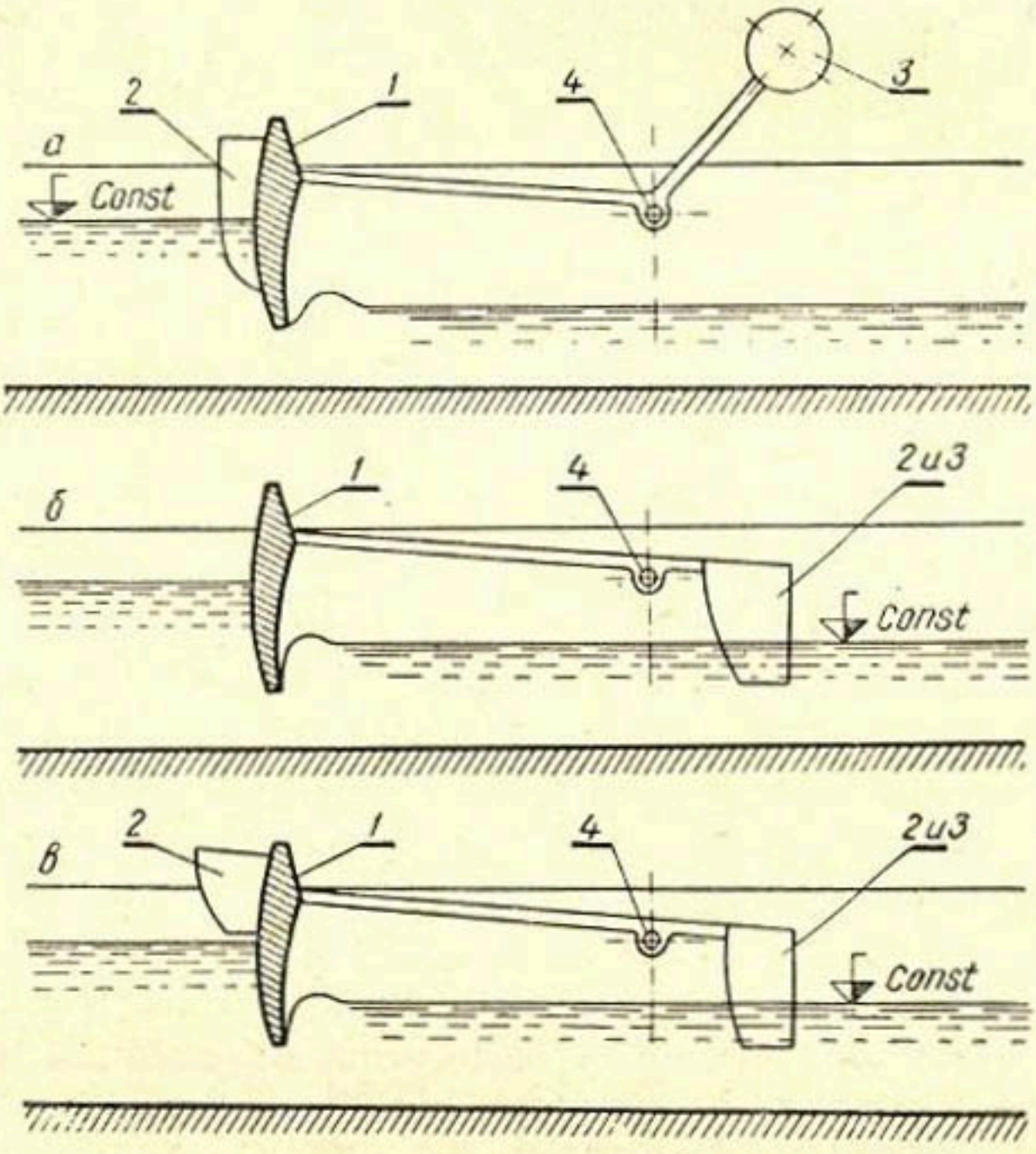


Рис. 134. Схемы вододействующих затворов «Мейрпик».

а — поддерживающих горизонт воды верхнего бьефа; *б* — поддерживающих горизонт воды нижнего бьефа; *в* — смешанного действия. *1* — щит; *2* — поплавок; *3* — противовес; *4* — ось вращения.

положением сильфона осуществляется при помощи телеуправляемого электрического приводного механизма *2*.

Мощность, потребная для телеуправления затвором гидравлического действия, равна 12 *вт*. При этом отпадает необходимость в сооружении специальных высоковольтных линий передач и снижается стоимость автоматизации.

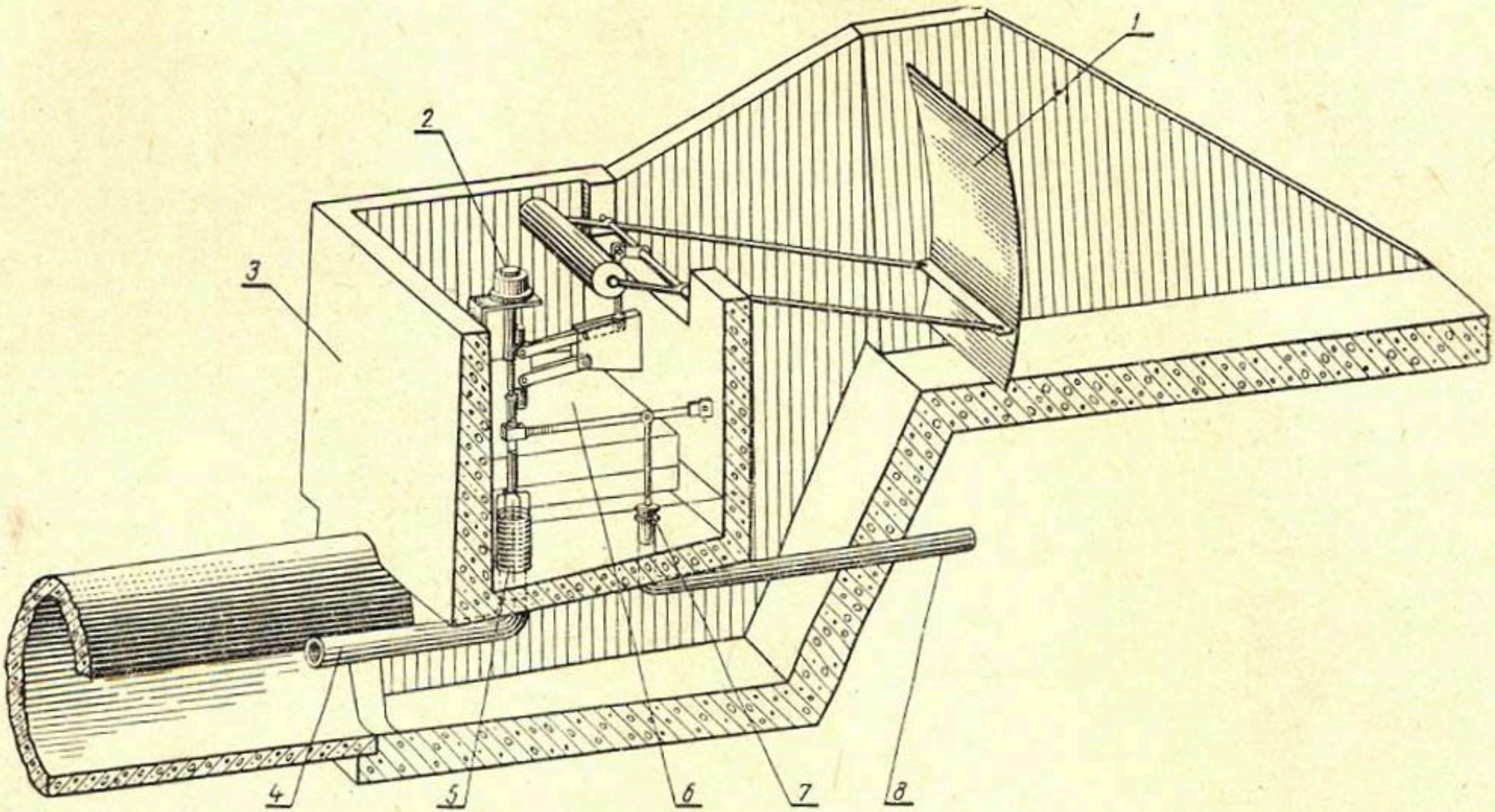


Рис. 135. Схема телеуправляемого горизонтального затвора гидравлического действия:

1 — сегментный затвор с противовесом; *2* — механизм дистанционного управления; *3* — поплавковая камера; *4* — сливная магистраль, связанная с нижним бьефом; *5* — сильфон; *6* — поплавок с тягами; *7* — клапанное устройство; *8* — наполняющая (через клапанное устройство) магистраль, связанная с верхним бьефом.

§ 118. ДИСПЕТЧЕРСКИЙ КОНТРОЛЬ ВОДОЗАБОРА И ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Централизованный контроль водозабора и водораспределения существенно улучшает режим эксплуатации, и его следует осуществлять как первоочередное мероприятие, даже если на время сохраняется местное ручное управление гидротехническими сооружениями.

Для обеспечения централизованного контроля, помимо оснащения всех пунктов контроля водоизмери-

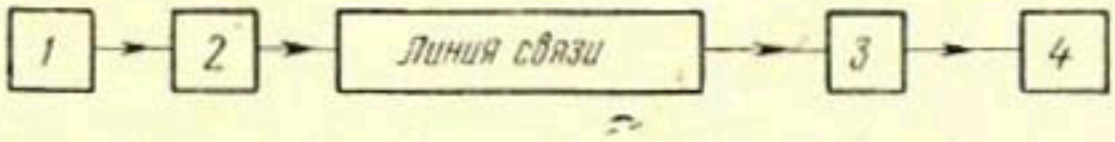


Рис. 136. Принципиальная блочная схема телеизмерения:

1 — первичный измеритель контролируемой величины; *2* — датчик телеизмерения; *3* — приемник телеизмерения; *4* — указательный прибор.

тельной аппаратурой, необходимо осуществить телеизмерение.

Основная особенность телеизмерения заключается в том, что измеряемый параметр преобразуется в электрический сигнал и передается по линии связи с минимальными искажениями.

На рисунке 136 показана принципиальная блочная схема телеизмерения.

Измеряемый параметр (уровень, расход, температура и др.) воздействует на чувствительный элемент первичного измерителя. Перемещение чувствительного элемента преобразуется в перемещение стрелки указателя, по шкале которого на месте его установки отсчитывается величина измеряемого параметра.

Устанавливаемые на сооружениях гидравлические элементы и водомерные приборы (расходоуказатель ДРС-55, роторный счетчик стока САНИИРИ, водомер ВПГ-54 и др.) являются водоизмерительными устройствами местного контроля.

Для осуществления телеизмерения дополнительно к ним должны быть установлены датчики телеизмерения *2*, выполняющие роль преобразователей измеряемых параметров в пропорциональные им сигналы.

На диспетчерском пункте устанавливается приемник телеизмерения *3*, преобразующий поступающий с линии сигнал в величину, измеряемую стрелочным или самопишущим прибором *4*.

Наиболее простыми являются телеизмерительные системы, в которых измеряемые неэлектрические параметры преобразуются в ток или напряжение, значения которых пропорциональны измеряемой величине. Такие телеизмерительные системы называют системами интенсивности (интенсивность сигнала): основной их недостаток — неизбежные погрешности, определяемые изменением параметров линии связи и возрастающие с увеличением расстояния передачи. Поэтому они принадлежат к системам ближнего действия и применяются при небольших расстояниях передачи. Например, серийно выпускаемая заводом «Электропульт» индукционно-выпрямительная система телеизмерения имеет максимальную дальность передачи в пределах 7—10 *км* по воздушной линии связи и до 20 *км* — для кабельной линии. Такая дальность передачи чрезвычайно ограничивает ее применение на оросительных системах.

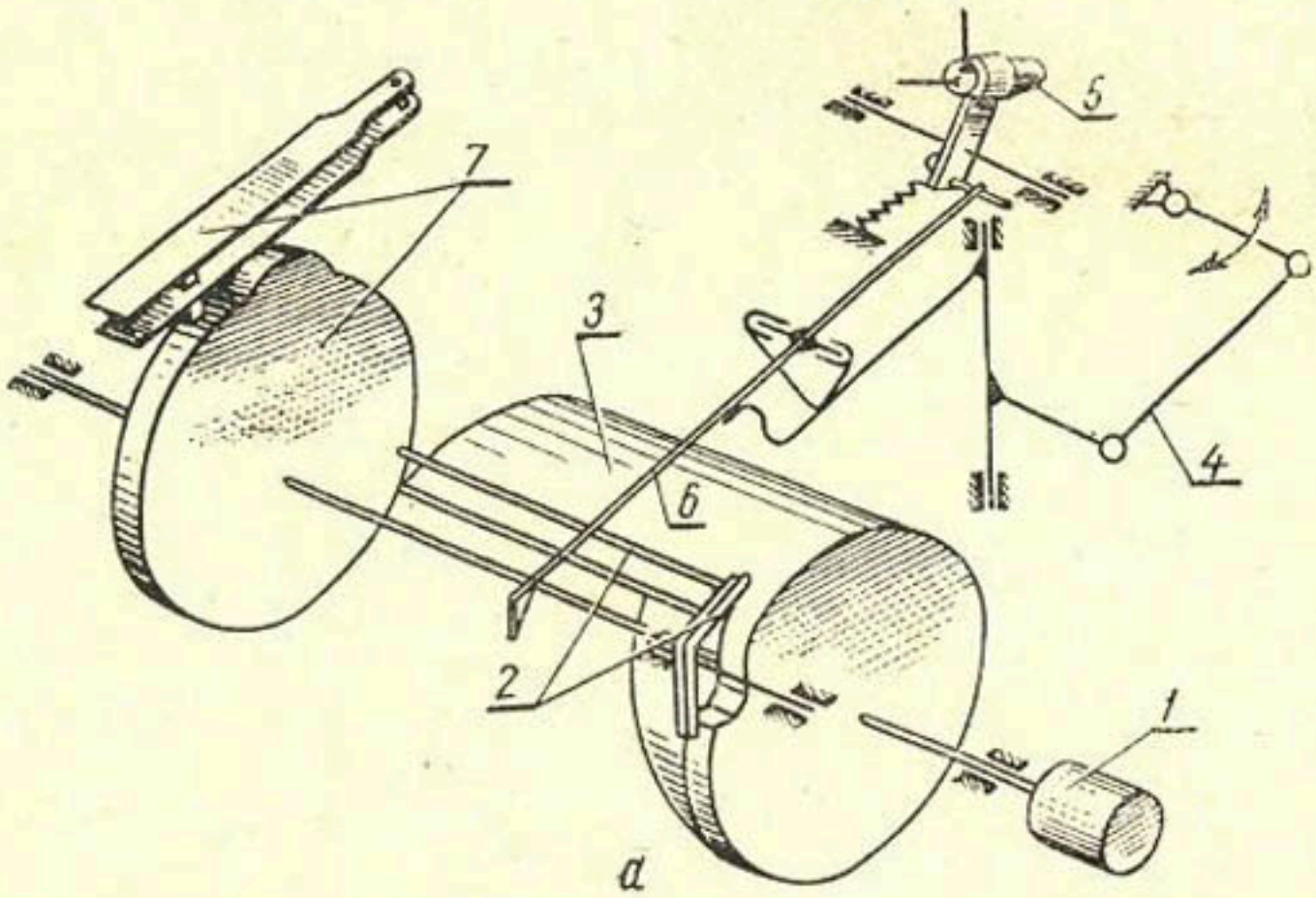
При телемеханизации мелиоративных систем применяют системы телеизмерения, в которых измеряемый параметр преобразуется преимущественно в импульсы тока определенной длительности (время-импульсные системы) или в частоту переменного тока (частотные системы). Искажения подобных сигналов в результате их передачи по линии связи большой протяженности могут быть сведены к минимуму.

В качестве примера приведем краткое описание время-импульсной системы телеизмерения с аппаратурой, разработанной Институтом автоматики и телемеханики АН СССР и установленной на насосных станциях Сальянской оросительной системы в Азербайджанской ССР и на участке Нижне-Донского магистрального канала в Ростовской области.

Датчики рассматриваемой время-импульсной системы телеизмерения преобразуют измеряемые параметры в импульсы тока, продолжительность которых пропорциональна измеряемой величине. Причем нулевое значение величины измеряемого параметра преобразуется в импульс продолжительностью 1 *сек*, а максимальное значение — в импульс продолжительностью 13 *сек*.

Кинематическая схема датчика телеизмерения и его внешний вид приведены на рисунке 137.

При вращении цилиндра *3* с профилированной поверхностью, приводимого в движение синхронным моторчиком *1*, по его поверхности скользит измерительная



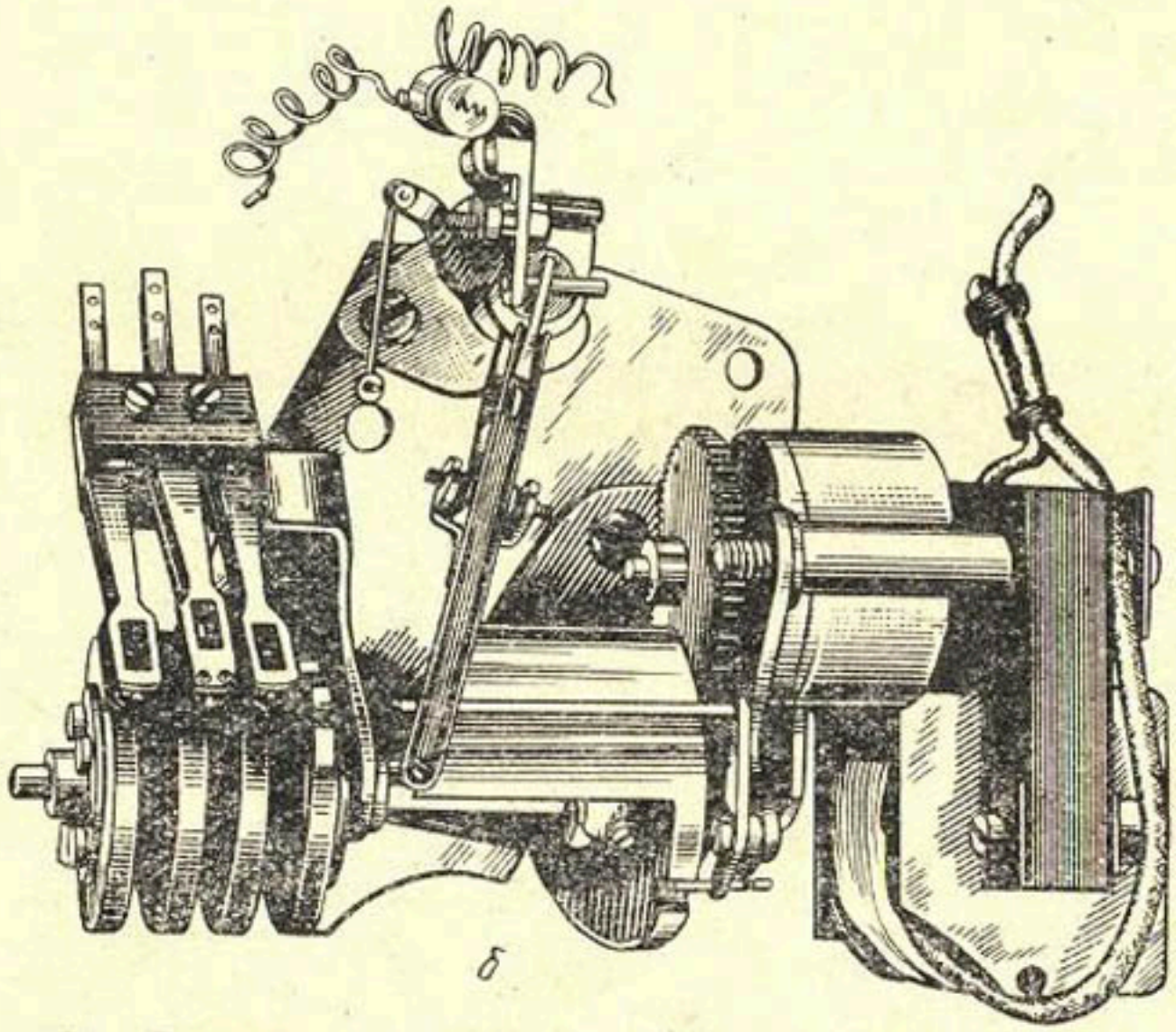


Рис. 137. Датчик время-импульсной системы телеизмерения:

а — кинематическая схема; *б* — общий вид. *1* — синхронный мотор; *2* — рычаг предварительного включения; *3* — цилиндр с профилированной поверхностью; *4* — тяга; *5* — ртутный контакт; *6* — измерительная стрелка; *7* — контактные диски с контактами.

стрелка *6*, связанная тягой *4* с подвижной системой первичного измерителя. Измерение происходит в то время, когда стрелка *6* находится на поверхности цилиндра. В это же время замкнут ртутный контакт *5* и в линию посылается импульс, продолжительность которого определяется положением подвижной системы первичного измерителя, т. е. величиной измеряемого параметра.

Рычаг предварительного включения *2* служит для того, чтобы дать возможность профилированному цилиндру подойти под конец измерительной стрелки без какого-либо воздействия на нее своим передним краем. Благодаря этому уменьшается погрешность датчика и устанавливающий момент первичного измерителя.

Когда цилиндр приходит во вращение и его передняя кромка подходит к измерительной стрелке, срабатывает рычаг предварительного включения, при этом один его конец опускается в специальный паз, а другой приподнимает измерительную стрелку.

При дальнейшем вращении профилированного цилиндра рычаг *2* выходит из паза и плавно опускает стрелку на профилированную поверхность.

Контактные диски *7* с группой контактов служат для осуществления необходимых переключений в схеме цикли́ческого телеизмерения.

Для всех измеряемых параметров (расход, уровень, положение затвора и др.) датчики идентичны; они встраиваются в первичные измерители и соединяются с их подвижными системами. На рисунке 138 приведена кинематическая схема расходомера ВПГ-54 системы Глубшева. Этот водомер предназначен главным образом для работы с трубчатым водовыпуском и конической насадкой САНИИРИ.

В зависимости от расхода воды изменяются уровни в пьезометрических трубах, из которых одна устанавливается на сужающем устройстве, а вторая помещается в канале.

В пьезометрических трубах соответственно изменяются положения поплавков, которые фиксируют динамический уровень воды перед сужающим устройством и статический уровень ниже сужающего устройства; положение одного поплавка при помощи гибкого тросика передается указывающей стрелке, а положение другого — поворачивающейся шкале. Относитель-

ное положение указывающей стрелки и шкалы определяет величину расхода. Шкала прибора градуируется по формуле:

$$Q = 3{,}9 d_{н}^{2} \sqrt{z}, \qquad (95)$$

где Q — расход воды в *м³/сек;*

$d_{н}$ — диаметр выходного отверстия сужающего устройства в *м;*

z — разность давлений воды на сужающем устройстве (напор) в *м.*

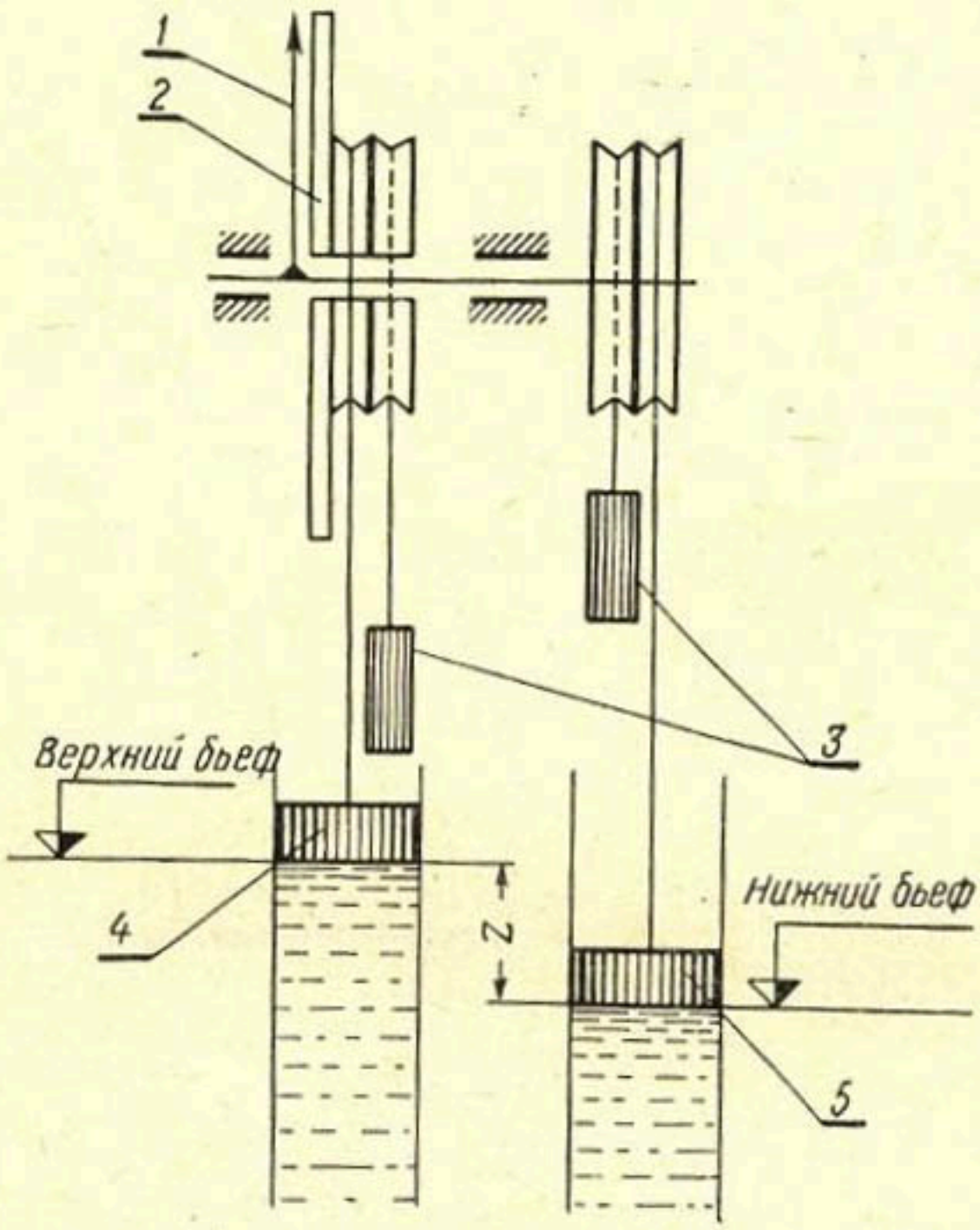


Рис. 138. Кинематическая схема водомера системы Глубшева ВПГ-54:

1 — указывающая стрелка; *2* — шкала; *3* — уравновешивающие грузы; *4, 5* — поплавки.

Кинематическая схема датчика телеизмерения в сочетании с водомером ВПГ-54 приведена на рис. 139. Поскольку у этого расходомера нет выходной оси (рис. 138), угол поворота которой пропорционален изме-

ряемому расходу, введена дифференциальная передача *2*, осуществляющая алгебраическое суммирование углов поворота дисков *1* и *3*. Угол поворота выходной оси дифференциала *4* пропорционален измеряемому

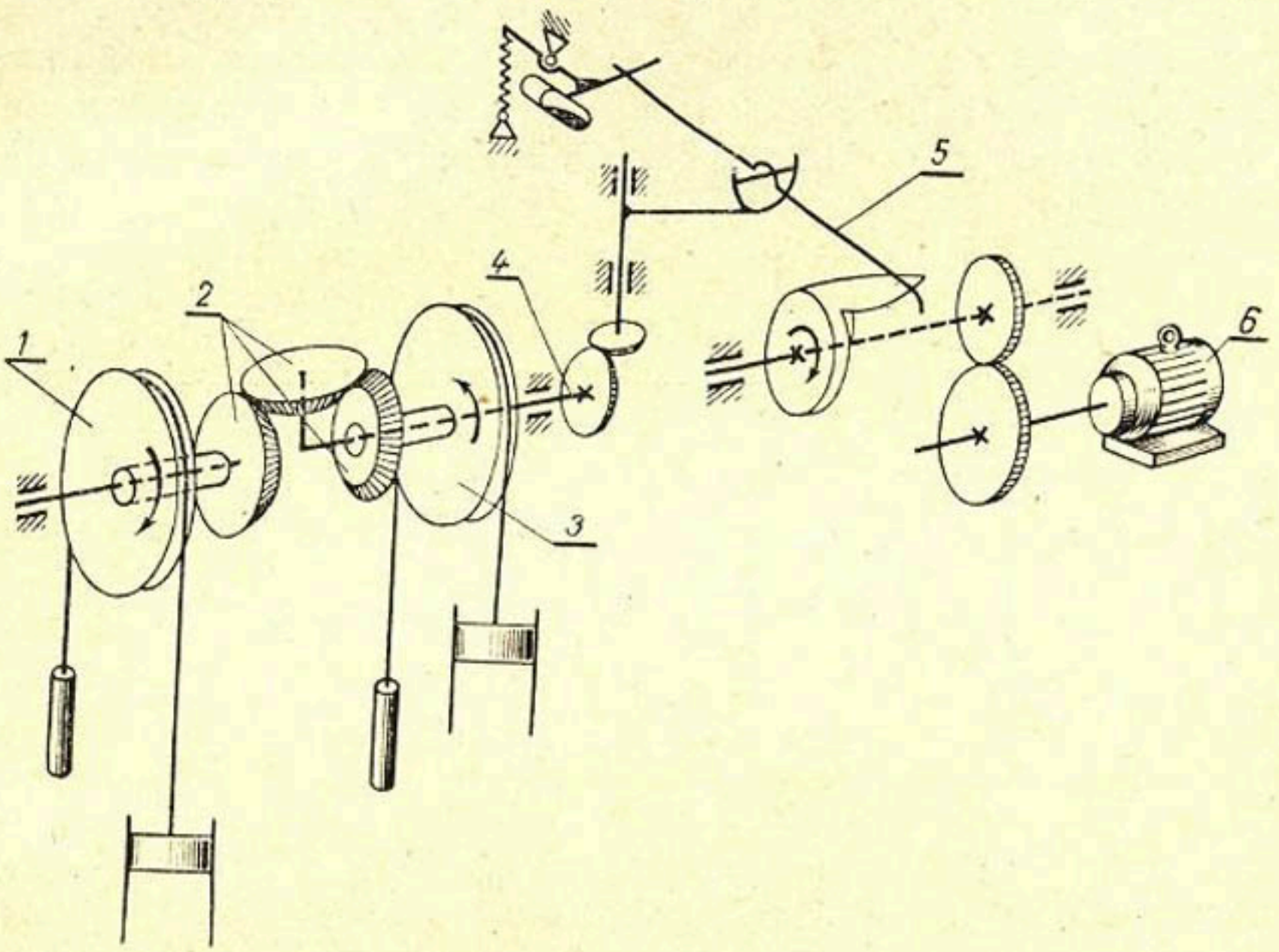


Рис. 139. Кинематическая схема датчика телеизмерения в сочетании с водомером ВПГ-54:

1, *3* — диски водомера; *2* — дифференциальная передача; *4* — выходная ось дифференциала; *5* — измерительная стрелка механизма датчика телеизмерения; *6* — мотор СД-2.

расходу. С этой осью через передачу связана измерительная стрелка *5* механизма датчика телеизмерения. Приемный прибор телеизмерения представляет собой модификацию электромеханического секундомера.

Большое количество объектов контроля в оросительных системах делает практически невозможным применение непрерывного телеизмерения, так как в этом случае для каждого объекта контроля необходимо иметь отдельный канал связи и отдельный приемный прибор телеизмерения.

Поэтому в оросительных системах, как правило, применяют циклическое телеизмерение, при котором конт-

ролируемые параметры передаются последовательно во времени. Поскольку скорость измерения контролируемых параметров в оросительных системах невелика, циклическое телеизмерение обеспечивает необходимый контроль. Приемная телеизмерительная аппаратура ограничивается одним прибором. На измерение каждого параметра отводится 15 секунд — время, достаточное для визуального наблюдения и записи результатов отсчета. После этого указатель прибора автоматически возвращается в нулевое положение.

Чтобы разгрузить диспетчера от постоянного наблюдения за контролируемыми параметрами, циклическое телеизмерение осуществляется автоматически; при возникновении отклонения контролируемых параметров от заданных диспетчер получает сигнал об отклонении и его направлении.

§ 119. РЕЖИМ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СЛУЖБЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ

В связи с автоматизацией изменяются организационная структура эксплуатации и типовые штаты эксплуатационного персонала, ликвидируется малопроизводительный ручной труд по регулированию водораспределения.

Оперативное управление автоматизированной системой осуществляется диспетчером. У обслуживающего персонала появляются новые обязанности по наблюдению за аппаратурой и устройствами автоматизации. Для того чтобы эти устройства работали безотказно и всегда находились в рабочем состоянии, их нужно периодически осматривать, настраивать и ремонтировать.

Применяются следующие режимы эксплуатации. Одиночные автоматизированные объекты — насосные станции, головные водозаборные и крупные вододелительные узлы, как правило, должны управляться дежурными на дому. В зависимости от степени важности объекта, количества и мощности установленных агрегатов, а также режима их работы, количество дежурных на дому колеблется от двух до трех человек. Дежурные проживают в непосредственной близости от

объекта и дежурят у себя на дому через сутки по 24 часа.

На объекте дежурный должен находиться во время приемки и сдачи дежурства, при пуске и остановке насосов, маневрировании затворами при изменении расходов, а также при получении предупредительного или аварийного сигнала. Все остальное время своего дежурства он может находиться дома.

Группу объектов, расположенных в радиусе до 50 *км*, выгоднее эксплуатировать централизованно с одного пункта при помощи средств телемеханики. В этом случае эксплуатационный персонал с объектов снимается.

Особенно эффективным является централизованное управление при комплексной автоматизации, когда с одного пункта производится управление всеми сооружениями оросительной системы.

Централизованное управление осуществляется соответствующим образом организованной диспетчерской службой. В настоящее время на неавтоматизированных системах руководство оперативной работой всех производственных единиц осуществляет диспетчер, который по телефону отдает распоряжения эксплуатационным участкам или непосредственно линейному персоналу. Контроль за исполнением своих распоряжений диспетчер осуществляет также на основании телефонных сообщений. Таким образом, при существующей структуре эксплуатации все операции по водораспределению осуществляются на местах; контроль за выполнением плана водопользования не является достаточно эффективным, так как не представляется возможным своевременно получать и проверять правильность телефонных сообщений линейного персонала.

При комплексной автоматизации диспетчер выполняет функции оперативного лица, который непосредственно воздействует на режим работы сооружений и контролирует режимы по показаниям установленных у него измерительных приборов. В этом случае должности регулировщиков и гидрометров упраздняются. Надзор за всем хозяйством автоматизированной оросительной системы по участкам концентрируется в руках одного лица — участкового техника, на которого в пределах закрепленного за ним участка возлагаются

функции надзора за каналом и сооружениями, регулирующими устройствами, контрольно-измерительной аппаратурой, за линиями электропередач, телефонной связи и телемеханики.

Участковые техники должны иметь специальную техническую подготовку.

Для ликвидации текущих неполадок и аварий в составе диспетчерской службы организуется централизо-

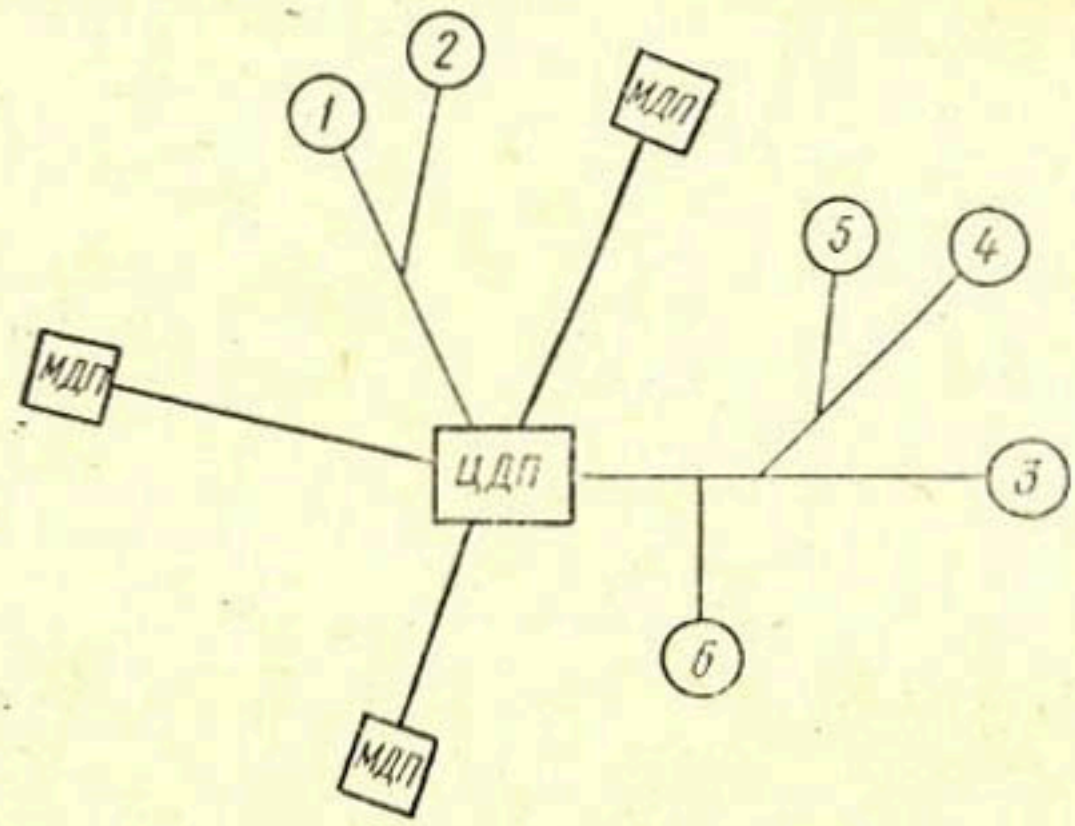


Рис. 140. Схема двухступенчатой диспетчерской службы:

ЦДП — центральный диспетчерский пункт; МДП — местный диспетчерский пункт; *1, 2, 3, 4, 5, 6* — вододелительные узлы, управляемые с ЦДП.

ванная аварийная бригада, которая находится в оперативном подчинении у дежурного диспетчера и по его указанию выезжает на места.

Общий штат обслуживающего персонала при централизованном диспетчерском управлении уменьшается в 2—3 раза.

Возможно несколько вариантов схем организации диспетчерской службы: одноступенчатая, когда имеется один диспетчерский пункт, управляющий всеми сооружениями системы, и двухступенчатая, когда имеется центральный диспетчерский пункт и несколько местных диспетчерских пунктов. Местные диспетчерские пункты ведают работой сооружений отдельного участка или района, а центральный диспетчерский пункт координирует их работу. Одноступенчатые схемы обычно могут

применяться при количестве объектов до 100 штук, расположенных в радиусе порядка 50 *км*. Двухступенчатая схема применяется на оросительных системах, имеющих разветвленную сеть каналов большой протяженности с большим количеством объектов.

На рисунке 140 показана схема двухступенчатой диспетчерской службы. Центральный диспетчерский пункт

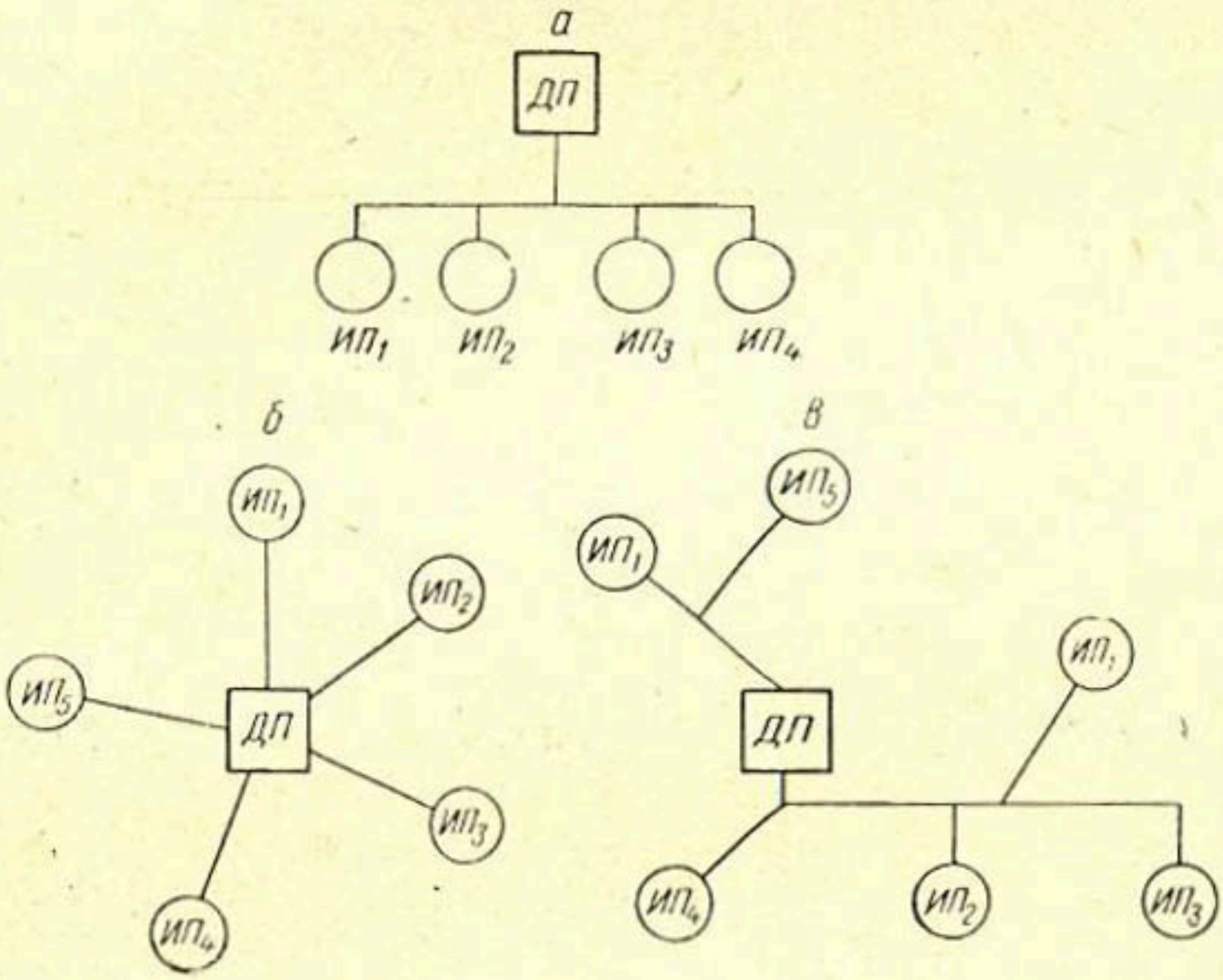


Рис. 141. Схемы линии связи телемеханики при расположении объектов:

а — в цепочку; *б* — радиально; *в* — в виде разветвленного дерева. ДП — диспетчерский пункт; ИП — исполнительный пункт.

управляет головным водозаборным узлом и межрайонными распределительными узлами на магистральных каналах, а также местными диспетчерскими пунктами, которые, в свою очередь, ведают водораспределением внутри своего района.

В зависимости от взаимного расположения объектов и организации каналов связи различают цепочное расположение объектов (рис. 141,*а*), радиальное (рис. 141,*б*) и наиболее общий случай — древовидное (рис. 141, *в*).

В первом случае прокладывается общий канал связи, а во втором от ДП к каждому объекту идет отдельная линия связи.

Древовидное расположение объектов является наиболее общим случаем расположения объектов самотечных оросительных систем.

При проектировании новых оросительных систем целесообразно по возможности размещать диспетчерский пункт в районе центра оросительной системы. В этом случае расстояние от диспетчерского пункта до наиболее удаленных объектов будет наименьшим. Благодаря этому облегчаются условия работы каналов связи и устройств телемеханики, уменьшается пробег автотранспорта и время, необходимое для прибытия к аварийному или ревизуемому объекту.

Глава девятнадцатая

ПЛАНИРОВАНИЕ И УЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

§ 120. ПРОИЗВОДСТВЕННО-ФИНАНСОВЫЙ ПЛАН УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ И ЕГО СОСТАВЛЕНИЕ

Перспективный план улучшения мелиоративной системы — программа развития водного хозяйства. Он является неразрывной частью общего плана развития сельского хозяйства данной республики, области, района и должен быть тесно увязан с перспективными планами развития колхозов и совхозов, обслуживаемых системой.

Назначение ежегодного производственно-финансового плана эксплуатации мелиоративной системы — разработка мероприятий, обеспечивающих нормальную работу системы в данном году.

Ежегодный производственно-финансовый план оросительной, обводнительной или осушительной системы увязывается с заданиями, предусмотренными перспективным планом.

В ежегодном производственно-финансовом плане эксплуатации системы отражается следующее:

а) содержание управленческого и линейного, производственного персонала;

б) текущий ремонт, очистка каналов от заиления и зарастания, регулировочные и берегоукрепительные работы, мероприятия по пропуску паводков, эксплуатация насосных станций при механическом орошении, эксплуатация гидрометрических постов, телефонных линий, служебных дорог и другие так называемые объемные мероприятия;

в) прочие работы, связанные с эксплуатацией системы, как, например, производство изысканий и проектирования для нужд эксплуатации, техническая пропаганда и др.

Капитальные работы по строительству в ежегодный производственно-финансовый план эксплуатации мелиоративной системы не включаются; они планируются и финансируются по особому плану капитальных вложений.

Не включаются также в ежегодный производственно-финансовый план эксплуатации мелиоративной системы капитальные ремонты, которые финансируются за счет специальных ассигнований по государственному бюджету.

Производственно-финансовый план отражает только работы и расходы по эксплуатации межхозяйственных мелиоративных систем. Финансируются эти работы за счет операционных средств, выделяемых по государственному бюджету.

Для выполнения некоторых работ, где необходим массовый сезонный ручной труд (например, очистка каналов там, где она не может выполняться механизмами, пропуск паводков, регулировочные работы) привлекаются средства и труд водопользователей. По мере дальнейшего развития механизации эксплуатационных работ участие труда населения в содержании межхозяйственных мелиоративных систем должно отмирать, а участие денежных средств населения, по мере хозяйственного укрепления колхозов, должно возрастать.

В производственно-финансовый план эксплуатации мелиоративной системы не включаются мероприятия по эксплуатации внутрихозяйственной оросительной и осушительной сети каналов и сооружений. Эти мероприятия отражаются в производственных планах хозяйств-водопользователей. Последние могут заключать до-

говора с управлениями мелиоративных систем на производство механизированных работ по очистке каналов и ремонту сооружений. Эти работы включаются в производственно-финансовый план эксплуатации мелиоративных систем отдельной статьей.

Объемы и стоимость всех работ, включаемых в ежегодный производственно-финансовый план, должны быть обоснованы необходимыми дефектными ведомостями, изыскательскими материалами и сметной документацией.

Для определения расходов по содержанию эксплуатационного штата составляется смета, основанная на утвержденных для данной системы штатном расписании административно-управленческого и производственного персонала, должностных окладах, надбавках и нормах начислений на социальное страхование, накладных и административно-хозяйственных расходах.

Сметы на другие мероприятия составляются по утвержденным калькуляциям, сборникам единичных расценок, а при отсутствии их на некоторые виды работ — на основании ведомственных сметных и производственных норм.

Дефектные ведомости, проекты очистки каналов и отстойников, единичные расценки утверждаются начальником управления системы, так же как и все сметы на проведение эксплуатационных мероприятий.

Сводный титульный список эксплуатационных мероприятий с указанием источников финансирования является производственно-финансовым планом системы. Он подписывается начальником управления системы и бухгалтером и утверждается областными (краевыми) или, при отсутствии областного деления, республиканскими органами водного хозяйства.

К плану прилагается пояснительная записка, квартальный план производства работ и финансирования, заявка на необходимые материалы и оборудование, сметы на работы, единичные расценки и калькуляции, а также сметы на административно-хозяйственные и накладные расходы.

При составлении календарного плана производства работ и финансирования учитывают конкретные условия эксплуатации системы. Ремонт и содержание транспорта, гидрометрические наблюдения, ремонт инвента-

ря, проектно-изыскательские работы, ремонт гражданских зданий и другие работы рекомендуется осуществлять равномерно в течение всего года. Механизированная очистка каналов также проводится равномерно в течение всего года с некоторым увеличением объема работ по оросительным системам в первом полугодии, а по осушительным системам — с конца снеготаяния до начала осеннего снегопада или устойчивых осенних заморозков.

Противопаводковые работы, ремонт гидросооружений, гидропостов, телефонной сети, дорог, мостов и прочие работы, связанные с подготовкой систем к поливам и пропуску паводков, выполняются в первом полугодии. Дороги на осушительных системах нужно ремонтировать до наступления периода дождей — в июне—июле, а сооружения лучше всего ремонтировать в ноябре—марте.

§ 121. ПАСПОРТИЗАЦИЯ И ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Для организации правильной эксплуатации мелиоративных систем, разработки перспективных планов их технического улучшения и полного освоения водо-земельных ресурсов необходимо знать состояние системы и учитывать происходящие изменения отдельных ее частей, каналов и сооружений. Кроме того, необходимо знать стоимость мелиоративных каналов, сооружений и вспомогательных устройств, с учетом срока службы и амортизации их.

Это достигается паспортизацией и инвентаризацией мелиоративных систем, которые проводятся периодически, не реже чем через каждые 10 лет. Основными документами при паспортизации являются технические паспорта и паспортные ведомости.

Формы паспортных документов должны быть едины-ми. Они разрабатываются Министерством сельского хозяйства СССР по согласованию с Центральным статистическим управлением при Совете Министров СССР.

Технические паспорта составляются на каждую систему, крупное гидротехническое сооружение, водохранилище, насосную станцию, на сооружения межхозяйственного назначения, гражданские здания и др. Мелкие гидротехнические сооружения, пруды, водо-

подъемные установки, сторожки, временные постройки, гидрометрические посты, колодцы учитываются в паспортных ведомостях.

Паспорт содержит все необходимые технические показатели размеров, типа и материала сооружения, отметки основных его элементов. В паспортах указывается, когда сооружение построено и сдано в эксплуатацию, его строительная стоимость и стоимость с учетом износа к моменту паспортизации. К техническим паспортам прикладываются необходимые чертежи сооружений или продольные и поперечные профили каналов и фотографии.

Технический паспорт мелиоративной системы содержит необходимые данные о водо-земельных ресурсах, коэффициентах полезного действия каналов и системы, длине и размерах каналов, количестве гидротехнических и водомерных сооружений, их характеристики и др. При паспортизации оросительных и осушительных систем отмечается качественное состояние мелиорированных земель.

Качественный и количественный учет изменений, которые происходят на мелиоративных системах на орошенных или осушенных землях, должен проводиться ежегодно в порядке кадастра мелиоративных систем.

Кадастровые данные заносят в паспорта системы и отдельных сооружений. Особо важное значение имеют кадастровые записи о состоянии земель по системе, о режиме грунтовых вод и о проведенных мелиоративных мероприятиях.

Технический паспорт хранится в одном экземпляре непосредственно в системном управлении. Второй экземпляр хранится в облводхозе (крайводхозе) или в Министерстве водного хозяйства (главном управлении).

При паспортизации оросительных систем составляют ирригационную карту системы, на которую затем наносят все последующие изменения.

Инвентарная стоимость И сооружения определяется, исходя из первоначальной (строительной) его стоимости и степени износа:

$$И = П + Р - АТ, \qquad (96)$$

где П — первоначальная стоимость в рублях;

P — стоимость капитального ремонта за весь срок службы T от ввода в эксплуатацию до момента инвентаризации в рублях;

A — размер амортизационных отчислений в рублях.

§ 122. АМОРТИЗАЦИОННЫЕ ОТЧИСЛЕНИЯ

В процессе всякого производства основные фонды постепенно изнашиваются, теряют свою первоначальную стоимость. Амортизация — это постепенное перенесение стоимости основных фондов на производимый продукт для возмещения их стоимости и накопления денежных средств для последующего полного и частичного восстановления основных фондов. В орошаемом хозяйстве стоимость изнашиваемых гидротехнических сооружений должна начисляться на стоимость доставки на поля воды, которая, в свою очередь, должна входить расходной статьей в расчеты себестоимости выращиваемых на поливных землях технических и других культур.

Отсутствие амортизационных денежных фондов является одной из причин неудовлетворительного состояния некоторых мелиоративных систем и сооружений.

Основным показателем, который следует учитывать при установлении нормы амортизации на возобновление, является действительный (реальный) срок службы отдельных объектов основных фондов, зависящий от многих как технических, так и экономических факторов. К числу их относятся следующие:

а) срок физической долговечности (физический износ) основных фондов, определяемых их технико-конструктивными и материально-вещественными особенностями;

б) конкретные условия эксплуатации, влияющие на срок службы основных фондов;

в) техническое устарение основных фондов и в связи с этим экономическая целесообразность их замены до полного физического износа (моральный износ);

г) наличие в народном хозяйстве ресурсов для замены устаревших основных фондов, исходя из баланса оборудования и других средств производства;

д) относительная экономическая эффективность удлинения сроков службы путем их модернизации и капитального ремонта.

Амортизационный период — это средний для данной группы основных фондов срок службы с учетом возможного в перспективном периоде изменения влияния перечисленных выше факторов.

В таблице 66 приводятся разработанные институтом Гипроводхоз в 1960 г. нормы амортизационных отчислений в процентах от восстановительной стоимости основных фондов.

Все межхозяйственные оросительные каналы с земляным руслом (магистральные, распределительные и др.) объединены в одну группу с амортизационным периодом 100 лет. Для межхозяйственных каналов водосборно-сбросной и коллекторно-дренажной сети принят срок 75 лет.

Для внутрихозяйственных каналов оросительной, водосборно-сбросной и коллекторно-дренажной сети, учитывая большое влияние факторов морального износа на каналы и сооружения этого порядка, амортизационный период сокращен до 50 лет.

Вопрос о нормах отчислений на капитальный ремонт по земляным каналам имеет не менее важное значение, чем вопрос об отчислениях на реновацию.

Очистку каналов от наносов правильно отнести к категории капитальных ремонтов (а не текущих) по следующим соображениям:

а) каждая очистка канала от наносов восстанавливает его поперечный профиль и, следовательно, делает его способным вновь работать с той же пропускной способностью, как и прежде (после постройки). Таким образом, очистка канала продлевает срок его годности, а это является характерным признаком капитального ремонта основных фондов;

б) с каждым годом при выполнении очистных работ по каналам увеличивается стоимость работ, выполненных механизированным способом;

в) работы по очистке каналов от наносов составляют до 30—40% всех эксплуатационных расходов по оросительным системам.

В таблице 66 в графе отчислений на капитальный ремонт земляных каналов дана сумма двух чисел: отчисления на капитальный ремонт и отчисления на очистку каналов в размере 3% по внутрихозяйственной сети и 4% по межхозяйственной сети.

Таблица 66

Нормы отчислений на амортизацию в процентах от восстановительной стоимости основных объектов водного хозяйства
(по данным Гипроводхоза)

Группа основных фондов	Амортизационный период (в годах)	Нормы амортизационных отчислений		
		на реновацию	на капитальный ремонт	общая норма
I. Гидротехнические сооружения на реках, водохранилищах и больших каналах				
Водозаборные и водосбросные сооружения: открытые каменные, массивно-бетонные и из армированного бетона	100	1,0	0,6	1,6
Плотины каменные, земляные (с объемом тела более 100 тыс. $м^3$), набросные, массивно-бетонные и из армированного бетона . . .				
Открытые железобетонные, водозаборные и водосбросные сооружения, железобетонные тонкостенные плотины, шахтные водоприемники, земляные плотины (с объемом тела менее 100 тыс. $м^3$), отстойники, подземные части зданий насосных станций: железобетонные, каменные, бетонные	65	1,5	0,8	2,3
Башенные водоприемники и бетонные, каменные, железобетонные быстротоки, сифонные шахтные и трубчатые железобетонные водоемы	50	2,0	1,3	3,3
Деревянные водозаборные и водосбросные сооружения	20	5,0	3,4	8,4
Деревянные быстротоки	15	6,7	4,0	10,7
II. Гидротехнические сооружения на межхозяйственных каналах				
Шлюзы-регуляторы, мосты-водоводы, быстротоки и железобетонные, бетонные, каменные перепады, железобетонные дюкеры и консольные сбросы	40	2,5	1,2	3,7
Кирпичные шлюзы-регуляторы, железобетонные сифоны	30	3,3	1,7	5,0
Деревянные шлюзы-регуляторы . .	15	6,7	3,3	10,0

Продолжение

Группа основных фондов	Амортизационный период (в годах)	Нормы амортизационных отчислений		
		на реновацию	на капитальный ремонт	общая норма
Деревянные быстротоки, консольные сбросы, перепады, дюкеры, мосты-водоводы, трубы под каналами и насыпями для пропуска ливневых вод	10	10,0	5,0	15,0
III. Гидротехнические сооружения на внутрихозяйственных каналах				
Железобетонные, бетонные и каменные шлюзы-регуляторы, водовыпуски, дюкеры, быстротоки, мосты-водоводы, железобетонные сифоны	25	4,0	1,5	5,5
Деревянные шлюзы-регуляторы, быстротоки, дюкеры, перепады, мосты-водоводы, трубы под каналами и насыпями для пропуска ливневых вод	8	12,5	6,0	18,5
IV. Открытые каналы оросительных систем				
1. С земляным руслом (без облицовки)				
Межхозяйственные оросительные каналы (магистральные, распределительные и др.)	100	1,0	5,4	6,4
Межхозяйственные каналы водосборно-сбросной и коллекторно-дренажной сети	75	1,4	2,8	4,2
Внутрихозяйственные каналы оросительной и водосборно-сбросной и коллекторно-дренажной сети . .	50	2,0	2,8	4,8
2. Облицованные каналы *				
Межхозяйственные оросительные каналы с бетонной или каменной облицовкой	100	1,0	5,0	6,0
То же, с облицовкой из армированного бетона	100	1,0	2,0	3,0

* Для облицованных каналов общая сумма амортизационных отчислений определяется суммированием начислений по разделу IV—1 с начислениями по разделу IV-2, взятыми не от полной стоимости облицованного канала, а только от стоимости облицовки (крепления).

Группа основных фондов	Амортизационный период (в годах)	Нормы амортизационных отчислений		
		на реновацию	на капитальный ремонт	общая норма
Внутрихозяйственные оросительные каналы с бетонной или каменной облицовкой	50	2,0	6,0	8,0
То же, с кирпичным креплением откосов и дна	50	2,0	7,0	9,0
То же, с дерновым или фашинным креплением откосов и дна . . .	50	2,0	10,0	12,0
V. Осушительная сеть				
1. Открытая				
Отрегулированные части рек-водоприемников	75	1,4	2,8	4,2
Магистральные каналы, нагорные и ловчие каналы	50	2,0	2,8	4,8
Собиратели и осушители (открытые)	20	5,0	4,0	9,0
2. Закрытая (дренаж с учетом смотровых колодцев, устьев и т. п.)				
Дренаж гончарный	50	2,0	1,0	3,0
Дренаж деревянный дощатый в торфяных грунтах	30	3,3	1,0	4,3
Дренаж жердяной, фашинный . . .	10	10,0	2,0	12,0
Дренаж каменный в минеральных грунтах	75	1,3	0,2	1,5
Дренаж кротовый (без закрепления стенок) в тяжелых минеральных грунтах	4	25,0	—	25,0
Дренаж щелевой в торфяных грунтах	5	20,0	—	20,0
VI. Регулирующие сооружения				
Земляные дамбы	40	2,5	1,5	4,0
Габионные дамбы (с оцинкованной проволокой)	20	5,0	1,0	6,0
Сипайные дамбы	12	8,3	1,3	9,6
Каменно-хворостяные дамбы . . .	7	14,3	1,4	15,7

Продолжение

Группа основных фондов	Амортизационный период (в годах)	Нормы амортизационных отчислений		
		на реновацию	на капитальный ремонт	общая норма
VII. Сооружения для использования подземных вод				
Абиссинские колодцы	15	6,7	1,7	8,4
Кяризные галереи и каптажные сооружения железобетонные, бетонные, каменные, шахтные колодцы кирпичные	30	3,3	1,7	5,0
Кяризные галереи и каптажные сооружения деревянные	10	10,0	6,6	16,6
Артезианские скважины с обсадными, воздушными и водоподъемными трубами и водоподъемным оборудованием:				
с погружными и глубинными насосами	25	4,0	8,2	11,2
с эрлифтами	25	4,0	3,2	7,2
Бетонные и железобетонные шахтные колодцы	60	1,7	1,1	2,8
Деревянные шахтные колодцы . . .	15	6,7	4,3	11,0

Примечание. Нормы амортизационных отчислений на капитальный ремонт каналов (разделы IV—1 и V—1) даны с учетом затрат на очистку каналов от наносов.

§ 123. ОТЧЕТНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ

Управление гидромелиоративной системы периодически отчитывается перед вышестоящими органами водного хозяйства, представляя квартальные и годовые производственно-финансовые отчеты.

Вся оперативная, квартальная и годовая отчетность составляется по утвержденным Центральным статистическим управлением при Совете Министров СССР формам и представляется вышестоящим организациям в строго установленные сроки.

Кроме этого, управления гидромелиоративных систем представляют специальные отчеты по важнейшим эксплуатационным мероприятиям (например, о заборе и подаче воды оросительными системами, о выполнении плана очистки каналов, ремонту сооружений и др.).

Производственно-финансовые отчеты (квартальные и годовые) по выполнению эксплуатационных мероприятий должны всесторонне характеризовать деятельность управления системы за истекший период. В них отражаются выполнение ремонтов, строительства и других мероприятий, затраты рабочей силы, средств и материалов, даются технико-экономические показатели выполненных работ.

Производственно-финансовый отчет по оросительной системе включает в себя также отчетность по выполнению плана водораспределения.

К годовому отчету, состоящему из ряда ведомостей и таблиц утвержденной формы, прикладывается подробная пояснительная записка. Финансовый отчет и отчет о расходовании материалов составляется в соответствии с имеющимися инструкциями.

При анализе хозяйственной деятельности управления гидромелиоративной системы особо тщательно устанавливают удельные показатели расходов на 1 *га* орошенных, обводненных или осушенных земель, имея в виду необходимость максимального удешевления стоимости эксплуатации 1 *га* и общее снижение государственных ассигнований на эксплуатацию системы в целом.

§ 124. ПОКАЗАТЕЛИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ И АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМЫ

Структура эксплуатационных затрат на гидромелиоративных системах зависит от особенностей данной системы, размера мелиорированной площади, протяженности каналов, условий забора воды, степени оснащенности системы сооружениями, густоты коллекторно-дренажной сети и других факторов.

Главным элементом эксплуатационных затрат являются амортизационные отчисления, составляющие 30—40 и более процентов общей стоимости эксплуатации, т. е. от 5 до 15 руб. на 1 *га* по оросительным системам и от 2,5 до 1,5 руб. — по осушительным.

Расходы на заработную плату эксплуатационного персонала составляют в среднем 2—2,5 руб. на 1 *га* по оросительным и 1—1,5 руб. на 1 *га* по осушительным системам. На текущий ремонт в среднем затрачивается в год 3 руб. на 1 *га* по оросительным и 1 руб. по осушительным системам.

Объем работ по очистке каналов от наносов сильно меняется в зависимости от местных условий и колеблется от 3—5 до 80—100 $м^3$ на 1 *га*. В среднем по СССР объем очистки составляет 10—15 $м^3$ на 1 *га* по оросительным системам и 3—5 $м^3$ на 1 *га* — по осушительным, а затраты на очистку каналов 2,5 руб. на 1 га по оросительным и 1 руб. по осушительным системам.

При механическом подъеме воды для орошения эксплуатационные затраты на 1 *га* колеблются в зависимости от высоты подъема воды и района орошения от 1 до 80 руб. На осушительных системах эти расходы не превышают 2 руб. на 1 *га* осушенной площади.

Административно-хозяйственные затраты составляют в год на 1 *га* от 0,2—0,5 руб. на осушительных системах до 0,5—1 руб. на оросительных. На многих системах затрачивается до 10% общей стоимости эксплуатационных затрат на противопаводковые и защитно-регулировочные работы.

Чаще всего общая сумма эксплуатационных затрат колеблется в пределах 10—30 руб. на 1 *га* орошаемой и 5—10 руб. на 1 *га* осушенной площади.

Себестоимость подачи 1 $м^3$ воды при самотечном орошении составляет 0,2—0,3 коп., а при механическом — 0,4 — 0,6 коп. В отдельных случаях она может достигать до 4 коп. и более.

Снижение себестоимости эксплуатационных работ — основная задача работников эксплуатации мелиоративных систем. Пути для снижения себестоимости — освоение неиспользуемых орошаемых и осушенных земель, сокращение объемов очистки каналов и механизация этих работ, повышение производительности труда эксплуатационного персонала путем автоматизации и телемеханизации управления системами, экономное расходование воды и борьба с потерями ее в каналах.

ЛИТЕРАТУРА

Аверьянов С. Ф., Горизонтальный дренаж при борьбе с засолением орошаемых земель, АН СССР, 1959.

Алтунин С. Т., Регулирование русел рек, Сельхозгиз, 1956.

Бегляров С. А., и др., Типовое проектирование мелиоративных насосных станций на каналах, Гидротехника и мелиорация, № 5, 1957.

Биркая А. Ф., Гуджабидзе Е. И., Опыт применения гербицидов в борьбе с зарастанием каналов на Колхиде, Гидротехника и мелиорация, № 4, 1957.

Борухин С. Л., Цытович Н. Г., Проектирование и производство планировочных работ на землях нового орошения, Сборник научно-технической информации № 3 за 1960 г., Институт Гипроводхоз.

Бродский Л. И., Опыт эксплуатации гидротехнических сооружений Невинномысского канала в зимних условиях, Гидротехника и мелиорация, № 1, 1960.

Брудастов А. Д., Панадиади А. Д., Материалы для проектирования осушительных систем, Л., 1936.

Вартазаров С. Я., Соколов И. М., Организация и методы эксплуатации гидроэлектростанций, Госэнергоиздат, 1958.

Волобуев В. Р., О промывных нормах при мелиорации засоленных земель, Гидротехника и мелиорация, № 12, 1959.

Дингельштед В., Водовладение и ирригация, ч. I, Тифлис, 1880.

Жданов В. С. и др., Эксплуатация гидротехнических сооружений, «Речной транспорт», 1956.

Ильин В. А., Системы телемеханики для рассредоточенных объектов, Госэнергоиздат, 1960.

Казацкер А. А., Анализ работы сооружений оросительных систем с точки зрения автоматизации гидрометрических работ, Доклады Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина, вып. 4, 1957.

Ковда В. А. и др., Значение дренажа в повышении плодородия почв, АН СССР, 1956.

Костяков А. Н., Основы мелиорации, Сельхозгиз, 1951.

Лебедевич Н. Ф., Водный режим торфяно-болотных почв и урожай сельскохозяйственных культур, Труды Института мелиорации, водного и болотного хозяйства Академии наук БССР, т. V, Минск, 1954.

Лебедевич Н. Ф., Подготовка осушенных болот к сельскохозяйственному освоению, Справочник по мелиорации и сельскохозяйственному использованию болот, Минск, 1954.

Линник Е. Ф., Химическая борьба с зарастанием мелиоративных каналов и водоемов, Гидротехника и мелиорация, № 2, 1960.

Малов В. С., Телемеханика, Госэнергоиздат, 1960.

Машбиц Я. Г., Орошение земель и экономика Мексики, Гидротехника и мелиорация, № 2, 1959.

Мусли Н., Водная проблема в Сирии, Издательство иностранной литературы, М., 1954, стр. 113—120.

Натальчук М. Ф. и др., Внутрихозяйственное водопользование в Вахшской долине, Таджикиздат, 1959.

Нефедов В. Д., Мелиорация земель в Англии, Гидротехника и мелиорация, № 3, 1958.

Оношко Б. Д., Культура болот, М., 1934.

Оффенгенден С. Р. и др. Эксплуатация гидромелиоративных систем, Сельхозгиз, 1956.

Оффенгенден С. Р., Панадиади А. Д., Ярушин М. И., Практические работы по курсу эксплуатации гидромелиоративных систем, Сельхозгиз, 1959.

Оффенгенден С. Р., Миркин, С. Л., Проектирование элементов ирригационной сети в хлопковом колхозе, Гидротехника и мелиорация, № 2, 1940.

Панадиади А. Д., Инструкция по технической эксплуатации осушительных систем, Минск, 1947.

Панадиади А. Д., Уход и надзор за работой осушительных систем. Калининград, 1950.

Савенко И. В., Шнеко-роторная машина для очистки осушительных каналов, Гидротехника и мелиорация, № 7, 1958.

Синайский М. М., Электрический привод затворов гидросооружений, Госэнергоиздат, 1956.

Справочник гидротехника-мелиоратора, Сельхозгиз, 1958.

Труды БелНИИГиМ, тома 5, 6, 7, 8, 9.

Труды СевНИИГиМ, вып. 13, 14, 15.

Труды ЛатвНИИГиМ, сборник 1, 1958.

Тарвердян А. Х., Способ упрощенного составления внутрихозяйственного плана водопользования, Гидротехника и мелиорация, № 11, 1959.

Тюленев Н. А., Выращивание технических культур на осушенных торфяных почвах Украины, Киев, 1950 (на украинском языке).

Уйска Я. Е. Основные положения для проектирования осушительных систем в условиях Латвийской ССР, Институт мелиорации Латвийской академии наук, Рига, 1954.

Флексер Я. Н., Эксплуатация гидросиловых установок, Сельхозгиз, 1954.

Хрущев Н. С., Полнее используем резервы для дальнейшего подъема сельского хозяйства, Речь на Пленуме ЦК КПСС 25 декабря 1959 г. Госполитиздат, 1959.

Шаров И. А., Эксплуатация гидромелиоративных систем. Сельхозгиз, 1959.

Шаумян В. А., Хачатрян А. Г., Струенаправляющие системы, Сельхозгиз, 1953.

Шпяндин В. М., Элементы автоматики и телемеханики, Оборонгиз, 1956.

Эйзен И. А., Влияние глубины стояния грунтовых вод на плодородие слаборазложившихся торфяных почв, Академия наук Эстонской ССР, Таллин, 1955.

Юневич З. Д., Эксплуатация осушительных систем, Москва, 1955.

Янголь А. М., Ремонт и эксплуатация осушительной системы (на украинском языке), Киев, 1946.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

§ 1. Предмет и содержание курса «Эксплуатация гидромелиоративных систем» 3
§ 2. Водоземельные ресурсы СССР и их использование . . 5
§ 3. Классификация оросительных и осушительных систем 7
§ 4. Составные части оросительных и осушительных систем 9
§ 5. Краткий обзор развития эксплуатации гидромелиоративных систем на территории СССР 10
§ 6. Современное состояние гидромелиоративных систем . . 16
§ 7. Задачи дальнейшего улучшения гидромелиоративных систем 19
§ 8. Приемка построенных гидромелиоративных систем и сооружений в эксплуатацию и их техническая документация 20

Раздел I

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ И ОБВОДНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Глава первая. **Основы планового водопользования** 25
§ 9. Задачи планового водопользования 25
§ 10. Водопользование до Великой Октябрьской социалистической революции 26
§ 11. Плановое водопользование в СССР, этапы его развития, современное состояние и задачи 28
§ 12. Краткая характеристика организации водопользования в капиталистических странах 31
Глава вторая. **Планирование водопользования в хозяйствах** 35
§ 13. Основные условия планирования водопользования в колхозах и совхозах 35
§ 14. Хозяйственный план водопользования и порядок его составления 36
§ 15. Водопотребление поливных культур. Режим орошения 39
§ 16. Коэффициент полезного действия внутрихозяйственной оросительной сети при различных формах межбригадного водооборота 42
§ 17. Организация внутрибригадного водооборота. Составление оперативных графиков полива 44
§ 18. Некоторые данные об эффективности планового водопользования 49
Глава третья. **Проведение плана водопользования в хозяйствах** 50
§ 19. Подготовка и организация поливов 50

§ 20. Повышение производительности труда на поливе . . . 54
§ 21. Руководство поливами. Права и обязанности заведующего водопользованием колхоза, гидротехника совхоза 60
§ 22. Контроль за использованием воды в хозяйствах. Организация учета воды и политых площадей. Отчетность по проведению поливов. Показатели использования воды 61
§ 23. Организация лиманного орошения 64

Глава четвертая. **План распределения воды по оросительной системе** 65
§ 24. Порядок составления плана водораспределения. Необходимые данные 65
§ 25. Поливные площади 67
§ 26. Расчет водопотребления при разработке лимитов забора воды и подачи ее хозяйствам 69
§ 27. Коэффициенты полезного действия оросительных систем 70
§ 28. Водооборот по оросительной системе, его формы и условия применения 78
§ 29. Коэффициент полезного действия оросительной системы при водообороте 80
§ 30. Эффективность водооборота 84
§ 31. Расчетный режим источника орошения 86
§ 32. Баланс водораспределения 88
§ 33. Составление ежегодного плана водораспределения по оросительной системе. Диспетчерский график водозабора и подачи воды хозяйствам 91

Глава пятая. **Осуществление плана водораспределения по оросительной системе** 97
§ 34. Подготовка оросительной системы к проведению плана. Организация эксплуатационной гидрометрии 97
§ 35. Диспетчерская организация регулирования забора и распределения воды по системе. Работа диспетчера 99
§ 36. Корректирование планов водораспределения 100
§ 37. Оперативный учет распределения воды. Контроль за ходом поливов и использованием воды 102
§ 38. Оформление подачи воды хозяйствам 103
§ 39. Показатели и отчетность по выполнению плана водораспределения 104

Глава шестая. **Борьба с заболачиванием и засолением орошаемых земель** 106
§ 40. Причины заболачивания и засоления орошаемых земель. Баланс грунтовых вод 106
§ 41. Система мероприятий по предотвращению засоления и заболачивания орошаемых земель 108
§ 42. Дренаж засоленных земель и его значение 111
§ 43. Промывка засоленных земель 114
§ 44. Контроль за мелиоративным состоянием орошаемых земель 119

Глава седьмая. **Борьба с потерями воды из каналов и водоемов** 121
§ 45. Потери воды в оросительных каналах и водоемах . . 121
§ 46. Определение потерь воды на фильтрацию 126
§ 47. Противофильтрационные мероприятия 128

§ 48. Выбор способа борьбы с фильтрацией из каналов оросительной системы 136
Глава восьмая. **Содержание сооружений и каналов оросительных и обводнительных систем** 141
§ 49. Основные технические условия правильной работы гидромелиоративных систем и показатели их работы . . 141
§ 50. Эксплуатация головных водозаборных и линейных сооружений 148
§ 51. Уход за затворами, подъемными механизмами и металлическими конструкциями гидротехнических сооружений 166
§ 52. Содержание дождевальных и поливных машин . . . 167
§ 53. Содержание гибких поливных трубопроводов 172
§ 54. Содержание каналов и защитных валов 177
§ 55. Особенности эксплуатации дренажных каналов 180
§ 56. Борьба с наносами 183
§ 57. Зарастание каналов 206
§ 58. Песчаные заносы каналов 206
§ 59. Содержание систем лиманного орошения 209
§ 60. Эксплуатация подсобно-вспомогательных сооружений и устройств 210
§ 61. Зимнее содержание сооружений и каналов 211
§ 62. Полосы отвода и лесонасаждения 215
§ 63. Организация надзора за работой сооружений и каналов и их охрана 220
Глава девятая. **Защитно-регулирующие сооружения и их содержание** 223
§ 64. Регулировочные и защитные работы 223
§ 65. Виды конструкций регулирующих и защитных сооружений из местных материалов 227
§ 66. Производство ремонтно-регулировочных и защитных работ 236
§ 67. Эксплуатация защитно-регулирующих сооружений. Борьба с паводками 244
Глава десятая. **Переустройство и улучшение оросительной системы** 245
§ 68. Анализ состояния существующих оросительных систем 245
§ 69. Перспективный план улучшения оросительной системы 252
§ 70. Планировка орошаемых земель 255
§ 71. Некоторые нормативы и показатели по переустройству оросительных систем 265

Раздел II
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Глава одиннадцатая. **Водный режим корнеобитаемого слоя почвы и его регулирование** 267
§ 72. Характер водного режима на осушаемых землях; факторы, определяющие этот режим 267
§ 73. Требования, предъявляемые к водному режиму основными группами сельскохозяйственных культур 271

§ 74. Основные приемы регулирования водного режима корнеобитаемого слоя 278
Глава двенадцатая. **План регулирования водного режима корнеобитаемого слоя** 281
§ 75. Составные элементы плана регулирования 281
§ 76. Водный баланс и его элементы 282
§ 77. Составление планов регулирования водного режима почв и их корректирование 300
§ 78. План откачки 306
§ 79. Борьба с наводнениями 312
§ 80. Регулирование стока поверхностных вод на водосборе 313
Глава тринадцатая. **Эксплуатация водоприемников и каналов осушительных систем** 314
§ 81. Условия работы осушительных систем в разные периоды года 314
§ 82. Основные виды эксплуатационных мероприятий на осушительных системах 318
§ 83. Надзор и уход за осушительными системами 320
§ 84. Контроль за освоением и использованием осушаемых земель 324
§ 85. Эксплуатация осушительных систем зимой 325
§ 86. Подготовка осушительных систем к пропуску половодий и паводков 327
§ 87. Эксплуатация выправленных рек-водоприемников и крупных каналов, по которым производится мелкотоннажное судоходство и сплав леса 331
§ 88. Противопожарные мероприятия и борьба с пожарами . 332
§ 89. Противомалярийные мероприятия 336
§ 90. Береговая обстановка 337
§ 91. Эксплуатационная гидрометрия 342
Глава четырнадцатая. **Эксплуатация сооружений на осушительных системах** 351
§ 92. Состав и содержание мероприятий по эксплуатации сооружений 351
§ 93. Учет горизонтов и расходов воды 352
§ 94. Эксплуатация шлюзов-регуляторов на открытых и закрытых осушительных системах 353
§ 95. Эксплуатация станций перекачек на осушительных системах 355
§ 96. Эксплуатация водохранилищ на осушительных системах 357
§ 97 Эксплуатация водопропускных сооружений на защитных валах 358
§ 98. Техника безопасности при проведении эксплуатационных работ 361
Глава пятнадцатая. **Переустройство, улучшение и развитие осушительных систем** 361
§ 99. Анализ состояния и основных показателей системы . . 361
§ 100. Перспективный план улучшения и развития системы и его осуществление 366
§ 101. Задание на переустройство и улучшение системы . . . 368
§ 102. Эксплуатационная схема улучшения и развития осушительной системы 370

Раздел III

РЕМОНТНЫЕ РАБОТЫ

Глава шестнадцатая. **Организация и производство ремонтных работ** 371
§ 103. Классификация ремонтов 371
§ 104. Повреждения сооружений, каналов и их ремонт . . . 375
§ 105. Механизация очистки гидромелиоративных систем от наносов и растительности 393
§ 106. Подготовка технических документов для производства ремонтных работ 420
§ 107. Организация ремонтных работ 425
§ 108. Учет и приемка ремонтных работ. Отчетность по очистке и ремонту 430
§ 109. Техника безопасности на ремонтно-строительных работах 432

Раздел IV

ОРГАНИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ. ПЛАНИРОВАНИЕ И УЧЕТ

Глава семнадцатая. **Управление водным хозяйством и организация службы эксплуатации гидромелиоративных систем** 434
§ 110. Управление водным хозяйством и структура водохозяйственных органов в СССР 4
§ 111. Организация эксплуатационной службы 43
§ 112. Взаимоотношения между управлениями гидромелиоративных систем и землеводопользователями 436
§ 113. Структура и типовые штаты управлений гидромелиоративных систем 437
§ 114. Примерные нормы нагрузки линейного персонала . . 440
§ 115. Права и обязанности эксплуатационного персонала . 441
Глава восемнадцатая. **Автоматика и телемеханика на гидромелиоративных системах** 443
§ 116. Автоматизация и ее значение для службы эксплуатации 443
§ 117. Объекты и объемы автоматизации 450
§ 118. Диспетчерский контроль водозабора и водораспределения 466
§ 119. Режим эксплуатации и организация диспетчерской службы автоматизированных объектов 472
Глава девятнадцатая. **Планирование и учет эксплуатационных мероприятий** 476
§ 120. Производственно-финансовый план управления гидромелиоративной системы и его составление 476
§ 121. Паспортизация и инвентаризация гидромелиоративных систем 479
§ 122. Амортизационные отчисления 481
§ 123. Отчетность управления гидромелиоративной системы . 486
§ 124. Показатели эксплуатационных затрат и анализ работы системы 487

Оффенгенден С. Р., Панадиади А. Д., Ярушин М. И.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ. Второе издание. М., Сельхозиздат, 1962.

495 с. (Учебники и учеб. пособия для с.-х. техникумов.)

631.6

Редактор *Г. В. Елизаветская.*
Художник *Ю. А. Боярский.*
Художественный редактор *З. П. Зубрилина.*
Технический редактор *А. И. Баллод.*
Корректор *М. И. Бынеса*

* * *

Сдано в набор 28/XI 1961 г. Подписано к печати 26/III 1962 г. Т03438. Формат 84 × 108¹/₃₂. Печ. л. 15,5 (25,42) + 1 вкл. Уч.-изд. л. 26,61. Изд. № 1722. Тираж 10 000 экз. Заказ № 950 Цена 1 р. 03 к.

* * *

Сельхозиздат, Москва, К-31, ул. Дзержинского, 1/19

Московская типография № 8
Управления полиграфической промышленности
Мосгорсовнархоза
Москва, 1-й Рижский пер., 2