

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

В. В. Васильев, С. В. Набздоров, Е. А. Вчерашний

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
в сфере высшего образования Республики Беларусь
по образованию в области сельского хозяйства
в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений образования, обеспечивающих
получение общего высшего образования по специальности
6-05-0811-03 Мелиорация и водное хозяйство*

Горки
Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия
2026

УДК 631.6(075.8)
ББК 40.6я73
В19

*Одобрено методической комиссией
мелиоративно-строительного факультета
27.04.2026 (протокол № 8)
и Научно-методическим советом
Белорусской государственной сельскохозяйственной академии
29.04.2026 (протокол № 8)*

Авторы:
кандидат технических наук, доцент *В. В. Васильев*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *С. В. Набздоров*;
старший преподаватель *Е. А. Вчерашний*

Рецензенты:
кандидат технических наук, доцент *О. П. Мешик*;
директор КМУП «Брагинское ПМС» *В. Г. Шейко*

Васильев, В. В.
В19 Эксплуатация и реконструкция гидромелиоративных систем :
учебно-методическое пособие / В. В. Васильев, С. В. Набздоров,
Е. А. Вчерашний. – Горки : Белорус. гос. с.-х. акад., 2026. –
156 с.
ISBN 978-985-882-869-1.

В учебно-методическом пособии приводятся требования сельскохозяйственного производства к водному режиму почвы, виды повреждений и деформаций гидромелиоративных систем, приемы их предупреждения и устранения, приемы эксплуатационного обслуживания и ремонта оросительных систем, внутрихозяйственных дорог, насосных станций. Рассматриваются цели, задачи и способы реконструкции систем, методика составления планов регулирования и контроля водного режима почвы. Приведены задания для практических занятий и указания по их выполнению.

Для студентов учреждений образования, обеспечивающих получение общего высшего образования по специальности 6-05-0811-03 Мелиорация и водное хозяйство.

УДК 631.6(075.8)
ББК 40.6я73

ISBN 978-985-882-869-1

© Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия, 2026

ПРЕДИСЛОВИЕ

Водное хозяйство – отрасль, занимающаяся разработкой и осуществлением мероприятий по использованию поверхностных и подземных вод для различных целей.

Мелиоративная система – имущественный комплекс, в состав которого входят каналы, дренаж, гидротехнические сооружения, защитные насаждения, дороги, мосты и иные взаимосвязанные сооружения и устройства, обеспечивающие создание и поддержание оптимальных для сельскохозяйственных растений, лесов и иных насаждений водного, воздушного, теплового и питательного режимов почв.

Общая площадь мелиорированных земель в республике составляет 3,4 млн га, из них 2,9 млн га занимают сельскохозяйственные угодья, в том числе пахотные – 1,2 млн га и луговые – 1,7 млн га.

Для обеспечения соблюдения проектных норм осушения земель построено 4 948 мелиоративных систем. В составе мелиоративных систем используется сложный комплекс гидротехнических и других сооружений (164,6 тыс. км каналов и водоприемников, 997 тыс. км закрытой дренажной сети, 3,6 тыс. мостов, 2,4 тыс. шлюзов-регуляторов, 27,5 тыс. труб-регуляторов, 61,4 тыс. труб-переездов, 542 насосные станции, 4,9 тыс. километров защитных и ограждающих дамб, 18,1 тыс. км эксплуатационных дорог, 1 002 пруда и водохранилища). Основная часть мелиорированных земель (62 %) приходится на Брестскую, Гомельскую и Минскую области. В 15 районах республики мелиорированные земли составляют более 50 % площади сельскохозяйственных земель и обеспечивают производство основной доли продукции растениеводства.

На площади 701,9 тыс. га (1 607 мелиоративных систем) построены мелиоративные системы с двусторонним регулированием водного режима, в том числе на орошаемых землях – 10,2 тыс. га. На площади 252,6 тыс. га построены польдерные мелиоративные системы.

В настоящее время в Республике Беларусь используется 693 тыс. га сельскохозяйственных земель с торфяными почвами и проводятся работы по сокращению использования таких земель в качестве пахотных.

На 1 января 2019 г., согласно материалам инвентаризации мелиоративных систем, требуется реконструкция мелиоративных систем на

площади 339,1 тыс. га, в том числе в Брестской области – 87,3 тыс. га, Витебской – 53,2 тыс. га, Гомельской – 56,6 тыс. га, Гродненской – 37,9 тыс. га, Минской – 59,5 тыс. га и Могилевской области – 44,6 тыс. га. Преимущественно это мелиоративные системы, построенные в 1950–1970 гг., которые отработали нормативные сроки эксплуатации и физически изнашивались.

В Республике Беларусь на мелиоративных системах 1 850 водорегулирующих и переездных сооружений требуют проведения работ по реконструкции, из них 222 моста, 168 шлюзов-регуляторов, 1 460 труб-регуляторов. Кроме того, требуется ремонт 16,7 тыс. км каналов, 14,3 тыс. км мелиоративных каналов заросли древесно-кустарниковой растительностью, 13,9 тыс. водорегулирующих и переездных сооружений нуждаются в ремонте.

Мелиорированные земли на площади 136 тыс. га нуждаются в проведении работ по культуртехнической мелиорации. На сельскохозяйственных землях площадью 76,4 тыс. га реконструкция осушительных, осушительно-увлажнительных мелиоративных систем и сооружений нецелесообразна по экологическим и экономическим соображениям. В связи с этим они подлежат переводу в другие виды земель с обеспечением экологической безопасности окружающей среды.

К настоящему времени этап активного нового мелиоративного строительства в республике ограничен и основное внимание уделяется эффективной эксплуатации существующих гидромелиоративных систем. Эксплуатация этих систем – это комплекс организационно-хозяйственных и инженерно-технических мероприятий по регулированию водного режима почв, обеспечению потребителей водой, поддержанию элементов систем в исправном и постоянно действующем состоянии, обеспечению их долговечности и надежности работы.

Приоритетными направлениями в развитии мелиорации земель на современном этапе следует считать реконструкцию технически устаревших, восстановление вышедших из строя и неработающих систем или их отдельных элементов. Мелиоративное строительство на новых объектах проводят в ограниченных объемах, необходимых для выполнения общегосударственных или целевых программ, компенсации выбывающих по различным причинам площадей сельхозугодий, для ликвидации последствий аварий, стихийных бедствий. В более широких масштабах предполагается применять «малые» мелиорации (организация, перераспределение и регулирование поверхностного стока, агро-мелиорации, культуртехнические и противозрозионные мероприятия).

Основные задачи мелиорации земель и их использования на текущий период определены Законом Республики Беларусь «О мелиорации земель», Государственной программой «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы, подпрограммой 7 «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения».

Современные мелиоративные системы представляют собой довольно сложные инженерные устройства, для обслуживания и ремонта которых необходимы квалифицированные специалисты. Для подготовки специалистов типовым учебным планом специальности 6-05-0811-03 Мелиорация и водное хозяйство предусмотрено изучение дисциплины «Эксплуатация и реконструкция гидромелиоративных систем».

Цель изучения дисциплины – приобретение необходимых теоретических и практических знаний по управлению водным режимом почвы, по эксплуатации каналов, дренажа, систем дождевания, прудов и водохранилищ, сооружений, водозаборов, насосных станций, защитных дамб, дорог.

В итоге обучения студент должен:

- знать методику контроля, расчета и регулирования водного режима почвы в соответствии с требованиями сельскохозяйственного производства; приемы рациональной эксплуатации, ремонта и реконструкции элементов мелиоративных систем;
- уметь оценивать техническое состояние инженерных устройств, своевременно выявлять появившиеся дефекты и устранять их; разрабатывать и выполнять планы водопользования, планы обслуживания и ремонта элементов систем; принимать объекты в эксплуатацию; разрабатывать мероприятия (проекты) по реконструкции систем и сооружений; проводить научно-производственные исследования.

Изучение дисциплины базируется на знании почвоведения, сельскохозяйственной мелиорации, гидротехнических сооружений, насосов и насосных станций, внутрихозяйственных дорог.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм получения образования по специальности 6-05-0811-03 Мелиорация и водное хозяйство, будет также полезным для работников производственных организаций, занимающихся эксплуатацией мелиоративных систем.

1. РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

1.1. Формирование водного режима на мелиорируемых землях

Одной из главных задач гидромелиоративной науки является изучение закономерностей поступления атмосферных, поверхностных, грунтовых и русловых вод на территорию, их перераспределения под влиянием природных факторов и антропогенной деятельности. На основе этих закономерностей разрабатываются принципиальные схемы управления процессом перемещения воды с применением комплекса инженерных, агромелиоративных, агротехнических и других мероприятий, направленных на создание благоприятных условий для ведения сельскохозяйственного производства.

Водный режим на осушаемых почвах формируется в результате воздействия различных факторов, которые можно сгруппировать в приходные и расходные статьи водного баланса. К основным источникам увеличения влагозапасов относятся осадки, поверхностные воды, поступающие извне с прилегающих участков; грунтовые воды, фильтрующиеся с окружающего водосбора; грунтовые воды, выклинивающиеся под напором из глубоких слоев и грунтовые воды, подпитываемые из рек и водоемов. При составлении планов регулирования водного режима почвы необходимо выявить преобладающий источник увеличения влагозапасов и назначить соответствующие приемы регулирования.

Уменьшение влагозапасов в почве происходит за счет испарения воды растениями (транспирация) и почвой, оттока поверхностных и грунтовых вод за пределы осушаемой территории и просачивания в более глубокие слои.

В разные периоды вегетации может преобладать либо поступление воды в почву, либо расход. В зависимости от этого в годовом цикле динамики влагозапасов выделяется три характерных периода: наибольшей влажности почвы – конец зимы и весна; уменьшающейся и низкой влажности – конец весны и лето; низкой, но постепенно увеличивающейся влажности – осень и начало зимы.

Продолжительность этих периодов зависит от места расположения осушаемого участка (на водоразделе, склоне, пойме), от почвенного покрова, подстилающих грунтов, характера хозяйственного использования участка и урожайности сельскохозяйственных культур. Если

участок расположен на водоразделе, то первый период будет короче, так как избыточные воды отводятся с повышенных мест быстрее, второй – продолжительнее, а третий – короче по сравнению с участками, расположенными на склонах и поймах. Аналогичную картину можно наблюдать на более водопроницаемых почвах.

На тяжелых почвах первый и третий периоды будут растянутыми, а второй – коротким. При интенсивном сельскохозяйственном использовании осушенных почв расход воды из почвы увеличивается. В этом случае первый и третий периоды сокращаются, а второй увеличивается.

Строительство мелиоративной системы ведет к перераспределению всех составляющих водного баланса на осушаемой территории. Создание мелиоративной сети оказывает воздействие на водный режим, проявляющееся в следующих основных тенденциях:

- понижаются и устанавливаются более благоприятные для сельскохозяйственной растительности уровни грунтовых вод (УГВ) и влаготзапасы;

- увеличивается грунтовый сток;

- уменьшается поверхностный сток (за счет возрастания инфильтрации осадков в аккумулирующую емкость зоны аэрации);

- происходит снижение УГВ на территории, прилегающей к осушенному объекту, затухающее с удалением от границ осушения;

- незначительно возрастает русловый сток гидрографической сети, используемой в качестве водоприемников, в основном за счет грунтовой (грунтовой-напорной) составляющей в маловодные периоды, уменьшаются максимальные расходы в многоводные половодья;

- уменьшаются отметки воды в меженный период в случае отсутствия подпорных сооружений на отрегулированных водоприемниках;

- возрастает испарение в связи с увеличением водопотребления растительностью, в результате этого увеличивается влажность приземного слоя воздуха, однако на прилегающих территориях это изменение быстро затухает.

Замена естественной растительности на сельскохозяйственные культуры с соответствующими технологиями выращивания приводит к изменению других природных процессов и параметров:

- увеличивается влажность воздуха, уменьшаются средние температуры и увеличивается их суточная контрастность, включая на 2–3 °С более низкие температуры поздневесенних заморозков в атмосфере и на осушенных торфяниках, затухающие на прилегающей территории;

- возрастает концентрация основных ионов в грунтовых и речных водах в результате мелиорации и сельскохозяйственного использова-

ния, но при существующих дозах вносимых удобрений загрязнение от распределенных источников в основном остается в пределах ПДК;

- возрастает риск ветровой эрозии (при сокращении водной), пожаров на торфяниках. При правильном освоении и сельскохозяйственном использовании происходит улучшение водно-физических и агрохимических показателей минеральных земель. На торфяных почвах в процессе сельскохозяйственного использования происходит их сработка;

- на осушаемой территории естественно-природная растительность заменяется на сельскохозяйственную. На прилегающей территории изменяется видовой и количественный состав флоры и фауны.

Конкретная количественная величина изменений и охваченная ими площадь определяются всем набором природно-климатических параметров каждого конкретного объекта.

1.2. Приемы регулирования водного режима почвы

После пропуска весеннего паводка осушительно-увлажнительную и оросительную системы готовят к регулированию водного режима почвы на протяжении вегетационного периода. Для этого осматривают все каналы, сооружения, оросительные трубопроводы и арматуру на них, поливную технику, определяют виды и объемы деформаций. Проводят опробывание работы насосной станции, водоподпорных сооружений и оросительной системы. По результатам осмотра намечают сроки и мероприятия по ликвидации повреждений. Все дальнейшие операции с водой (сброс или подача на увлажнение) осуществляют в соответствии с хозяйственными планами водопользования и системными планами водораспределения.

Приемы регулирования водного режима зависят от источников формирования влагозапасов за декаду в расчетном слое почвы и конструкции мелиоративной системы. На участках с атмосферным водным питанием в период избытка влаги применяют ускорение стока поверхностных вод. Этот метод применим на почвах тяжелого гранулометрического состава на плоских водоразделах, пологих склонах. В дополнение к осушительной сети (каналы, дрены) проводят мероприятия, обеспечивающие ускорение отвода избыточной воды по поверхности почвы и частично по пахотному слою. К ним относятся ложбины стока, планировка (выравнивание) поверхности, узкозагонная вспашка, профилирование поверхности, выборочное бороздование, гребневание и грядование. На тяжелых почвах атмосферного водного питания в засушливые периоды наблюдается недостаток влаги в верхних слоях. Для увеличения влагоемкости и создания дополнительных

запасов продуктивной влаги в подпахотном слое проводят глубокое безотвальное рыхление, глубокую вспашку, щелевание и кротование. Глубокое рыхление позволяет снизить объемную массу подпахотных слоев в среднем на 10 %, а в первый год проведения – на 20 %. Разрыхленный слой содержит, как правило, на 5–10 % влаги больше, чем неразрыхленный.

В связи с тем, что срок действия агромелиоративных мероприятий составляет 1–3 года, служба эксплуатации должна контролировать своевременное их восстановление.

На участках с грунтовым водным питанием регулирование водного режима почвы проводят отводом избыточной влаги и понижением уровней грунтовых вод или прекращением сброса и задержанием стока в мелиоративной сети в засушливый период. Требуемое понижение уровня грунтовых вод более оперативно достигается на почвах легкого гранулометрического состава и на торфяно-болотных почвах. На связных почвах этот процесс затрудняется и требуется применение дополнительных мероприятий, которые включают глубокое рыхление, кротование и щелевание почвы. Эти мероприятия целесообразны на фоне закрытого дренажа.

При глубоком рыхлении увеличивается водопроницаемость почвы. В начальный период после рыхления водопроницаемость пахотного слоя увеличивается в 2–4 раза, а подпахотного на глубине 50 см – более чем в 25 раз. Однако через 3–4 года водопроницаемость приближается к исходной. Направление движения рыхлителя желательнее поперек дренажных линий. Глубокое рыхление повышает действие дренажа при отводе избыточных вод и подаче воды на увлажнение.

При кротовании создают полости-кротовины на глубине 35–40 см от поверхности с расположением их поперек дрен-осушителей. Кротование обеспечивает хорошую гидравлическую связь пахотного слоя с дренами, позволяя ускорить отвод из него избыточных вод. Проводить его рекомендуется на торфяно-болотных и связных минеральных почвах через 3–4 года.

Щелевание способствует увеличению осушительного действия дренажа. Его также применяют на склонах местности для перехвата поверхностного стока и перераспределения его по почвенному профилю. Щелевание способствует выравниванию водного режима по элементам рельефа, является противозерозионным мероприятием.

Подача воды в почву в засушливые периоды может осуществляться подпочвенным увлажнением и дождеванием. Подпочвенное увлажнение более эффективно при достаточно высокой капиллярной водопрони-

водимости почвогрунтов. Поверхность увлажняемого участка должна быть ровной в естественном состоянии или спланированной, чтобы не происходило переувлажнение почвы в пониженных местах и недоувлажнение на повышенных. Приемы управления водным режимом при шлюзовании зависят от вида водоисточника, который может быть использован для увлажнения. Если используют только местный сток, то применяют предупредительное шлюзование. В этом случае щиты водоподпорных сооружений закрывают на фазе спада половодья, когда уровни грунтовых вод на середине между осушителями понизятся до 35–40 см от поверхности почвы. В дальнейшем нужно следить, чтобы УГВ не поднимался выше указанного предела, и обеспечивать постепенное его опускание с учетом развития корневой системы растений. Когда корневая система разовьется полностью, УГВ поддерживают на глубине нормы осушения. Увлажнение почвы с использованием местного стока может быть надежным, если водосборная площадь в 15–20 раз превышает площадь увлажнения.

При использовании для подпочвенного увлажнения воды из гарантированного водоисточника (река, пруд, водохранилище) регулирование водного режима почвы ведут с применением увлажнительного шлюзования. Во время подачи воды на увлажнение сначала заполняют водоподводящие и магистральные каналы, после чего заполняют проводящую и регулирующую сети мелиоративного объекта. Наполнение каналов должно быть постепенным с расходом воды не более 25 % от пропускной способности канала. При наполненных каналах расход на увлажнение пропускают при уровнях не менее 0,3–0,4 м ниже бровки. В нижних бьефах водоподпорных сооружений поток должен быть спокойным.

Заполнение регулирующей сети начинают с пониженных по рельефу участков, переходя постепенно на другие участки вверх против течения воды в распределительных каналах. После установления на поле оптимального уровня воды затворами водорегулирующих сооружений обеспечивают подачу расхода, равного потреблению на впитывание почвой. При выпадении обильных осадков мелиоративную систему переводят в режим сброса избыточных вод. К началу уборки урожая грунтовые воды необходимо понизить до глубины, обеспечивающей проходимость сельскохозяйственной техники.

При подпочвенном регулировании влажности корнеобитаемого слоя следует знать, что интенсивный подъем УГВ в засушливый период часто приводит к переувлажнению нижней части корневой системы, практически не меняя влажности в верхней ее части. Циклические

подъемы и снижения УГВ в течение вегетационного периода не позволяют в должной мере обеспечить оптимальный водно-воздушный режим для сельскохозяйственных культур. При возделывании на мелиорируемом участке нескольких культур, наличии развитого микро- и мезорельефа и сложной структуры почвенного покрова грунтовые воды следует поддерживать в наиболее безопасном диапазоне.

Для обеспечения нормальных условий произрастания сельскохозяйственных растений необходимо, чтобы в период затяжных дождей на нижней границе корнеобитаемого слоя содержание воздуха в почве было не менее 15 % от объема. Это требование можно выполнить при поддержании УГВ на торфяных и песчаных почвах на 0,25–0,30 м, а на супесчаных и суглинистых на 0,4–0,5 м глубже нижней границы корнеобитаемого слоя. В пахотном слое содержится основное количество питательных веществ. Для более интенсивного использования этих веществ желательно обеспечить поглощение растениями воды из пахотного слоя не менее 30 % от общего объема транспирации. Это условие можно выполнить ограничением максимального удаления УГВ на торфяных и песчаных почвах на 0,4–0,5 м, на супесчаных почвах и пылеватых суглинках – на 0,6–0,7 м, на легкосуглинистых почвах – на 0,7–0,8 м от нижней границы корнеобитаемого слоя. Следует отметить, что на связных почвах, обладающих низкой водопроницаемостью, пахотный и подпахотный слои могут переувлажняться в период затяжных дождей и дополнительное понижение УГВ не дает должного эффекта.

Орошение дождеванием применяют на участках, предназначенных в основном под овощные, кормовые культуры, под сенокосы и пастбища. Для этой цели устраивают осушительно-оросительные или оросительные системы. При дождевании вода подается в корнеобитаемый слой сверху, что делает его похожим на естественное увлажнение почвы атмосферными осадками. Дождевание положительно влияет на микроклимат приземного слоя воздуха.

Основное внимание при проведении поливов необходимо уделять правильности выдачи поливной нормы и суточной загрузке дождевальной техники. Отклонение поливной нормы от расчетной может привести к недополиву культур или вызвать переувлажнение и эрозию поверхностного слоя почвы, вымывание удобрений, пестицидов и других химических элементов, привести к загрязнению ими поверхностных водных объектов и грунтовых вод. Режим орошения становится экономически оптимальным, когда при поливах обеспечивают благоприятные условия для развития сельскохозяйственных культур с ми-

нимальными затратами для данной конструкции оросительной системы. Экологически обоснованным становится такой режим поливов, при котором не возникает нежелательных последствий.

В качестве предварительных предложений по оптимальному режиму дождевания, получившему эколого-технологическое обоснование, можно использовать рекомендации, которые сводятся к следующему:

- при назначении режима дождевания прежде всего следует учитывать, что биологически оптимальной и экологически обоснованной будет поливная норма, не превышающая в среднем за полив половины объема воды, удерживаемой корнеобитаемым слоем почвы при насыщении от нижнего до верхнего оптимального предела;

- при осуществлении дождевания на крупных оросительных системах, включающих большей частью стационарную технику и дождевальные машины (ДМ), работающие по кругу (типа «Фрегат»), норму полива на площади, обслуживаемой одной насосной станцией, следует назначить по минимальной технологически возможной норме полива наиболее крупной модификации ДМ, работающей от данной станции;

- при проведении полива следует соблюдать условие приоритетной очередности дождевания неоднородных (по почвам) сельскохозяйственных угодий – полив следует начинать с наименее влагоемких почв и завершать на почвах с наибольшей водоудерживающей способностью;

- контроль за поливом и оперативное управление орошением следует вести по уровню влажности участка, дождевание которого при текущем поливе будет проводиться в последнюю очередь;

- своевременный полив всей обслуживаемой одной насосной станцией площади возможен только при требуемой (плановой) суточной загрузке дождевальной техники;

- в случае отказа части оросительной системы (напорного трубопровода, дождевальной машины и т. п.) следует немедленно подключить к работе исправную часть системы, чтобы исключить холостую работу и обеспечить плановую суточную загрузку насосной станции.

Приведенные положения в основном справедливы для всех оросительных систем, однако каждая осушительно-оросительная и оросительная системы имеют свои особенности. Поэтому для получения максимально положительного эффекта необходима разработка конкретных рекомендаций для каждого объекта орошения. Эти рекомендации выражаются в виде объектных технологических карт на полив. Карту составляют с учетом биологических особенностей культур, поч-

венных и метеорологических условий, типа дождевальной техники, ее производительности и сезонной нагрузки. Выполнение поливов в соответствии с технологической картой позволит избежать экологически вредных последствий орошения и получить максимально положительный эффект.

Задание 1. Составление плана регулирования водного режима почвы

В естественных условиях значение влажности почвы обычно отклоняется от оптимальных. Обеспеченность сельскохозяйственных растений влагой зависит от глубины почвенного слоя. Растения с малой глубины поглощают воды больше, чем из глубоких слоев. Это связано с глубиной проникновения основной массы корневой системы. У зерновых культур основная масса корней располагается в слое до 25–35 см, у овощных культур и бобовых трав – 40–50 см. Однако влажность этих слоев наиболее неустойчива и подвергается значительным колебаниям.

Верхний допустимый предел влагозапасов равен $0,9\text{--}1,0\ \% W_{\text{нв}}$ ($W_{\text{нв}}$ – наименьшая влагоемкость).

Нижний допустимый предел влагозапасов принимают: для тяжелых почв – $70\text{--}75\ \% W_{\text{нв}}$, для средних – $65\ \% W_{\text{нв}}$, для легких – $60\ \% W_{\text{нв}}$.

Пример выполнения задания.

На осушаемом участке на суглинистых почвах предполагается выращивать свеклу, на супесчаных – картофель и на торфяных – зерновые яровые культуры. Пористость торфяной почвы составляет 85, супесчаной – 42, суглинистой – 54 % от ее объема. Продуктивные влагозапасы почвы по месяцам и декадам вегетационного периода для среднесухого года по осадкам приведены в табл. 1.1.

Потребление влаги растениями по месяцам и декадам вегетационного периода в % от суммарного водопотребления, приведено в табл. 1.2.

Наиболее благоприятная влажность почвы в процентах от полной влагоемкости для зерновых культур составляет 40–50, для картофеля и свеклы – 60–70, для многолетних трав – 70–80, капусты, кукурузы – 60–75.

Таблица 1.1. Запасы продуктивной влаги в почве по месяцам и декадам вегетационного периода, м³/га

Слой почвы, см	V			VI			VII			VIII			IX		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Супесчаная почва															
0–30	245	250	220	200	220	180	240	220	200	180	170	200	210	220	180
0–100	520	540	510	500	480	450	500	480	460	430	400	440	430	410	400
Суглинистая почва															
0–30	405	380	360	340	360	290	280	270	260	250	270	290	280	310	300
0–100	690	660	600	620	610	520	500	310	400	470	610	650	630	610	630
Торфяная почва															
0–30	1200	1100	1200	1050	950	900	820	720	630	600	570	600	610	630	640
0–100	1800	1750	1780	1680	1540	1600	1660	1610	1640	1590	1550	1580	1570	1580	1530

Таблица 1.2. Потребление влаги растениями по месяцам и декадам вегетационного периода, % от суммарного водопотребления

Сельскохозяйственные культуры	Потребление воды сельскохозяйственными культурами по месяцам и декадам, % от $W_{\text{потр}}$															
	IV	V			VI			VII			VIII			IX		
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Зерновые	–	4,4	5,7	6,1	8,3	12,1	13,3	15,2	12,6	8,8	–	2,4	4,0	5,0	2,5	2,2
Картофель	–	–	–	2,5	5,0	7,3	10,8	13,6	18,7	15,3	15,0	10,7	4,3	–	–	–
Свекла	–	–	–	2,3	3,1	4,6	5,8	5,9	8,8	12,4	13,1	15,5	9,3	8,3	7,7	5,5
Кукуруза	–	–	–	–	6,1	9,0	7,0	8,0	9,0	11,0	10,0	8,0	6,0	3,0	3,0	2,0
Капуста	–	–	–	–	–	8,0	7,0	7,0	9,0	12,0	9,0	8,0	6,0	4,0	3,0	2,0
Мн. травы 1-го года	–	–	1,5	2,4	5,0	5,1	7,8	14,9	17,5	15,5	5,1	8,4	10,2	8,1	–	–
Мн. травы 2–3-го года	2,0	5,1	5,6	7,3	8,2	10,2	10,6	7,6	7,5	7,2	9,8	11,4	7,1	3,5	3,1	2,2

Требуется составить план регулирования водного режима для всего активного слоя почвы в пределах 0–100 см и для пахотного – 0–30 см.

Влагозапасы в почве можно определить по формуле:

$$W = \Pi \cdot H \cdot \beta,$$

где W – влагозапасы в почве, м³/га;

Π – пористость почвы, %;

H – слой почвы, в котором определяется влагозапас, м;

β – влажность почвы, % от полной влагоемкости.

$$W_{\text{прод}} = W_{\text{набл}} - W_{\text{ув}},$$

или

$$W_{\text{прод}} = \Pi \cdot H(\beta_{\text{набл}} - \beta_{\text{ув}}),$$

где $W_{\text{прод}}$ – продуктивные влагозапасы за вегетационный период, м³/га;

$\beta_{\text{набл}}$ и $\beta_{\text{ув}}$ – средняя за декаду наблюдаемая влажность почвы и соответствующая увяданию растений.

Продуктивные влагозапасы по декадам вегетационного периода определяют по формуле

$$W_{\text{прод. дек}} = \Pi \cdot H(\beta_{\text{набл. дек}} - \beta_{\text{ув. дек}}),$$

где $W_{\text{прод. дек}}$ – продуктивные влагозапасы по декадам вегетационного периода, м³/га. Значения продуктивных влагозапасов приведены в табл. 1.1.

Необходимые (потребные) влагозапасы для выращивания планируемого урожая можно определить по формулам

$$W_{\text{потр. вегет. пер}} = K \cdot Y;$$

$$W_{\text{потр. дек}} = K \cdot Y \cdot \alpha_{\text{дек}},$$

где $W_{\text{потр. вегет. пер}}$ – потребные влагозапасы за вегетационный период, м³/га;

K – коэффициент водопотребления, м³/ц;

Y – планируемая урожайность сельскохозяйственных культур, ц/га;

$W_{\text{потр. дек}}$ – потребные влагозапасы по декадам вегетационного периода, м³/га;

$\alpha_{\text{дек}}$ – неравномерность водопотребления по декадам, % от $W_{\text{потр. вегет. пер}}$. Значение водопотребления по декадам приведено в табл. 1.2.

Результаты расчетов заносят в табл. 1.3.

Таблица 1.3. **Количество влаги, потребляемое сельскохозяйственными культурами по месяцам и декадам вегетационного периода**

Сельскохозяйственные культуры	Урожай У, ц/га	Кэф. водоп. К, м³/ц	Необх. влагозапасы W _{потр} , м³/га	Размерность	Потребление воды сельскохозяйственными культурами по месяцам и декадам															
					IV	V			VI			VII			VIII			IX		
					3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Яровые зерновые	50	50	2500	%	–	2,6	4,0	4,8	6,7	8,9	13,2	14,5	16,5	13,7	9,5	5,6	–	–	–	–
				м³/га	–	65	100	120	168	223	330	363	412	342	237	140	–	–	–	–
Картофель	300	8,5	2550	%	–	–	–	–	5,0	7,3	10,8	13,6	17,7	15,3	15,0	10,7	4,6	–	–	–
				м³/га	–	–	–	–	128	186	275	347	451	390	383	273	117	–	–	–
Свекла	500	8,0	4000	%	–	–	–	–	3,1	4,6	5,8	5,9	8,8	12,4	13,1	15,5	9,3	8,3	7,7	5,5
				м³/га	–	–	–	–	124	184	232	236	352	496	524	620	372	332	308	220

Сопоставление количества влаги, потребной для получения заданного урожая, с запасами продуктивной влаги в слое почвы в пределах 0–100 см проводят на графиках (рис. 1.1). Для построения графиков слоя в пределах 0–100 см используют табл. 1.1 и 1.3.

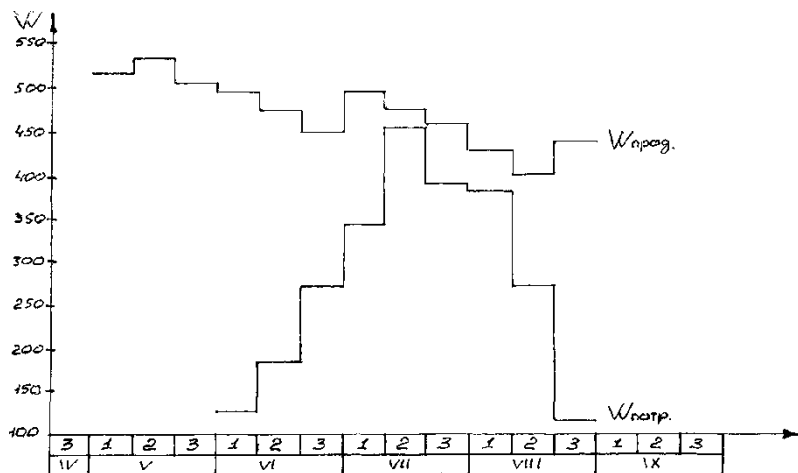


Рис. 1.1. Сравнение количества влаги, потребной для развития растений, с запасами продуктивной влаги в слое почвы в пределах 0–100 см

Как видно из графиков, в слое 0–100 см продуктивной влаги достаточно для развития всех сельскохозяйственных культур. Однако растения не могут использовать эту влагу, поскольку основная масса корней располагается в слое до 35 см.

Чтобы построить графики для слоя в пределах 0–30 см (пахотного), используют табл. 1.4 ($W_{\text{прод}}$) и определяют потребные оптимальные влагозапасы ($W_{\text{потр. опт}}$):

$$W_{\text{потр. опт (0-30)}} = \Pi \cdot H \cdot \beta_{\text{опт}},$$

где $W_{\text{потр. опт (0-30)}}$ – потребные оптимальные влагозапасы для слоя в пределах 0–30 см, $\text{м}^3/\text{га}$;

Π – пористость почвы, %;

H – слой почвы, в котором определяется влагозапас ($H = 0,3 \text{ м}$);

$\beta_{\text{опт}}$ – оптимальная влажность почвы, %.

$$W_{\text{потр. опт зерн}} = 85 \cdot 0,3 \cdot 45 = 1147 \text{ м}^3 / \text{га},$$

$$W_{\text{потр. опт}}^{\text{карт}} = 42 \cdot 0,3 \cdot 65 = 619 \text{ м}^3 / \text{га},$$

$$W_{\text{потр. опт}}^{\text{свекла}} = 54 \cdot 0,3 \cdot 65 = 1053 \text{ м}^3 / \text{га}.$$

По результатам расчетов и с использованием табл. 1.1 строят графики для слоя почвы в пределах 0–30 см (рис. 1.2). Как видно из графика, в слое почвы в пределах 0–30 см влагозапасов недостаточно для развития сельскохозяйственных культур. При недостатке влаги в пахотном слое ее можно накопить за счет использования весенних вод.

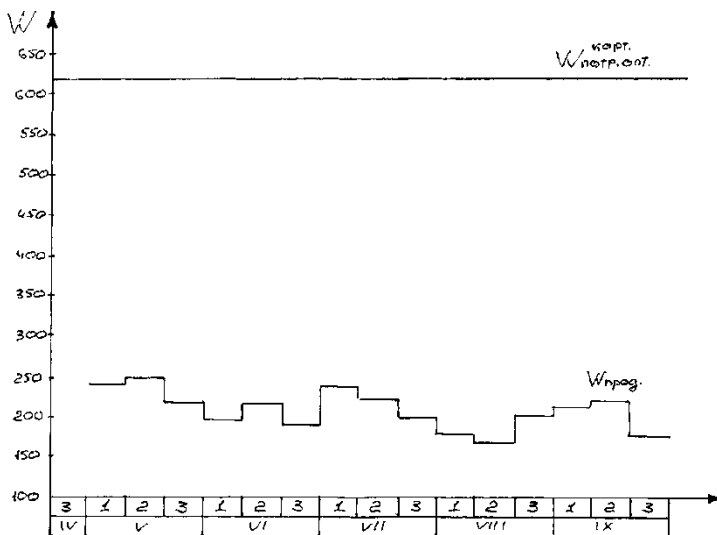


Рис. 1.2. Сравнение количества влаги, потребной для развития растений, с запасами продуктивной влаги в слое почвы в пределах 0–30 см

Количество влаги, которое необходимо накопить за счет весенних вод, можно определить по формуле:

$$W_{\text{вес}} = W_{\text{потр. опт}} - \frac{\sum W_{\text{прод}}}{T},$$

где $W_{\text{вес}}$ – количество влаги, которое необходимо накопить в почве за счет весенних вод, м³/га;

T – количество декад вегетации культуры.

$$W_{\text{вес}}^{\text{зерн}} = 1147 - \frac{9740}{11} = 262 \text{ м}^3 / \text{га};$$

$$W_{\text{вес}}^{\text{карт}} = 819 - \frac{1810}{9} = 618 \text{ м}^3 / \text{га};$$

$$W_{\text{вес}}^{\text{свекла}} = 1053 - \frac{3360}{12} = 773 \text{ м}^3 / \text{га}.$$

Для регулирования водного режима почвы применяют разные методы. Отвод избыточных вод осуществляют методом ускорения стока поверхностных вод, понижения уровня грунтовых вод, перехвата поверхностных и грунтовых вод, стекающих со смежных водосборов. Увлажнение почвы проводят подпочвенным способом (шлюзованием) и дождеванием. Осушительные и увлажнительные мероприятия эксплуатационная служба проводит с использованием таких элементов мелиоративной системы, как каналы, дрена, водоподпорные сооружения, насосные станции, напорные трубопроводы, дождевальная техника, водоприемник, источник воды для увлажнения почвы.

Исходные данные по вариантам для составления плана регулирования водного режима почвы приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4. Исходные данные

Вариан- ты	Культуры	Почвы	Урожай- ность, ц/га	Коэффициент водопотребле- ния, м ³ /ц	Пори- стость, %
1	2	3	4	5	6
1	Зерновые	Супесчаные	45	50	42
	Картофель	Суглинистые	250	8,2	54
	Травы 1-го года	Торфяные	50	50	85
2	Зерновые	Торфяные	37	49	84
	Картофель	Супесчаные	250	8,5	53
	Травы 2-го года	Торфяные	52	50	86
3	Зерновые	Супесчаные	42	50	43
	Свекла	Суглинистые	450	8,0	55
	Картофель	Суглинистые	230	8,0	54
4	Зерновые	Суглинистые	38	50	52
	Свекла	Суглинистые	520	8,2	56
	Травы 1-го года	Супесчаные	40	50	42
5	Картофель	Суглинистые	270	8,5	52
	Свекла	Торфяные	480	8,0	83
	Травы 2-го года	Торфяные	45	53	85
6	Картофель	Супесчаные	280	8,5	41
	Зерновые	Торфяные	39	50	84
	Травы 1-го года	Суглинистые	30	50	52

Продолжение табл. 1.4

1	2	3	4	5	6
7	Свекла	Супесчаные	520	8,0	40
	Травы 1-го года	Суглинистые	42	50	54
	Зерновые	Суглинистые	32	48	54
8	Зерновые	Супесчаные	48	50	42
	Картофель	Торфяные	300	8,5	85
	Капуста	Суглинистые	400	12	54
9	Свекла	Торфяные	530	8,0	82
	Зерновые	Торфяные	35	52	85
	Травы 2-го года	Суглинистые	52	50	53
10	Кукуруза	Супесчаные	450	10	41
	Зерновые	Торфяные	42	45	85
	Травы 1-го года	Торфяные	41	50	85
11	Капуста	Супесчаные	500	10	42
	Кукуруза	Суглинистые	480	8,5	54
	Травы 2-го года	Торфяные	55	50	85
12	Картофель	Суглинистые	260	8,5	53
	Капуста	Суглинистые	450	11	52
	Травы 1-го года	Торфяные	35	50	84
13	Кукуруза	Супесчаные	500	7,5	40
	Свекла	Торфяные	650	8,4	83
	Травы 2-го года	Торфяные	46	50	87
14	Кукуруза	Суглинистые	450	10	54
	Картофель	Супесчаные	280	8,5	42
	Капуста	Супесчаные	400	12	40
15	Зерновые	Суглинистые	34	50	52
	Кукуруза	Супесчаные	500	7,5	40
	Травы 2-го года	Суглинистые	53	50	54
16	Капуста	Суглинистые	450	11	53
	Свекла	Торфяные	560	8,0	85
	Травы 1-го года	Торфяные	40	50	83
17	Кукуруза	Суглинистые	500	7,5	54
	Картофель	Супесчаные	270	8,5	41
	Травы 2-го года	Суглинистые	53	50	56
18	Свекла	Супесчаные	350	8,0	42
	Картофель	Супесчаные	300	8,5	40
	Травы 1-го года	Суглинистые	38	50	55
19	Капуста	Суглинистые	450	11	52
	Свекла	Супесчаные	480	8,0	42
	Травы 3-го года	Торфяные	35	50	83
20	Картофель	Суглинистые	220	8,5	54
	Зерновые	Супесчаные	28	52	40
	Травы 3-го года	Торфяные	35	50	87
21	Свекла	Супесчаные	400	8,0	44
	Кукуруза	Суглинистые	500	7,5	55
	Травы 2-го года	Торфяные	35	50	86

1	2	3	4	5	6
22	Кукуруза	Супесчаные	450	10	43
	Зерновые	Суглинистые	39	50	53
	Свекла	Торфяные	560	8,0	85
23	Капуста	Супесчаные	400	12	42
	Свекла	Суглинистые	520	8,2	54
	Картофель	Супесчаные	230	8,5	40
24	Капуста	Суглинистые	450	11	54
	Кукуруза	Суглинистые	490	8,0	51
	Травы 2-го года	Торфяные	46	50	85
25	Картофель	Супесчаные	285	8,5	40
	Зерновые	Суглинистые	44	50	52
	Травы 1-го года	Торфяные	44	48	84

2. ПОВРЕЖДЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

2.1. Причины деформаций гидромелиоративных систем

Деформации элементов осушительных систем происходят под воздействием природных (естественных) и искусственных факторов. К природным факторам относятся физико-химические и биологические процессы, протекающие в почвогрунтах осушаемых территорий и материалах сооружений; климатические и гидрологические (колебания температуры и влажности, действие ветра, льда, паводковых вод, ливней и т. п.); жизнедеятельность различных животных и насекомых.

В результате воздействия природных факторов выходят из строя мелиоративные системы и их элементы: происходят изменения продольного и поперечного профилей каналов за счет заиления, размыва, обрушения откосов и дна каналов, осадки грунта, зарастания их травяной и древесной растительностью; разрушение дренажных линий, уменьшение их глубины в связи со сработкой торфа; разрушение водорегулирующих и других сооружений, их креплений и облицовок, ухудшение характеристик и выход из строя насосно-силового оборудования.

К искусственным факторам относят недостатки изысканий, проектирования, строительства, эксплуатации систем и хозяйственного использования осушенных земель.

При проведении изысканий причинами повреждений мелиоративных систем может быть недостаточная изученность грунтов и гидро-

геологических условий, некачественная геодезическая съемка, неточное определение водосборной площади и модуля стока.

При проектировании допускаются ошибки: неверный выбор профиля дамб и каналов, неточный расчет диаметров и уклонов дрен, отверстий водопропускных сооружений и труб-переездов, неудачное определение конструкции крепления и т. п.

При строительстве возможны некачественное выполнение строительных работ и отклонения от проекта, которые не обеспечивают надежности крепления и сопряжения каналов и дамб, оснований гидротехнических сооружений, качественного соединения дрен с коллектором и коллекторов со смотровыми колодцами и устьями и других элементов мелиоративных систем, что приводит к их деформации и разрушению.

Отсутствие регулярного технического обслуживания в период эксплуатации приводит к несоблюдению режимов водопропуска по сети, неподготовленности к зиме и паводкам, несвоевременному проведению работ и преждевременному выходу из строя мелиоративной системы.

Нарушение правил пользования мелиоративной системой сельскохозяйственными предприятиями приводит к захламлению каналов посторонними предметами, переезду транспорта через каналы в неустановленных местах, выпасу скота на откосах каналов и дамб, вспашке земли на расстоянии не менее чем 1 м от бровки канала, изменению состояния поверхности и структуры почвы в результате уплотнения ее сельскохозяйственной техникой. Это приводит к нарушению оптимальных агротехнических сроков посева и уборки сельскохозяйственных культур, условий их выращивания и в результате к значительному снижению продуктивности мелиорированных земель.

Следует отметить, что наиболее интенсивно в условиях недостаточного технического обслуживания деградируют более технически совершенные системы, являющиеся, как правило, более энерго- и материалонасыщенными. Практически повсеместно разукomплектованы и вышли из строя оросительные системы, в связи с дороговизной энергетических ресурсов не осуществляется закачка воды в пруды для последующей подачи на увлажнение, а при выходе из строя подпорных сооружений невозможно осуществление даже предупредительного шлюзования. При этом происходит фактическое изменение типа систем с осушительно-увлажнительной на просто осушительную.

2.2. Виды деформаций и приемы их предупреждения

Осушительные каналы при деформации изменяют форму и размеры по продольному и поперечному профилям. На протяжении года каналы работают в разных условиях и подвергаются различным естественным деформациям. Весной в конце снеготаяния уровни воды в канале опускаются быстрее, чем грунтовые воды. За счет разницы уровней происходит фильтрация грунтовых вод в канал и создается давление на откос. Грунт в зоне фильтрации приобретает неустойчивое положение и оплывает. Верхние массы грунта проседают, растрескиваются и также сползают в канал, отлагаясь на дне в виде перемычек.

В летний период откосы и дно зарастают травяной и кустарниковой растительностью. В пересыхающих каналах летом поселяются землеройные животные, образуются муравейники, в результате их жизнедеятельности происходит деформация откосов и дна. На осушительно-увлажнительных системах в летний период проводят мероприятия по увлажнению почвы и открытые каналы работают в условиях увлажнения – высыхания. Опасность оползания откосов возникает при сбросе воды после увлажнения. В целях предотвращения этого повреждения откосов необходимо воду сбрасывать с таким расчетом, чтобы уровни воды в канале и уровни грунтовых вод опускались одновременно или с минимальным перепадом.

В осенний период в каналах имеется сток избыточных вод и с наступлением низких температур образуется лед. Лед, скрепившийся с откосами и креплениями каналов, при понижении уровней воды разрушает их. Поэтому службе эксплуатации систем при замерзании воды в каналах необходимо проводить скалывание льда на протяжении всего периода до установления постоянного уровня.

Значительно деформируются каналы из-за заиления и размыва. Заиление происходит за счет наносов, приносимых поверхностными водами с прилегающей местности, смытых с откосов каналов, принесенных потоком воды из других мест по руслу этих же каналов.

Наиболее радикальными мерами предупреждения заиления каналов и водоприемника осушительной системы являются противоэрозионные мероприятия, проводимые на мелиорированной территории и на склонах прилегающей местности, а также укрепление откосов водотоков для предотвращения смыва, оплывания и обрушения грунта на дно.

В местах наибольшего поступления мутных вод с прилегающих склонов целесообразно провести мероприятия по перехвату их и направлению на сброс в мелиоративную сеть через отстойник.

Каналы, проложенные в торфяных грунтах, в дополнение к перечисленным подвергаются еще и специфическим деформациям. Новые каналы и водоприемники в первые 1–3 года усиленно заиливаются измелченными при строительстве остатками торфяной массы, которая стекает с откосов под воздействием воды и давления уплотняющегося торфа. Смесь воды и торфа (буза) продвигается по уклону русла и при встрече с препятствием накапливается, создавая подпор для сброса избыточных вод.

При осушении торфяная масса сильно сокращается в объеме. В результате грунт откосов растрескивается, принимает ячеистую структуру и сыпается в канал. Следствием осушения является общая осадка торфяной залежи, в результате которой уменьшается глубина сети, из откосов начинает выступать погребенная древесина, увеличивая шероховатость русла, деформируются продольный и поперечный профили водотока, на контакте с сооружениями образуются щели, изменяется рельеф поверхности мелиорируемой территории.

Осушительные каналы и водоприемники также подвержены деформациям в результате воздействия ряда искусственных причин, возникающих из-за недостатков проектирования, строительства и эксплуатации систем. Часть повреждений возникает в результате ошибок, допускаемых при проектировании (не всегда учитывают все условия, в которых будут функционировать каналы). Бывают случаи, когда в необходимых местах не предусматривают водозаборы, водопои, перегоны скота, места для стирки, противопожарные устройства, дороги, переходные мостики и т. п.

От качества строительства открытой сети во многом зависит ее состояние. При отрывке каналов или регулировании русла водоприемника нарушаются проектные размеры поперечного и продольного профилей. Строительные недоборы и переборы по глубине водотоков приводят к искажению продольных профилей, застою воды на отдельных участках.

Часто грунт, вынутый при отрывке каналов, укладывают близко к бровке, и он легко смывается в русло. Грунт кавальеров оказывает дополнительное давление на откосы, в результате чего они могут деформироваться.

При строительстве не всегда укрепляют каналы в местах пересечения ими текучих (слабых) грунтов, а также в местах впадения водо-

пропускных воронок или каналов низшего порядка, что приводит к разрушению каналов.

Большой вред осушительным каналам наносят при неправильной их эксплуатации. Свободный выпас скота на осушенных землях, перегон его через каналы ведут к разрушению откосов, дна, устьев коллекторов, креплений. Нередко на тракторах, автомобилях и гужевом транспорте переезжают каналы в произвольных местах, вызывая серьезные деформации. Иногда для организации переезда канал засыпают грунтом, хворостом, соломой и другими предметами, что выводит его из строя. Часто каналы засоряют камнями, убранными с полей, сорняками, послеуборочными отходами, старыми ящиками для овощей и шинами от автомобилей, негодными частями от сельскохозяйственной техники, устраивают запруды для забора воды на поливы или ловли рыбы.

Задание 1. Определение объемов деформаций элементов гидромелиоративной системы

Виды и объемы деформаций мелиоративной системы необходимо определить по каждому элементу.

1. Заращение открытой сети травяной и сорной растительностью. Окашиванию подлежат откосы и бермы каналов. Для определения площади окашивания можно пользоваться схемой, приведенной на рис. 2.1.

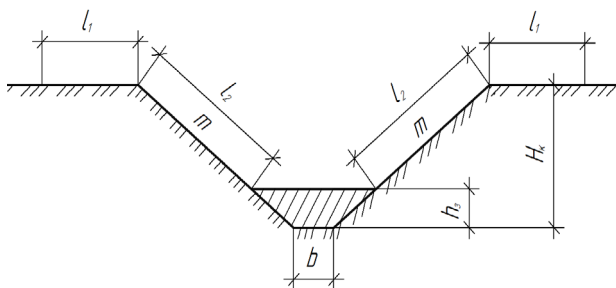


Рис. 2.1. Схема к определению объемов заиления и зарастания открытой сети

Площадь окашивания каналов от травяной и сорной растительности определяют по следующим формулам:

$$F_{\text{ок}} = l_{\text{ок}} \cdot L_{\text{кан}};$$

$$l_{\text{ок}} = 2(l_1 + l_2),$$

где $F_{\text{ок}}$ – площадь окашивания канала, м²;

$l_{\text{ок}}$ – ширина полосы окашивания, м;

$L_{\text{кан}}$ – длина канала, м;

l_1 – ширина бермы, которая принимается в зависимости от габаритов канала ($l_1 = 1,0\text{--}2,0$ м);

l_2 – длина окашиваемого откоса, определяемая по формуле:

$$l_2 = \sqrt{(H_{\text{к}} - h_3)^2 + [m(H_{\text{к}} - h_3)]^2},$$

где $H_{\text{к}}$ – глубина канала, м;

h_3 – высота заиления в канале, которая определяется по формуле:

$$h_3 = h_3^{\text{год}} \cdot N,$$

здесь $h_3^{\text{год}}$ – слой заиления за 1 год эксплуатации, м (табл. 2.5);

N – количество лет эксплуатации системы, лет (табл. 2.5);

m – коэффициент заложения откоса.

2. Заиление открытой сети.

Объем заиления можно определить по формуле:

$$W_3 = \omega_3 \cdot L_{\text{кан}},$$

где W_3 – объем заиления, м;

ω_3 – площадь заиления поперечного сечения канала, рассчитывается по формуле:

$$\omega_3 = (b + mh_3)h_3,$$

здесь b – ширина канала по дну, м;

3. Заращение канала древесно-кустарниковой растительностью (ДКР). Для определения объемов работ необходимо пользоваться расчетной схемой, приведенной на рис. 2.2.

Площадь удаления древесно-кустарниковой растительности рассчитывают по формуле:

$$F_{\text{отк}}^{\text{ДКР}} = A \cdot L_{\text{кан}},$$

где $F_{\text{отк}}^{\text{ДКР}}$ – площадь удаления древесно-кустарниковой растительности с откосов канала, м²;

A – периметр сечения канала, подверженный зарастанию, м;
 $L_{\text{кан}}$ – длина участка канала, подверженная зарастанию, м.

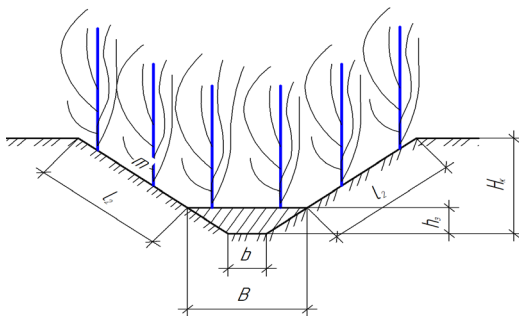


Рис. 2.2. Схема для определения объемов работ по сводке ДКР на канале

Периметр сечения канала, подверженный зарастанию, определяется по формуле:

$$A = 2l_2 + B,$$

где B – ширина заиления дна канала, м.

$$B = b + 2mh_3.$$

Полученные в результате расчетов данные сводят в ведомость объемов работ по удалению ДКР (табл. 2.1).

Таблица 2.1. **Ведомость удаления ДКР с откосов канала**

№ п/п	Наименование канала	Участок, подверженный зарастанию	Степень зарастания	Периметр зарастания (A), м	Площадь зарастания ($F_{\text{отк}}^{\text{ДКР}}$), м ²
1	М-1	ПК6–8+35	Средняя	7,1	1668,5

4. Разрушение крепления откосов канала. При определении объемов работ по данной деформации необходимо указать количество откосов, на которых произошло разрушение крепления, и площадь, подверженную разрушению.

Площадь разрушения крепления откосов определяют по формуле:

$$F_{\text{отк}} = l_{\text{ср}}^{\text{отк}} \cdot n \cdot L_{\text{кан}},$$

где $F_{\text{отк}}$ – площадь разрушения крепления откосов канала, м^2 ;

$l_{\text{ср}}^{\text{отк}}$ – средняя ширина откоса, подверженного разрушению (принимается от 0,9 до 1,6 м);

n – количество откосов;

$L_{\text{кан}}$ – длина участка канала, на котором произошла деформация, м.

5. Размыв откосов канала сосредоточенным поверхностным стоком. Объем грунта, подвергшийся размыву, определяют по формуле:

$$W_p = \left(\frac{h_p^2 b_p}{2} + \frac{h_p^3 m}{3} \right) \frac{m_1 - m}{m_1},$$

где W_p – объем грунта, подвергшийся размыву, м^3 ;

h_p – глубина размыва, м (рис. 2.3);

b_p – ширина размыва по дну (0,15–0,25 м);

m – коэффициент заложения откоса канала;

m_1 – коэффициент заложения полосы размыва, принимаемый в зависимости от заложения откоса канала (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Величина заложения полосы размыва (m_1) в зависимости от заложения откоса канала (m)

m	1,25	1,5	1,75	2,0
m_1	1,4–1,75	1,7–1,85	1,9–2,1	2,15–2,35

Схема для определения объемов работ приведена на рис. 2.3.

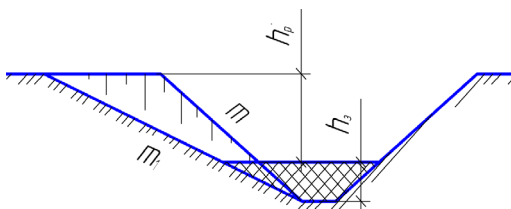


Рис. 2.3. Схема для определения объемов работ по размыву откоса

Культуртехнические мероприятия. В процессе эксплуатации системы часть площадей зарастает древесно-кустарниковой растительностью, что в свою очередь приводит к уменьшению посевных площадей. Для определения объемов работ по сводке древесно-кустарниковой растительности студенту необходимо на плане мелиоративной системы определить количество контуров, подверженных

зарастанию, определить густоту кустарника. Площадь зарастания можно определить при помощи палетки, планиметра или делением площади сложной фигуры на простые, с дальнейшим их суммированием. На основании полученных данных составляется ведомость объемов культуртехнических работ (табл. 2.3).

Таблица 2.3. **Ведомость объемов культуртехнических работ**

№ п/п	Номер контура	Современное состояние	Перспективное использование	Площадь контура при густоте кустарника, га		
				Редкого	Среднего	Густого
	1	Закустарен	Пашня	2,62	—	—
	2	Закустарен	Пашня	—	3,69	—
Итого...				2,62	3,69	—

Результаты определения видов и объемов деформаций оформляют в виде дефектной ведомости. Пример заполнения дефектной ведомости приведен в табл. 2.4.

Таблица 2.4. **Дефектная ведомость**

Наименование канала, сооружения	Вид повреждения	Характеристика повреждений	Объемы и содержание ремонтных работ
Канал М	Зарастание	Состав растительности по дну, откосам, бермам, густота	Объемы (м ²), окашивание
	Заиление	Заиление канала наносами	Объемы (м ³), очистка канала от наносов
Канал М-1	Зарастание канала ДКР	Зарастание русла канала ДКР средней густоты	Объемы (м ²), вырубка кустарника
Канал М-2	Разрушение крепления откосов	Обрушение откосов канала	Объемы (м ³), подсыпка грунта, планировка, крепление откосов
Канал М-3	Размыв откосов канала	Размыв откосов сосредоточенным стоком	Устройство воронок стока, кол-во
Труба-переезд ТП-4	Элементы сооружения с повреждениями	Степень износа и виды разрушения элементов	Требуемые ремонтные работы

Примечание. И т. д. в соответствии с выявленными дефектами (деформациями).

Объем работ по элементам мелиоративной системы устанавливают с использованием исходных данных (табл. 2.5).

Таблица 2.5. Исходные данные для выполнения задания 1

Вариант	Зарастание сорной и травяной растительностью		Срок эксплуатации	Заиливание за 1 год, см	Зарастание русла канала ДКР		Разрушение крепления откосов канала	Размытие откосов канала сосредоточенным поверхностным стоком
	Канал	Параметры			Канал	Степень		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Д, $L = 3000$ м Д-2, $L = 1150$ м	$H = 2,2$ м $b = 0,6$ м $m = 1,5$	25	2,5	Д-2, (ПК4–8)	Средняя	Д (ПК4–4+40) Д-2 (ПК2–4)	Д (ПК12; 16; 4+40) Д-2 (ПК2+30; 7)
2	Т-1, $L = 1700$ м Т-1-1, $L = 1300$ м	$H = 2,1$ м $b = 0,8$ м $m = 1,25$	28	2,4	Т-1-1 (ПК1+20–4)	Редкая	Т-1-1 ($\Delta 5$ –8+30) Т-1 ($\Delta 13$ –16+30)	Т-1 (ПК10; 2+30) Т-1-1 (ПК3+45; 9+15)
3	Д-1, $L = 2450$ м Д-1-1, $L = 835$ м	$H = 2,4$ м $b = 0,6$ м $m = 1,75$	30	2,3	Д-1 (ПК3–8+50)	Редкая	Д-1 (ПК21–24+50) Д-1-1 (ПК3–8+35)	Д-1 (ПК12; 16; 4+40) Д-1-1 (ПК2+30; 7)
4	В-1, $L = 2100$ м В-1-1, $L = 2500$ м	$H = 2,6$ м $b = 1,0$ м $m = 1,25$	26	2,2	В-1-1 (ПК8+20–12)	Густая	В-1 (ПК3–6+60) В-1-1 (ПК19+10–23)	В-1 (ПК3; 4+10; 5+15) В-1-1 (ПК2; 4+85)
5	Р-1, $L = 1850$ м Р-1-1, $L = 720$ м	$H = 2,0$ м $b = 0,4$ м $m = 1,5$	31	2,1	Р-1-1 (ПК6–7+20)	Редкая	Р-1 (ПК1–5+60) Р-1-1 (ПК0–3+30)	Р-1 (ПК5+10; 10) Р-1-4 (ПК3; 6+15)
6	К-1, $L = 2580$ м К-1-1, $L = 2000$ м	$H = 2,2$ м $b = 0,8$ м $m = 1,75$	30	2,0	К-1-1 (ПК6–9+70)	Густая	К-1-1 (ПК0–4+25) К-1 (ПК3–10+50)	К-1 (ПК3; 12; 13) К-1-2 (ПК11; 16; 20)
7	Л, $L = 2780$ м Л-2, $L = 1650$ м	$H = 2,3$ м $b = 1,0$ м $m = 2,0$	29	1,9	Л (ПК18–25)	Средняя	Л (ПК8+25-12) Л-2 (ПК6-9+35)	Л ($\Delta 9$; 12+40; 17) Л-2 ($\Delta 5$; 7+40; 10)
8	П-1, $L = 1750$ м П-1-1, $L = 1230$ м	$H = 2,3$ м $b = 1,0$ м $m = 2,0$	25	1,8	П-1-1 (ПК9–12+60)	Редкая	П-1 (ПК3+40–8) П-1-1 (ПК8+15–10+96)	П-1 (ПК4; 6+65) П-1-1 (ПК2; 3+45; 6)

9	К-1, $L = 1950$ м К-1-1, $L = 980$ м	$H = 1,9$ м $b = 0,6$ м $m = 1,75$	32	1,7	К-1-1 (ПК2–6+80)	Средняя	К-1 (ПК16+30–13) К-1-2 (ПК1–3+30)	К-1 (ПК3; 11; 17+10) К-1-2 (ПК1+20; 9)
10	В-1, $L = 2710$ м В-1-1, $L = 780$ м	$H = 2,2$ м $b = 0,6$ м $m = 1,25$	33	1,6	В-1-5	Густая	В-1 (ПК3–6+35) В-1-1 (ПК3+90–5+75)	В-1 (ПК6; 12; 26) В-1-2 (ПК3; 4; 5+50)
11	Н-1, $L = 3320$ м Н-1-1, $L = 2830$ м	$H = 2,3$ м $b = 0,8$ м $m = 1,25$	36	1,5	Н-1-1 (ПК4+35–7)	Средняя	Н-1 (ПК3–5+75) Н-1-1 (ПК2+50–4)	Н-1 (ПК12; 28; 31) Н-1-1 (ПК14; 20; 26)
12	Б-1, $L = 2150$ м Б-1-1, $L = 1210$ м	$H = 2,4$ м $b = 1,0$ м $m = 1,5$	38	1,5	Б-1 (ПК6–9+25)	Редкая	Б-1 (ПК3–5+20) Б-1-1 (ПК5+10–8)	Б-1 (ПК4; 9+15; 21) Б-1-4 (ПК10; 11)
13	Ж-1, $L = 1500$ м Ж-1-2, $L = 1300$ м	$H = 2,4$ м $b = 0,6$ м $m = 1,75$	40	1,6	Ж-1 (ПК10–13+25)	Густая	Ж-1 ($\Delta 3$ –4+95) Ж-1-2 ($\Delta 2$ +80–5+15)	Ж-1 ($\Delta 4$ +15; 6; 8+35) Ж-1-2 ($\Delta 8$; 10+65)
14	Р-2, $L = 2100$ м Р-2-2, $L = 1100$ м	$H = 2,5$ м $b = 0,6$ м $m = 1,25$	41	1,7	Р-2-2 (ПК5–8+25)	Средняя	Р-2 (ПК13–17+20) Р-2-2 (ПК6–9+35)	Р-2 (ПК12+25; 14; 18) Р-2-2 (ПК4+25; 10)
15	М-3, $L = 1050$ м М-3-2, $L = 1350$ м	$H = 2,6$ м $b = 1,0$ м $m = 1,25$	35	1,8	М-3-2 (ПК3–6+85)	Редкая	М-3 (ПК4+36–9) М-3-2 (ПК9+75–12)	М-3 (ПК5; 7+30; 10) М-3-2 (ПК2; 0+95)
16	П, $L = 2000$ м П-3, $L = 960$ м	$H = 2,0$ м $b = 0,6$ м $m = 2,0$	37	1,9	П (ПК7+50–9)	Густая	П (ПК3–6+80) П-3(ПК4+15–9+20)	П (ПК7; 12+35; 19) П-2 (ПК7; 8+10)
17	М, $L = 1820$ м М-3, $L = 760$ м	$H = 2,1$ м $b = 0,8$ м $m = 1,75$	33	2,0	М-3 (ПК3+30–7)	Средняя	М (ПК12+25–15) М-3 (ПК3+25–4+95)	М (ПК3; 13; 17) М-3 (ПК1+15; 6)
18	О, $L = 1620$ м О-2, $L = 2150$ м	$H = 2,2$ м $b = 0,6$ м $m = 1,25$	31	2,1	О-2 (ПК0+35–4)	Редкая	О (ПК6+35–9) О-2 (ПК14–19+25)	О (ПК12; 14+50) О-2 (ПК6; 7+20)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
19	Р, $L = 2780$ м Р-2, $L = 2150$ м	$H = 2,3$ м $b = 1,0$ м $m = 1,25$	28	2,2	Р-2 (ПК11-12+90)	Густая	Р (ПК23–25+45) Р-2 (ПК4+15-6)	Р (ПК1+25; 11; 16) Р-2 (ПК3; 10)
20	Н-3, $L = 2200$ м Н-3-2, $L = 845$ м	$H = 1,9$ м $b = 0,6$ м $m = 1,5$	25	2,3	Н-3-2 (ПК6–8+45)	Средняя	Н-3 (ПК5; 11+30) Н-3-2 (ПК1–3+30)	Н-3 (ПК12; 16; 21) Н-3-2 (ПК3+30; 6)
21	Д, $L = 1680$ м Д-1, $L = 600$ м	$H = 1,9$ м $b = 0,8$ м $m = 1,75$	26	2,4	Д (ПК2–4+35)	Редкая	Д (ПК12–15+10) Д-1 (ПК1–3+20)	Д (ПК5+20) Д-1 (ПК4+10; 5+35)
22	Г-1, $L = 1300$ м Г-1-1, $L = 1550$ м	$H = 2,0$ м $b = 0,6$ м $m = 1,25$	27	2,5	Г-1-1 (ПК7–14)	Средняя	Г-1 (ПК4–6+30) Г-1-1 (ПК2–4+75)	Г-1 (ПК11; 12+10) Г-1-1 (ПК1+25; 5)
23	Л-1, $L = 730$ м Л-1-1, $L = 1000$ м	$H = 2,1$ м $b = 1,0$ м $m = 1,25$	24	2,6	Л-1-1 (ПК8+20–10)	Средняя	Л-1 (ПК1–6+65) Л-1-1 (ПК3–7+20)	Л-1 (ПК1+75; 7) Л-1-1 (ПК1+25; 6+40)
24	В-1, $L = 1600$ м В-1-1, $L = 1800$ м	$H = 2,2$ м $b = 0,8$ м $m = 1,5$	21	2,7	В-1 (ПК0+60–5)	Редкая	В-1 (ПК7–11+25) В-1-1 (ПК6–8+15)	В-1 (ПК5; 10+15) В-1-1 (ПК12; 15+30)
25	Р-1, $L = 2000$ м Р-1-2, $L = 1310$ м	$H = 2,0$ м $b = 0,6$ м $m = 1,75$	25	2,8	Р-1 (ПК6–8+15)	Средняя	Р-1 (ПК9+10–12) Р-1-2 (ПК5–7+90)	Р-1 (ПК4; 9+15); Р-1-2 (ПК4; 11+10)

Задание 2. Устранение деформаций элементов системы

Для устранения определенных в задании 1 деформаций системы подбирают соответствующие технологии, машины и механизмы. Производство работ на объекте необходимо начинать после прохождения паводка при минимальных уровнях воды в каналах. До начала ремонтных работ должны быть решены вопросы материального снабжения, обеспечения деталями и необходимым оборудованием. Во время ремонта следует своевременно контролировать качество работ и соблюдение техники безопасности при их выполнении.

Окашивание берм и откосов каналов. Окашивание берм каналов следует выполнять косилками АС-1, КРН-2,1 на базе МТЗ-82.1, окашивание откосов – косилкой К-78 М, КРД-1,5 и РР-41 на базе МТЗ-82.1. Расстояние между ведущими колесами трактора и бровкой канала должно составлять не менее 1,0 м.

Так как технические нормы приведены на 1 км окашивания, то важное значение для определения стоимости работ имеет количество проходов по берме или откосу канала. Технические характеристики косилок приведены в табл. 2.6. Расчетная схема для определения количества проходов косилки приведена на рис. 2.4.

Таблица 2.6. Технические характеристики мелиоративных косилок

Показатель	Окашивание берм каналов			Окашивание откосов каналов		
	АС-1	КРН-2,1	К/ДН-210	К-78	РР-41	КРД-1,5
Базовая машина	МТЗ-80/82	МТЗ-80/82	МТЗ-80/82	МТЗ-80/82	ДТ-75	МТЗ-80/82
Тип косилки	Навесная	Навесная	Навесная	Навесная	Навесная	Навесная
Рабочая скорость, км/ч	15	15	15	0,5–5,0	5	12,0
Количество роторов, шт.	4	4	4	3	4	3
Ширина захвата, м	2,1	2,1	2,1	1,6	2,1	1,5
Производительность, га/ч	2,3	2,5	2,85	0,3	1,5–2,0	1,8
Ширина обрабатываемого откоса, м	–	–	–	3,5	5,0	3,5

Количество проходов при окашивании откоса определяют по формуле:

$$n = \frac{l_2}{l_3},$$

где l_2 – ширина окашиваемого откоса, м;

l_3 – ширина захвата косилки за 1 проход, м.

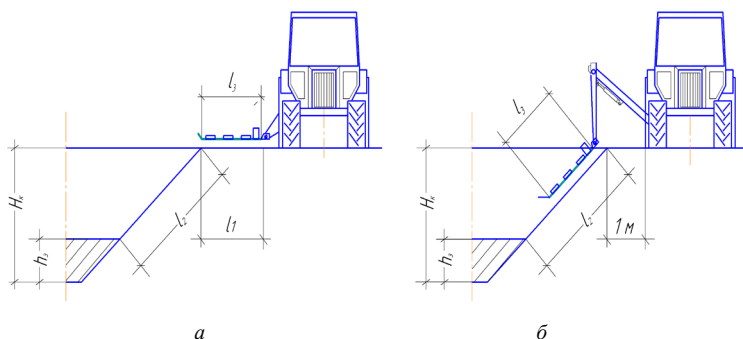


Рис. 2.4. Схемы для определения количества проходов косилок для окашивания:
а – бERM канала; б – откосов канала

Суммарную длину гона при окашивании бERM каналов от травяной растительности определяют по формуле:

$$L_{\Gamma}^{\text{бер}} = 2 \cdot L_{\kappa},$$

где L_{κ} – длина канала, на котором производится окашивание, км.

Количество проходов при окашивании откосов каналов зависит от длины откоса и принятой техники. При подборе машин необходимо стремиться к максимальной механизации процесса и руководствоваться следующими ограничениями:

- окашивание откоса шириной менее 0,45 м необходимо выполнять вручную ввиду экономической неэффективности применения механизированного способа;

- величина перекрытия предыдущего прохода косилки следующим не должна превышать 0,3 м.

Объем работ по доработке откосов канала вручную определяют по формуле:

$$F_{\text{ок}} = 2 \cdot l_{\text{ок}}^{\text{вр}} \cdot L_{\kappa},$$

где $F_{\text{ок}}$ – объем работ по доработке откосов канала вручную, м³;

$l_{\text{ок}}^{\text{вр}}$ – ширина откоса, окашиваемого вручную, м.

При окашивании откоса канала комплектом машин различных марок необходимо привести длину гона для каждой марки косилки отдельно. Суммарную длину гона при окашивании откосов каналов от травяной растительности определяют по формуле:

$$L_{\Gamma}^{\text{отк}} = 2 \cdot n \cdot L_{\kappa},$$

где n – количество проходов машины по откосу.

Например. Ширина окашиваемого откоса составляет 3,5 м. Выполнить окашивание возможно по следующим вариантам:

1. Два прохода К-78 м и 0,3 м доработка вручную.
2. Два прохода КРД-1,5 и 0,5 м доработка вручную.
3. Первый проход К-78М, второй – КРД-1,5, 0,4 м доработка откоса вручную.
4. Первый проход РР-41, второй – КРД-1,5, перекрытие 0,1 м.
5. Первый проход РР-41, второй – К-78М, перекрытие 0,2 м.

Наиболее оптимальным является вариант 4, так как работа выполняется механизированным способом и ширина перекрытия проходов минимальна.

Подчистка существующих каналов. Подчистку каналов можно выполнять одноковшовыми экскаваторами или каналоочистителями. Очистка каналов производится за одну или две проходки машины. Количество проходок машины зависит от величины наносов и параметров подчищаемого канала. Схема для очистки канала за один проход приведена на рис. 2.5.

Для очистки каналов за одну проходку экскаватором или каналоочистителем необходимо выполнение условия:

$$R_{\kappa}^{\max} \geq A,$$

где $R_{\kappa}^{\max}$ – максимальный радиус копания экскаватора при требуемой глубине канала, м;

A – расстояние от точки крепления стрелы до грани подчистки, м.

$$R_{\kappa}^{\max} = \sqrt{l_{\text{срк}}^2 - (h_{\text{п}} + h_{\text{под}})^2},$$

где $l_{\text{срк}}$ – расстояние между осью пяты стрелы и режущей кромкой ковша экскаватора (рис. 2.5);

$h_{\text{п}}$ – высота пяты стрелы экскаватора (каналоочистителя), м;

$h_{\text{под}}$ – глубина канала до отметки подчистки, м.

Расстояние между осью пяты стрелы и режущей кромкой ковша на отметке стоянки определяют по формуле:

$$l_{\text{срк}} = \sqrt{h_{\text{п}}^2 + R_{\kappa}^2},$$

где R_{κ} – радиус копания экскаватора, м.

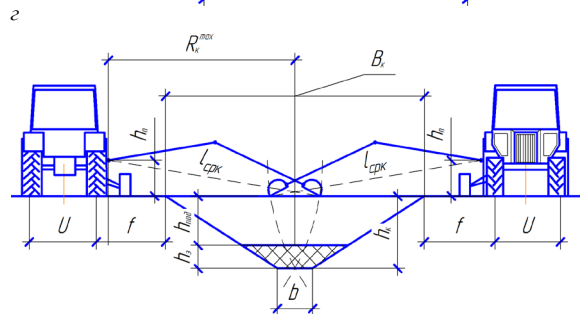
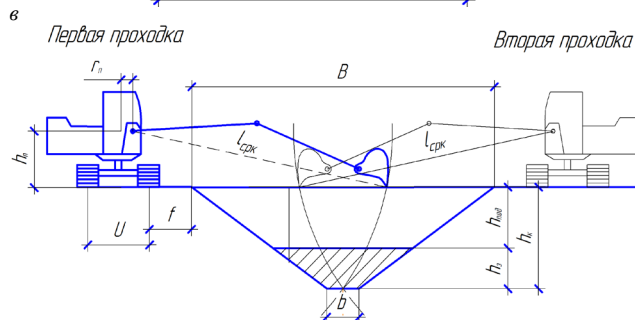
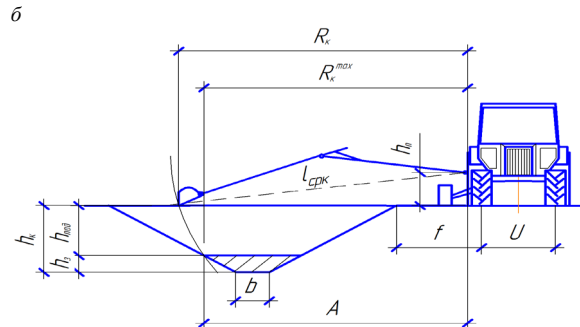
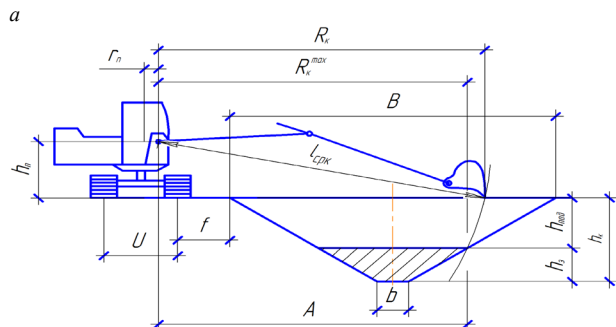


Рис. 2.5. Схемы для определения возможности подчистки каналов:
a – одноковшовым экскаватором за один проход; *б* – каналоочистителем за один проход;
в – одноковшовым экскаватором за два прохода; *г* – каналоочистителем за два прохода

Расстояние от точки крепления стрелы до границы подчистки возможно определить по следующим формулам:

– для одноковшовых экскаваторов

$$A = \frac{U}{2} - r_{\text{п}} + f + (h_{\text{к}} - h_3)m + b + 2 \cdot h_3 \cdot m,$$

где U – колея экскаватора, м;

$r_{\text{п}}$ – радиус пяты стрелы экскаватора (каналоочистителя), м;

f – безопасное расстояние до бровки канала (1 м), м;

$h_{\text{к}}$ – глубина канала, м;

h_3 – высота слоя заиления, м;

m – заложение откосов канала;

b – ширина канала по дну, м;

– для каналоочистителя ОКН

$$A = f + (h_{\text{к}} - h_3)m + b + 2 \cdot h_3 \cdot m.$$

При подчистке каналов за две проходки машины необходимо выполнение следующих условий:

– для одноковшовых экскаваторов

$$2 \cdot R_{\text{к}}^{\text{тп}} \geq B_{\text{к}} + 2 \left(\frac{U}{2} - r_{\text{п}} + f \right),$$

где $R_{\text{к}}^{\text{тп}}$ – радиус копания экскаватора при требуемой глубине канала, м;

$B_{\text{к}}$ – ширина канала по верху, м;

– для каналоочистителя

$$2 \cdot R_{\text{к}}^{\text{тп}} \geq B_{\text{к}} + 2 \cdot f.$$

Ширину канала по верху определяют по формуле:

$$B_{\text{к}} = b + 2 \cdot h_{\text{к}} \cdot m.$$

Технические характеристики машин, применяемых для очистки каналов, приведены в табл. 2.7.

В начале по объему выемки наносов на 1 п.м., определенному в задании 1, подбираем машину для очистки каналов. При объемах выемки до $0,5 \text{ м}^3$ принимаем каналоочиститель ОКН-0,5; от $0,5$ до 1 м^3 – экскаватор ЭО-3211В; свыше 1 м^3 – ЭО-3223 или ЭО-411Б.

Таблица 2.7. Технические характеристики машин для очистки каналов

Показатели	Ед. изм.	Одноковшовые экскаваторы			Каналоочиститель
		ЭО-3211В	ЭО-3223	ЭО-4111В	ОКН-0,5
Производительность	м³/ч	21–26	15	36–42	24
Вместимость ковша	м³	0,4	0,5	0,65	0,2
Радиус копания	м	8,2	8,6	10,16	6,62
Глубина копания	м	5,0	5,3	6,9	2,0
Радиус выгрузки	м	7,0	8,2	8,1	5,6
Радиус пяты стрелы	м	0,65	0,36	1,0	0
Высота пяты стрелы	м	1,4	1,69	1,5	0,99
Колея	м	3,14	2,36	2,88	2,32
Рекомендуемые объемы выемки	м³/м	0,5–1,0	1,0–2,0	1,0–2,0	0,15–0,5

Разравнивание грунта. Для разравнивания грунта, вынутого при подчистке каналов на мелиоративной системе, используются бульдозеры. Важным показателем при разравнивании грунта являются слой разравнивания и длина пути разравнивания. Слой разравнивания равен 0,1–0,15 м. Длина пути разравнивания зависит от слоя разравнивания и определяется по формуле

$$L_{\text{раз}} = \frac{W_p \cdot k_p}{t},$$

где W_p – объем разравниваемого грунта на 1 пог. м, м³;

k_p – коэффициент разрыхления грунта;

t – слой разравнивания грунта, м.

Схема для определения пути разравнивания приведена на рис. 2.6.

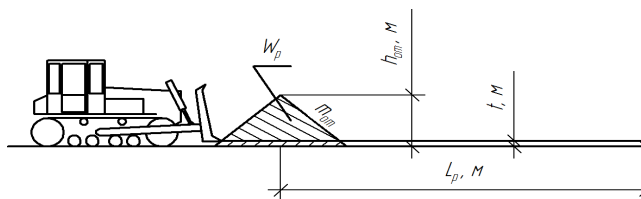


Рис. 2.6. Схема для определения длины пути разравнивания

Объем разравниваемого грунта (W_p , м³) определяется по формуле:

$$W_p = \frac{m_{\text{от}}(h_{\text{от}} - t)^2}{k_p},$$

где W_p – объем разравниваемого грунта на 1 пог. м, м³;

$m_{от}$ – коэффициент заложения откоса отвала грунта;

$h_{от}$ – высота отвала грунта, м.

Коэффициент заложения откоса грунта зависит от угла естественного откоса грунта и определяется по формуле:

$$m_{от} = \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi_{от}},$$

где $\varphi_{от}$ – угол естественного откоса грунта.

Высота отвала грунта, вынутого при подчистке каналов, рассчитывается по формуле:

$$h_{от} = \sqrt{\sum W_p \cdot k_p \cdot \frac{1}{m_{от}}}.$$

Физико-механические свойства грунтов приведены в табл. 2.8.

Таблица 2.8. **Физико-механические свойства грунтов**

№ п/п	Наименование грунта	Коэффициент разрыхления, k_p	Угол естественного откоса, $\varphi_{от}$
1	Супесь	1,14	36
2	Суглинок легкий	1,22	40
3	Суглинок средний	1,24	43
4	Торф	1,28	36

Удаление древесно-кустарниковой растительности на откосах каналов. Сводка древесно-кустарниковой растительности является первым технологическим этапом при выполнении работ по ремонту и реконструкции мелиоративных каналов, а также может выполняться как независимый этап при выполнении уходных работ. Данная рабочая операция позволяет создать необходимые условия для последующих операций. Сводку наземной части кустарника производят вручную ранцевыми кусторезами или вырубкой топором. Сведенный кустарник укладывают в кучи на берме и вывозят к местам складирования для дальнейшей переработки на технологическую щепу.

При производстве работ по удалению ДКР необходимо конкретизировать объемы выполняемых работ. В табл. 2.9 приведены объемы работ при сводке и утилизации 1 га кустарниковой растительности в зависимости от его характеристик.

Таблица 2.9. **Объемы работ при сводке и утилизации 1 га кустарника**

Характеристика кустарника	Объем древесины, м ³		Масса древесины, т	Объем корневых остатков м ³		Масса корневых остатков, т
	плотной	складометров		плотных	складометров	
Густой	26,5	245	19,88	9,8	39,2	7,35
Средний	14,6	135	10,95	5,4	21,6	4,05
Редкий	6,0	56	4,50	2,2	8,8	1,65

Корневые остатки корчуют при помощи кустодера и утилизируют путем захоронения. После проведения корчевки профиль канала необходимо восстановить путем планировки рельсовой волокушей.

Крепление откосов канала посевом трав. При срезке откосов в процессе ремонта и реконструкции каналов, устроенных в минеральных грунтах, для роста трав и создания дернины перед посевом трав требуется нанесение на поверхность откосов слоя почвы (растительного грунта), содержащей от 2 до 4 % гумуса.

Особенностью процесса залужения откосов каналов является то, что большой уклон поверхности откосов исключает возможность использования имеющихся в наличии на предприятиях мелиоративных систем почвообрабатывающих механизмов для подготовки поверхности откосов к посеву, а также для нанесения, разравнивания на откосах растительного грунта.

В торфяных и заторфованных грунтах, содержащих большое количество органического вещества в результате осушения и внесения минеральных удобрений, процесс почвообразования происходит достаточно быстро и поэтому подсыпка растительного грунта на откосы канала перед посевом трав не требуется.

Размытие канала сосредоточенным поверхностным стоком. В процессе ежегодного таяния снега на откосах каналов наблюдается размыв откоса сосредоточенными потоками поверхностных вод. Ликвидацию данной деформации осуществляют устройством открытой водосбросной воронки. Типовая открытая водосбросная воронка расходом до 25 л/с приведена на рис. 2.7.

Запроектированные открытые воронки стока сводят в ведомость устройства воронок (табл. 2.10). Воронка представляет собой лоток трапецидального сечения шириной по дну 0,5 м, заложением откосов $m = 5$. Дно и откосы воронки до уровня бытового горизонта крепятся одерновкой плашмя по слою растительного грунта толщиной 6–8 см, а ниже производится отсыпка из гравийно-песчаной смеси толщиной 15 см.

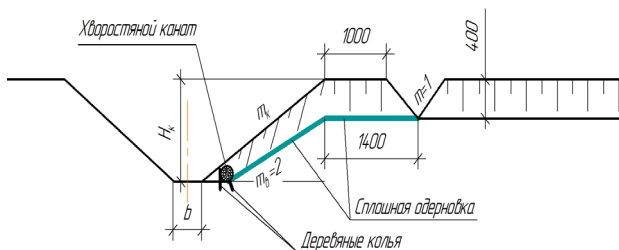


Рис. 2.7. Открытая водосборная воронка расходом до 25 л/с

Таблица 2.10. Вedomость устройства открытых воронок стока

Наименование водотока	Пикет устройства		Расчетный расход, л/с	Шифр воронки	Количество воронок при глубине канала, м		
	левый берег	правый берег			до 1,5 м	1,5–2,0 м	2,0–2,5 м
К-1-3	3+45	–	23	ВВ-1	1	–	–
К-1	4+15	12+75	17	ВВ-1	–	2	–
Итого...	–	–	–	–	1	2	–

Конструкция воронки представляет собой лоток трапециевидного сечения шириной до 0,5 м, заложением откоса $m = 5$. Дно и откосы воронки крепят одерновкой по слою растительного грунта толщиной 6–8 см. В конце лотка укладывают хворостяной канат.

3. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАБОТЫ НА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ

3.1. Надзор и уход за гидромелиоративными системами

Надзор и уход за мелиоративной системой – это систематическое наблюдение за работой всех ее элементов с целью выявления и своевременного предупреждения, а также устранения повреждений и неисправностей. Надзор и уход нужно проводить непрерывно с момента принятия системы в эксплуатацию. Посредством надзора оценивают работоспособность и надежность сооружений, водный режим мелиорированных земель, выявляют недостатки и на основании этого составляют планы работы по уходу и ремонту. Проводит надзор эксплуатационный персонал предприятия не менее 2 раз в месяц. Особое внимание уделяется участкам, которые чаще подвергаются разрушениям или расположены вблизи населенных пунктов и в неустойчивых

грунтах, а также состоянию водорегулирующих и дорожных сооружений, дренажных устьев, смотровых и поглощительных колодцев, дамб, плотин и других элементов. Не реже одного раза в 2 года в порядке надзора проводится нивелировка каналов и водоприемников. Полученные отметки элементов русла наносят на исполнительные профили. Систематическое накопление данных позволяет делать выводы и прогнозы о характере деформации русел.

От того, насколько систематически и своевременно осуществляют надзор и уход, зависят сроки проведения ремонтов, безаварийная работа каналов и сооружений, нормальное сельскохозяйственное использование осушаемых земель.

К мероприятиям по надзору относятся: контроль за соблюдением правил пользования элементами осушительной системы и предохранение их от повреждений, вызываемых нарушением этих правил; контроль за соблюдением противопожарных мероприятий на торфяных массивах, своевременное выявление очагов пожара; контроль за мелиоративным состоянием и использованием мелиорированных земель в соответствии с проектами; контроль за проведением агромелиоративных мероприятий и соблюдением правил агротехники на мелиорированных землях; наблюдение за работой системы и выявление причин, вызывающих разрушение или нарушение работы ее отдельных элементов; выявление мест возможного возникновения аварий; наблюдение за водным режимом на осушаемой территории посредством проведения измерений на гидрометрических постах, наблюдательных колодцах и скважинах; выявление лиц, причинивших ущерб мелиоративной системе, и принятие к ним мер в соответствии с установленным законодательством; визуальный периодический осмотр и инструментальная проверка параметров сети; составление актов обследования сети и сооружений на ней.

С нарушителями правил пользования элементами осушительных систем нужно вести постоянную борьбу. Необходимо проводить разъяснительную работу среди землепользователей персонально и на собраниях работников хозяйства, через местную печать. На дорогах при въезде на мелиорированную территорию, а также на каналах, дамбах и сооружениях должны быть установлены специальные щиты с изложением правил пользования отдельными элементами и системой в целом.

Технический уход – постоянно выполняемые работы по профилактике, предупреждению и устранению мелких повреждений. В задачи ухода за осушительной системой входит проведение мероприятий, обеспечивающих поддержание ее в работоспособном состоянии и со-

здание условий для нормального хозяйственного использования мелиорированной площади с целью получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Эксплуатация осушительных систем сводится к сезонным работам по уходу за водоприемниками, каналами, дренажем, гидротехническими сооружениями, водохранилищами, насосными станциями, дамбами обвалования, дорогами, дождевальной техникой, постами эксплуатационной гидрометрии и береговой обстановкой.

Содержание дренажных систем заключается в периодическом осмотре устьев, смотровых, водопоглощающих и регулирующих колодцев, осмотре состояния поверхности дренированной площади. После прохода паводка необходимо ликвидировать образовавшиеся над устьем просадки грунта и исправить крепления. Отстойники смотровых колодцев и колодцев-регуляторов нужно очистить от наносов, устранить появившиеся неисправности, побелить известью надземные части. Просадка грунта над дренами, медленное просыхание почвы, застой воды в виде луж, изреживание или гибель растений свидетельствуют о наличии неисправностей на дренажных линиях. Следует определить неисправность и устранить ее. Для определения места повреждения дренажа можно использовать метод ручного бурения скважин над дренай или коллектором. Повреждение будет находиться между теми скважинами, в которых уровни грунтовых вод резко отличаются (рис. 3.1).

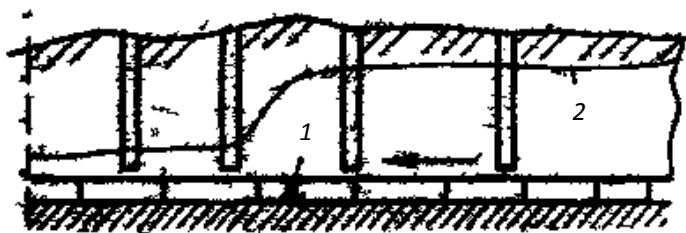


Рис. 3.1. Определение места повреждения дренажа:
1 – место закупорки дрены; 2 – УГВ

Для контроля состояния дренажных систем рекомендуют проводить их осмотр и нивелировку, систематические наблюдения за дренажным стоком, динамикой уровней грунтовых вод и влажности корнеобитаемого слоя почвы.

Содержание гидросооружений заключается в надзоре за их состоянием, охране от повреждений, поддержании в исправности. Необходи-

димо внимательно изучать причины возникновения неисправностей и предупреждать их возникновение. В порядке ухода за гидросооружениями нужно обеспечивать безаварийный пропуск максимальных расходов воды, своевременно готовиться к пропуску ледоходов, все имеющиеся крепления перед и за сооружениями предохранять от разрывов и разрушений, своевременно ликвидировать возникшие повреждения. Участки канала на подходе и выходе сооружений, водопропускные отверстия труб-регуляторов, труб-переездов, мостов, шлюзов, дюкеров и других устройств не должны быть засорены. Имеющиеся на подъездных участках надолбы, а также перила сооружений нужно своевременно восстанавливать после разрушений. Затворы водоподпорных сооружений, пазы и уплотнения систематически осматривают и ремонтируют при просачивании воды. В летний период при проведении мероприятий по регулированию водного режима почвы сооружения частично, а некоторые и полностью (например, трубы-переезды на регулируемом канале) периодически то увлажняются, то высыхают. В результате на бетонных конструкциях появляются трещины, начинается коррозия бетона. Поэтому необходимо намокаемые участки покрывать битумом, все надводные части белить известью, а металлические конструкции окрашивать. Корродированные участки бетона тщательно очищают, промывают, затем проводят цементацию, затирают раковины пластичным раствором, изолируя от воды. Трещины забивают и затирают цементным раствором. Крупные каверны и выбоины ликвидируют с помощью опалубки. При осадке трубчатых сооружений (трубы-переезды и трубы-регуляторы) могут раскрываться стыки между отдельными звеньями. В образовавшиеся отверстия начинают просачиваться вода и грунт, что приводит к дальнейшему развитию деформации. В таком случае нужно отрыть шурф и с наружной стороны трубы провести бетонирование и гидроизоляцию стыка, с внутренней – затирку цементным раствором.

Подъемные механизмы затворов на водоподпорных сооружениях поддерживают в исправном состоянии с помощью очистки от песка и старой смазки, периодической смазки трущихся деталей свежими материалами, покраски. Если подъемники электрифицированы, то осматривают и ремонтируют электромоторы, редукторы, линии электропередачи, контактные соединения. Проверяют защиту электрооборудования от дождя, снега, пыли. Особенно тщательная проверка необходима в период подготовки к пропуску весеннего паводка. В летний период для регулирования водного режима почвы маневрируют затворами.

Пользователи мелиоративных систем и организации по эксплуатации мелиоративных систем при выполнении эксплуатационных работ обеспечивают:

- пропуск максимальных расходов весенних паводков расчетных обеспеченностей, не создающих подпора для нормальной работы проводящих каналов и регулирующей сети;

- предотвращение затопления осушенных земель паводками расчетной обеспеченности на протяжении летнего и осеннего периодов;

- уровень режим, не создающий подпор для нормальной работы проводящих, регулирующих каналов, закрытых коллекторов дренажных систем, угрозы разрушения оградительных дамб польдерных мелиоративных систем и дамб защиты населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий;

- водоподачу в засушливые периоды согласно проекту мелиорации земель (водоподводящие каналы);

- защиту вод от взвешенных, биогенных веществ (пруды-отстойники, пруды-накопители, нагорно-ловчие каналы);

- предотвращение заиливания русла от ветровой эрозии почвы;

- оборудование в соответствии с проектом мелиорации земель водомерными постами, гидрометрическими створами, информационными знаками в установленном законодательством порядке;

- соответствие параметров поперечного сечения и продольного уклона параметрам, заданным проектом, предотвращающим размыв или заиливание;

- укрепление русла водотоков и участков каналов, проходящих в слабоустойчивых грунтах;

- освобождение русла и откосов каналов от растительности, посторонних предметов, вызывающих подпоры воды и препятствующих механизированному обслуживанию;

- планировку откосов и бERM каналов, посев травы, свободное передвижение техники (ширина бERM – 2 м), отсутствие сорной растительности;

- сток поверхностных вод с прилегающих осушенных полей путем устройства воронок и ложбин, укрепление мест их сопряжения с откосами русла;

- свободный сток воды с устьев дренажных коллекторов;

- проточность неиспользуемых староречий, засыпку и планировку их в соответствии с проектом;

- своевременный отвод избыточных поверхностных и грунтовых вод с мелиорированных земель на системах одностороннего действия

и польдерного осушения, поддержание необходимой нормы осушения и влажности корнеобитаемой зоны в засушливые периоды вегетации на системах двухстороннего действия;

- своевременный перехват и отвод поверхностных и грунтовых вод с прилегающих территорий;

- планировку отвалов выемки грунта при очистке сети;

- соответствие оборудованных перемычек, водопоев, скотоперегонов проектам;

- закрепление и предотвращение размыва русла в местах впадения в них каналов низшего порядка;

- достаточность водопроводящей части сооружений для пропуска расчетных расходов заданной обеспеченности при уровнях, не нарушающих нормальную работу регулирующей сети, отсутствие наносов грунта, камней, растительности, льда и других предметов, препятствующих пропуску расходов воды;

- безаварийный пропуск расходов воды расчетных обеспеченностей, шуги и льда;

- отсутствие снега и льда в устьях коллекторов, отверстиях труб-регуляторов и труб-переездов, стенок шлюзов и других сооружений;

- оборудование номерными знаками и соответствующими указателями с указанием наименования канала, шифра и местоположения сооружения на канале;

- отсутствие трещин, разломов, каверн, оголенной арматуры, коррозии бетона, провалов грунта и осадочных воронок вдоль стен сооружений, повреждений крепления входной и выходной части и откосов русла;

- соответствие параметров величин фильтрации воды под основанием, откылками и заборными стенками сооружений параметрам, установленным проектом;

- оборудование подъездов и подходов, обеспечивающих эксплуатацию сооружений;

- предотвращение пропускания воды через затворы подпорных сооружений;

- поддержание на мелиорированных землях оптимального для сельскохозяйственных растений, лесов и иных насаждений водного режима;

- отсутствие на поверхности осушенных площадей вымочек после снеготаяния и выпадения дождей;

- величину отложения в дренажных трубах, не превышающую 25 % от площади сечения;

- предотвращение подмытия, разрушения, заиления, зарастания травой устьев коллекторов, нахождения их в подпоре, за исключением периодов прохождения паводков;
- очистку от наносов и мусора, предотвращение подмытия, застоя воды вокруг смотровых колодцев, колодцев-регуляторов, колодцев-поглотителей;
- покраску, нумерацию колодцев-регуляторов, колодцев-поглотителей, смотровых колодцев и установку около них предупреждающих знаков для исключения наезда сельскохозяйственной и лесохозяйственной техники;
- сохранность дренажных труб при проведении сельскохозяйственных работ и лесохозяйственных мероприятий;
- соответствие отметок, покрытия гребня, ширины по верху, заложения откосов дамб параметрам, заданным проектом;
- надежность работы и устойчивость дамб к разрушениям и деформациям (обвалы, оползни, оплывы, осыпи, трещины, просадки, борозды, выпор, пучение, размывы);
- отсутствие в местах сопряжения с сооружением просадок, пазух, промоин грунта, ходоземлеройных животных, выклинивания фильтрационных вод;
- соответствие параметров расходов фильтрационной воды и положения депрессионной кривой параметрам, заданным проектом;
- отсутствие фильтрации в сопряжении грунтовой дамбы с сооружением;
- закрепление верховых и низовых откосов дамб.

3.2. Виды эксплуатационных работ в разные периоды года

В состав работ по эксплуатации гидромелиоративных систем необходимо включать регулировочные мероприятия по управлению водным режимом почвы и мероприятия по его контролю.

Состав эксплуатационных работ в зимний период зависит от климатических условий и причины увлажнения территории. При грунтовом или грунтово-напорном водном питании объекта мелиорации и при оттепелях осушительная система работает в зимний период и должна сбрасывать избыточную воду. Эксплуатационный персонал проводит работы по своевременному отводу воды, по предохранению каналов и сооружений от разрушения плавающим льдом. Необходимо проводить работы по отводу воды из замкнутых понижений. Если на поверхности поля остается вода, то при понижении температуры обра-

зуется ледяная корка, под которой погибают озимые культуры. Зимой возможна срезка кустарника механизированным способом и вручную при глубине снега до 10 см. Проводят ремонт затворов и винтовых подъемников с частичной или полной их заменой, восстановлением резиновых уплотнений. В конце зимы ведут подготовку гидротехнических сооружений к безаварийному пропуску весеннего паводка.

Весенний период на осушительной системе является напряженным и ответственным в ее работе. Наибольшее число серьезных повреждений и разрушений приходится именно на этот период. Поэтому необходимо заранее подготовить систему к пропуску паводковых вод. На дренажных системах устья коллекторов очищают от снега; все сооружения и дамбы внимательно осматривают; обнаруженные ходы землероев, трещины, пазухи у сооружений ликвидируют путем перелопачивания грунта с трамбовкой или инъекции жидкого грунта с добавлением части цемента; подъемные механизмы щитов сооружений очищают и смазывают, делают опробование их работы; водопропускные отверстия сооружений очищают от снега, льда и мусора. Затворы шлюзов и труб-регуляторов должны быть полностью открыты. На крупных водотоках перед подъемом воды скалывают лед вокруг свай, боковых стенок, ледорезных устройств и т. п. Запасы аварийных материалов подвозят поближе к наиболее ответственным местам и складывают в незатопляемой зоне. Во время прохода паводка на дамбах и сооружениях организуют круглосуточное дежурство. При образовании заторов, на водотоках и у отверстий сооружений принимают срочные меры по их ликвидации.

После прохода паводка систему осматривают, определяют объемы повреждений и составляют план ликвидации возникших деформаций. Сроки восстановления системы должны быть сжатыми, чтобы к началу посевного периода она обеспечила требуемый водный режим почвы (уровень грунтовых вод должен находиться на глубине не менее 0,6 м, а влажность верхнего слоя почвы не должна быть более НВ). Проводятся обследования мелиорированных земель после схода снежного покрова, нанесение вымочек на картографический материал, составление дефектной документации; раскрытие и засыпка понижений и западин глубиной от 0,15 до 0,5 м при площади до 0,1 га местным или привозным грунтом; восстановление ложбин, раскрытие понижений и западин глубиной от 0,15 до 0,5 м при площади более 0,1 га и при большей глубине независимо от площади, ложбинами или колодцами-поглотителями с максимальной длиной ложбин 400 м.

Эксплуатация осушительной системы в летне-осенний период отличается большим перечнем работ по уходу за всеми входящими в ее состав элементами.

Одним из важных элементов осушительной системы является водоприемник, от состояния которого зависит работа всех звеньев системы. Нужно своевременно очищать водоприемник от травяной и кустарниковой растительности, наносов, завалов и др. Эту же работу необходимо выполнять на откосах и бермах.

Эксплуатация каналов осушительной системы в летний период заключается в поддержании их в исправном рабочем состоянии. Необходимо своевременно очищать каналы (откосы, бермы) и водопропускные воронки от наносов, травяной и древесной растительности, завалов и посторонних предметов. На каналах в летний период окашивают травяную растительность, исправляют откосы, крепят русла, устраивают дополнительные воронки, наблюдают за уровнями и расходами воды, проводят контрольную нивелировку, проверку отметок по продольным и поперечным профилям.

На осушительных системах в летний период сильно замедляется сток воды, а при атмосферном водном питании участка открытые каналы пересыхают, остаются лишь отдельные лужи, которые становятся очагами выплода личинок малярийного комара. Для предупреждения размножения насекомых можно периодически проводить промывку каналов свежей водой из водоисточника.

На осушенных торфяных массивах летом создаются условия для легкого возгорания торфяной залежи. Причиной возгорания могут послужить непогашенная спичка или окурок, разведение костров, вылетающие искры из выхлопных труб двигателей, выжигание сорной растительности. В результате пожара, если не принять своевременных мер для тушения, могут выгорать большие площади и эти территории выбывают из сельскохозяйственного использования. Образовавшиеся при этом углубления заполняются водой, и для восстановления земель требуются значительные дополнительные затраты. С целью предупреждения пожара необходимо вести разъяснительную работу среди населения, следить за соблюдением противопожарных мер, устанавливать при въездах на болото предупредительные щиты, организовывать добровольные пожарные дружины и дежурство на специально установленных вышках, по каждому торфяному массиву разработать противопожарные мероприятия.

Ответственность за соблюдение мер пожарной безопасности следует возлагать на руководителей сельскохозяйственных предприятий, механиков, трактористов и водителей машин, эксплуатационные мелиоративные организации.

На дренажных системах в летний период проводится промывка коллекторно-дренажной сети, восстановление нарушенных участков, сгущение дренажа в замкнутых понижениях в виде одиночных дренажей, устройство колонок-поглотителей и колодцев-поглотителей, поиск дренажных устьев и обозначение их знаками, очистка дренажных устьев и смотровых колодцев от наносов. Проводится планировка площадей мелиоративной системы длиннобазовым планировщиком с предварительной разработкой пласта в составе комплекса работ по организации поверхностного стока.

На гидротехнических сооружениях проводится заделка стыков железобетонных элементов, штукатурка бетонных частей сооружений, частичная замена элементов, очистка от загрязнений проезжей части плешев. Проводят очистку понуров, рисберм и звеньев труб-регуляторов, труб-переездов от земляных наносов и посторонних предметов, удаление сорной растительности. Выполняют восстановление поврежденных элементов эксплуатационной гидрометрии, береговой обстановки, предупреждающих и указательных знаков. На оросительных системах проводится послесезонное техническое обслуживание дождевального оборудования и насосных станций, обследование технического состояния и составление дефектных ведомостей и актов, консервация и постановка дождевальных машин, насосных станций и другого оборудования на зимнее хранение.

Лабораторная работа 1. Изучение внутрипочвенного увлажнения

Цель работы: практически освоить конструкцию и элементы техники внутрипочвенного орошения.

Задачи:

1. Изучить виды внутрипочвенного орошения, основные технологические схемы и условия их применения.
2. Ознакомиться с процессом передачи влаги в почву трубчатым увлажнителем.
3. Экспериментально определить удельный расход воды, передаваемый в почву увлажнителем и величину контура увлажнения в зависимости от времени полива.

4. Определить параметры теоретической кривой передачи влаги в почву увлажнителем и поливную норму.

Исходные данные и оборудование: грунтовый лоток с уложенным в нем трубчатым увлажнителем, оборудованный прозрачным экраном, расположенным перпендикулярно к увлажнителю, а также пьезометром и бачком (сосудом Мариотта) с уравнильным резервуаром, позволяющим подавать воду в увлажнитель с заданным напором и с изменением подаваемого объема; часы.

Общие положения. Передача влаги в почву увлажнителем подчиняется общим закономерностям впитывания воды в почву и может быть описана уравнением

$$q_0 = a + b / t^a,$$

где q_0 – удельный расход воды, передаваемый в почву увлажнителем, л/мин (на погонную длину 1 м);

t – время полива, мин;

a, b, α – эмпирические коэффициенты.

Параметр a определяют методом наименьших квадратов. В первом приближении его можно принять равным 80 % от минимального значения Δq_0 (в конце полива).

Для легко- и среднесуглинистых почв с достаточной для практики точностью можно принять $a = 1$. Тогда удельный объем воды, передаваемый увлажнителем в почву за время t , равен:

$$W = \int_{t_1}^t \left(a + \frac{b}{t} \right) dt = a(t - t_1) + b \ln \frac{t}{t_1}.$$

Учитывая неустановившийся режим работы увлажнителя, в начальный период время t_1 приближенно можно принять равным половине времени, необходимого для установления постоянного напора в увлажнителе. Тогда поливная норма m (м³/га), может быть определена по выражению:

$$m = 10 \frac{a(t-t_1) + b \ln \frac{t}{t_1}}{B},$$

где B – расстояние между увлажнителями, м;

10 – коэффициент размерности (пересчета в кубические метры на гектар).

Выполнение работы. Теоретическая часть работы выполняется на основе вышеизложенного.

Эксперимент проводят следующим образом:

Заполняют бачок (сосуд Мариотта) так, чтобы уровень воды находился на отметке «0» водомерного стекла.

Открывают вентиль, подавая тем самым воду из бачка через уравнительный резервуар в увлажнитель. Одновременно включают секундомер или отмечают время по часам и записывают в графу 1 табл. 3.1.

Таблица 3.1. Результаты опыта по изучению передачи влаги в почву увлажнителем

t_i , мин	Δt_i , мин	t_i^1 , мин	ΔW , л	Δq_0 , л/мин (на погонную длину 1 м)	b_i	q_0 , л/мин (на погонную длину 1 м)
1	2	3	4	5	6	7

С помощью пьезометра определяют время установления постоянного напора в увлажнителе, записывают его в графу 3 табл. 3.1. Одновременно по водомерному стеклу бачка определяют объем воды ΔW_i , переданный в почву увлажнителем за это время, и записывают его в графу 4 табл. 3.1.

По истечении определенных промежутков времени Δt_i (2...4 мин) определяют объемы воды ΔW_i , переданной увлажнителем в почву за эти промежутки времени. Одновременно на прозрачном экране фиксируют положение контура увлажнения. Опыт прекращают при резком замедлении бокового прироста контура увлажнения. В это время также наблюдается стабилизация расхода воды из увлажнителя (объемы воды ΔW_i за одинаковые промежутки времени Δt_i будут приблизительно одинаковы).

Рассчитывают удельные расходы воды по зависимости:

$$\Delta q_0 = \frac{\Delta W_i}{\Delta t_i \cdot L},$$

где L – длина увлажнителя, м.

Полученные данные заносят в графу 5 табл. 3.1.

Рассчитывают время t_i , соответствующее значениям Δq_0 , по формуле:

$$t_i^1 = t_i + \frac{\Delta t_i}{2},$$

где Δt_i – разность последующего и предыдущего отсчетов t_i , мин.

По данным граф 3 и 5 табл. 3.1 строят экспериментальную кривую передачи влаги в почву увлажнителем.

Рассчитывают значение параметра b . В связи с неизбежными погрешностями в опыте, вызванными принятыми допущениями и неточностью приборов, параметр b определяют, как средневзвешенную величину b_i (графа 6 табл. 3.1) по времени Δt_i . Исходя из уравнения ее определяют по зависимости:

$$b_i = \frac{\Delta q_0 - a}{t_i^1}.$$

Рассчитывают значения q_0 и строят теоретическую кривую передачи влаги в почву увлажнителем.

Рассчитывают поливную норму m (м³/га). За расстояние между увлажнителями B принимают максимальную ширину контура увлажнения, полученную в опыте.

Все промежуточные расчеты сводят в табл. 3.1.

4. РЕМОНТ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

4.1. Восстановление работоспособности закрытой дренажной сети

Основными элементами закрытой осушительной системы являются закрытые коллекторы и дрены-осушители, устья, смотровые колодцы, колонки-поглотители и др. На осушительно-увлажнительных системах закрытые коллекторы и дрены обеспечивают также подачу воды на увлажнение.

В условиях длительной эксплуатации появляются повреждения закрытого дренажа, приводящие (при их несвоевременном устранении) к выходу его из строя: заилиение коллекторов и дрен частицами грунта и железистыми соединениями; повреждение устьев в связи с размывом откосов каналов; деформация под воздействием промерзания и оттаивания грунта; закупорка устьев и коллекторов корнями растений, мелкими животными; уменьшение глубины дрен и каналов от осадки торфа; сдвиг и просадка отдельных трубок от неравномерной осадки грунта по длине дрен; продавливание строительными и сельскохозяйственными машинами; нарушение сопряжений устьев, коллекторов и дрен; заиливание колодцев, смещение железобетонных колец колодцев, заплывание колодца и полости закрытого коллектора грунтом; повреждение и кольматация защитного фильтрующего материала. В результате повреждений дренажных систем ухудшается водный режим на осушаемой площади, что приводит к снижению продуктивности мелиорированных земель.

Ремонт дренажа начинают с поиска трассы дренажных линий, которые обнаруживают визуально и зондирования щупом. Трассу дрены на поверхности участка обозначают вехами. Местонахождение дренажной линии может быть определено по более просохшей почве или более развитой растительности над ней, по наличию полос с примесью почвы из более глубоких слоев, впадин микрорельефа, по плотности почвы и ее неоднородности. Обнаруженные в процессе обследования устья коллекторов отмечаются по трассе канала вешками.

Ремонт дренажа включает очистку от наносов и корней растений, замену поврежденных трубок, исправление устьев коллекторов, смотровых и поглощающих колодцев. Ремонт дренажа следует начинать после очистки и исправления открытых собирателей, когда устья освобождены от подпора воды. Затем нужно исправить устья, смотровые и поглощающие колодцы, после чего отремонтировать поврежденные и заиленные участки дренажных линий.

Каналы при наличии в них дренажных устьев необходимо обследовать не реже одного раза в год, после прохождения весенних паводков. Обычно в этот период происходит самоочистка дренажа от наносов, поэтому в устьях коллекторов и в каналах отлагаются выносимые частицы грунта. Если эти наносы своевременно не удалять, то устье может оказаться полностью заиленным.

Обычно место выхода дренажного устья в канал начинают с поиска сбросного лотка путем зондирования через 10–20 см предполагаемого места его нахождения с помощью металлического щупа или отрывки траншеи в нижней части откоса параллельно водотоку. После обнаружения лотка производят его очистку вручную начиная от дна канала к устью. Устьевую трубу очищают механическим способом с помощью желобковой лопатки, специального бура или устройства ОД-100 конструкции РУП «Институт мелиорации». Устройство ОД-100 позволяет очищать не только устьевую трубу, но и устьевую часть коллектора.

В зависимости от характера повреждения восстановление работоспособности дренажного устья может производиться без замены его элементов, с частичной заменой и сохранением конструкции или полной заменой всех элементов без изменения или с изменением конструкции. Работы по восстановлению следует выполнять специализированным звеном в составе двух человек (бригадир – 5 р., рабочий – 3 р.) под постоянным контролем инженерной службы.

В начале выполняют работы по демонтажу поврежденных элементов. При замене устьевой трубы одновременно извлекают 3–4 трубки дренажного коллектора. Для разработки грунта при вскрытии устьевой

части используют одноковшовые экскаваторы на пневмоколесном ходу ЭО-2621 или ЭП-2620. Одновременно с демонтажем производят оценку возможности использования отдельных элементов и составляют перечень необходимых материалов индивидуально для восстановления каждого устья.

Перед началом работ по восстановлению дренажных устьев к месту производства работ доставляют необходимые элементы устьев и строительные материалы согласно перечню. Одновременно с доставкой материалов производят сбор и вывозку поврежденных элементов, подлежащих утилизации.

Выполнение работ по восстановлению дренажных устьев при полной замене всех элементов ведется в такой последовательности:

- доработка грунта вручную на 0,1 м ниже проектной отметки под устьевую трубу и сбросной лоток;
- устройство подготовки из песчано-гравийной смеси толщиной 0,1 м с разравниванием и углублением под устьевую трубу и сбросной лоток под заданную отметку;
- разработка грунта вручную на дне канала для устройства зуба, предотвращающего сползание сбросного лотка;
- установка элементов дренажного устья в соответствии с рабочими чертежами;
- засыпка выемки под зуб гравием диаметром 20–40 мм с разравниванием заподлицо с дном канала;
- укладка трубок коллектора и устройство соединения с устьевой трубой. Трубки коллектора укладываются с зазором не более 5 мм, стыки обертываются защитно-фильтрующим материалом. Первая трубка коллектора вставляется в устьевую трубу на глубину не менее 10 см, уплотняется защитно-фильтрующим материалом, заделывается цементным раствором и покрывается битумной мастикой;
- засыпка пазух с уплотнением грунта ручными трамбовками;
- засыпка дренажного устья с уплотнением грунта;
- ручная планировка вокруг устья поверхности откоса канала под одерновку;
- нанесение и разравнивание растительного грунта слоем не менее 5 см при наличии песчаных грунтов в основании;
- сплошная одерновка откоса, которая включает заготовку штучного дерна вручную, подноску нарезанного дерна, заготовку спиц из дров, укладку, крепление спицами и обрезку под шнур;
- при расположении устья в тальвегах, лощинах для предотвращения размыва устраивается защитный валик длиной 1,5–2,0 м из минерального грунта с выводом воды по борозде через воронку в канал.

Диагностику дренажной сети можно выполнить с применением комплекса КСД-160, который представляет собой проталкиваемую систему телеконтроля, состоящую из цветной видеокамеры, стеклопластикового стержня, барабана, блока управления. Комплекс обеспечивает просмотр внутренней полости трубок закрытого дренажа диаметром от 50 до 250 мм.

Диагностику коллекторной сети с применением комплекса КСД-16 проводят в следующем порядке. Видеокамеру, установленную на упругом стеклопластиковом стержне, помещают в устье коллектора, вручную подавая стержень в коллектор. Видеосигнал от видеокамеры по проводам, вмонтированным в стеклопластиковый стержень, передается на видеомонитор. Оператор на экране видеомонитора оценивает состояние коллектора в процессе продвижения видеокамеры внутри трубопровода. С помощью КСД-16 можно получить большое количество информации о состоянии дренажа, сохранить полученные изображения для дальнейшего изучения, обнаружить места повреждений дренажных трубок. Результаты обследований заносятся в журнал технического осмотра закрытой дренажной сети.

Для обследования внутреннего состояния устьевой и прилегающей части коллекторов можно использовать устройство ОД-100. К первоочередным объектам обследования устройством ОД-100 относятся: места переувлажнений и вымочек сельскохозяйственных культур, устьевые части коллекторов и смотровые колодцы при их заилинии и отсутствии стока при его наличии в близлежащих коллекторах.

На первом этапе устройством ОД-100 с применением контрольных головок оценивается степень заилиния, наличие разрушения или смещения коллекторных трубок в устьевой части. Степень заилиния коллектора можно ориентировочно оценивать, сравнивая толщину отложений в дренажных трубках и возможность прохода контрольной головки в его полость.

Наибольшее распространение при промывке закрытых дренажных систем получил механизированный гидродинамический способ с применением дренопромывочных машин. Гидродинамический способ основан на использовании энергии воды. На конце промывочного шланга, вводимого в коллекторную сеть, монтируется размывающая головка. Головка оснащена соплами: передним носовым (размывающим) и 3...6 наклонными тыльными (толкающими и размывающими). Для промывки дренажа в Республике Беларусь используют дренопромывочную машину УПД-120.

Промывку дренажа с помощью машины начинают с коллектора. Для промывки коллекторов диаметром 100 мм и более применяют шланг диаметром 33 мм. Диаметр насадки принимается равным диаметру шланга. Для промывки дрен-осушителей применяют шланг диаметром 26 мм с соответствующей насадкой. Число (кратность) промывок зависит от вида и степени заилиenia, диаметра труб и др.

Промывку коллекторов осуществляют последовательными проходами (участками). При степени заилиenia более 50 % от площади сечения коллектора промывают первоначальный участок от устья коллектора длиной 20–30 м, а затем включают лебедку промывочного шланга при работающем насосе и извлекают его примерно до устья коллектора. Затем совершают очередной проход на 40–60 м с последующим извлечением до устья и т. д. При значительной концентрации пульпы длина промываемого участка должна быть уменьшена. В целях увеличения гидротранспорта наносов и лучшей очистки коллектора скорость извлечения шланга должна составлять 20–30 м/мин.

При степени заилиenia менее 50 % число проходов может быть уменьшено, а их длина увеличена. При этом ведут визуальный контроль консистенции пульпы, вымываемой из коллектора, оценивая возможность дальнейшего увеличения длины прохода по мутности истекающего из коллектора потока. Промывку прекращают, когда из коллектора начнет поступать светлая вода.

При остановке промывочного шланга вследствие встречи с препятствием, его оттягивают обратно на 0,5–1 м и снова проталкивают вперед. Такую операцию продвигают несколько раз, в некоторых случаях поворачивая шланг вдоль продольной оси до преодоления препятствия.

При встрече промывочной головки с препятствием продвижение рукава вперед прекращается. Постепенно повышая давление воды, надо стремиться преодолеть препятствие. Если это не удастся, следует при помощи поискового устройства определить местонахождение закупорки и отрыть шурф. При отсутствии поискового устройства место остановки промывочной головки можно определить по счетчику расстояния или посредством растягивания шланга на длину осуществленной промывки вдоль коллектора.

Обычно длина коллектора превышает длину шланга, поэтому в месте прекращения промывки отрывают шурф и промывку продолжают с новой позиции машины. При промывке дрен, заиленных более чем на треть диаметра, оптимальная длина промываемого участка составляет 60...85 м. Шурфы отрывают с помощью экскаватора. В одном месте

обычно отрывают два шурфа во взаимно перпендикулярном пересечении. Один из них используют как отстойник, а второй – для подачи шланга на промывку.

Длина шурфа по дну зависит от глубины залегания дрен и может составлять 0,8...2 м. Сначала отрывают шурф вдоль дрены, а затем отстойник, дно которого должно быть ниже дрены не менее чем на 25...30 см. Машину возле шурфа устанавливают так, чтобы ось вращения катушки со шлангом была перпендикулярна к направлению дренажной линии. Промывая участок выше шурфа (по уклону), конец дрены нижележащего участка можно не закрывать фильтрующим материалом, так как после отстойника вода на сброс поступает осветленной. Закрывать конец дрены нужно при удалении пульпы из шурфа. Для предохранения от попадания в него мелких корней растений нужно установить металлическую сетку.

Ремонт смотровых колодцев производится после освобождения их от воды и от наносов. Обычно причиной интенсивного заиливания является поступление частиц грунта через зазоры между железобетонными кольцами, некачественное сопряжение дренажных труб со стенками колодцев или повреждение коллекторных труб. Зазоры между кольцами заделывают цементным раствором. Если установлен отрыв верхнего кольца колодца вследствие морозного пучения, необходимо замечать грунт засыпки внешней стороны колодца на другой сыпучий материал, не подверженный морозному пучению.

Ремонт смотровых колодцев включает также замену поврежденных крышек и разрушенных железобетонных колец, заделке частичных повреждений бетонной стенки колодца цементным раствором, устранению промоин и просадок в месте соединения с трубками коллекторов. Места промоин и просадок раскапывают, выравнивают и трамбуют ложе под трубы коллектора. В случае просадки или разрушения коллекторных трубок на насыпном грунте сопряжение колодца с коллектором желательно выполнять при помощи полиэтиленовой или асбоцементной трубы (длиной около 1,5–2,0 м). При этом один конец трубы должен входить в отверстие колодца, а другой опираться на ненарушенный коренной грунт, чтобы гончарные трубки укладывались уже за пределами, насыпного грунта. Качественного сопряжения дренажного коллектора с колодцем достигают, заделывая место соединения асбестоцементной трубы со стенкой колодца цементным раствором. Пазухи вокруг колодца засыпают послойно с хорошей трамбовкой. Высота колодца над поверхностью земли не должна быть меньше 0,5 м.

При отсутствии крышек на смотровых колодцах неисправности возникают в результате их захламления, закупорки снегом или льдом, что приводит к заилению и разрушению выходящих из них трубных соединений. В данном случае необходимо очистить, отремонтировать колодец и установить новую крышку.

Поглощающие колодцы при ремонте очищают от заиления и при необходимости заменяют его отдельные элементы. Для очистки смотровых и поглощающих колодцев от наносов используют специальные машины.

Перед запуском в работу машины закрывают пробками входную и выходную трубки дренажных коллекторов. Затем опускают в колодец промывочный шланг и под напором от промывочного насоса подают в колодец воду, размывая отложившийся слой наносов. По мере пульпообразования в колодец опускают всасывающий рукав и откачивающим насосом удаляют пульпу. Очищать колодцы можно и с помощью заранее помещаемой внутрь колодца емкости соответствующих размеров для аккумуляирования наносов и мусора, которую после заполнения извлекают на поверхность для опорожнения. Емкость поднимают и опускают на дно грузоподъемным оборудованием.

Задание 1. Определение технического состояния закрытой дренажной сети

Обследование проводится инженерной службой организаций по эксплуатации мелиоративных систем с составлением акта технического состояния дренажных устьев. В акте отражают наименование объекта и канала, номер коллектора, пикет впадения, конструкцию устья, диаметр устьевой трубы, наличие стока, состояние устья и необходимые мероприятия по восстановлению его работоспособности. Исходными материалами для обследования являются проектная и исполнительная документация с расположением дренажных систем или акты обследования прошлых лет.

Расположение дренажных устьев при обследовании определяют по разбитому вдоль канала пикетажу и визуально. В случае, если дренажные устья не сохранились или занесены наносами, их местонахождение устанавливают по внешним признакам: выклинивание воды из откоса, отложение железистых соединений на откосе и дне канала, наличие на поверхности откоса промоин, оползание грунта и т. п. В большинстве случаев подобные признаки свидетельствуют также о нарушении соединения устьевой трубы с коллектором. Однако они могут проявляться и как результат заиления сбросного лотка и устье-

вой трубы со стороны канала. Для установления истинной причины необходимо очистить сбросной лоток и устьевую трубу от наносов.

Техническое состояние закрытой осушительной сети определяется путем визуального осмотра мелиоративного состояния земель на объекте. Наиболее характерные признаки неисправности дренажных систем, выявляемые при осмотре: скопление и застой воды на осушенной площади; угнетенное состояние или гибель посевов сельскохозяйственных культур; медленное просыхание почвы после схода талых вод и в период летне-осенних дождей, прекращение или резкое уменьшение стока воды из отдельных коллекторов; заиливание и разрушение устьев, смотровых и поглощающих колодцев; подтопление устья коллекторов водами водоприемника и др. Дополнительно необходимо обследовать с применением диагностического оборудования внутреннее состояние устьевой и прилегающей части коллекторов на наличие заиливания, заохривания, присутствия корневых пробок, разрушения или смещения коллекторных труб.

При обследовании смотровых колодцев первоначально визуально оценивается состояние надземной части: наличие крышек; сдвинуты или деформированы верхние кольца. Качество заделки швов звеньев колодца и наличие в них трещин устанавливается по просачиванию воды и разжиженного грунта или по наличию следов просачивания.

Степень заиливания смотрового колодца определяется с помощью мерной рейки, исходя из следующих показателей:

- а) незаиленный (толщина наилка от дна колодца до 5 см);
- б) заиленный (толщина наилка доходит до низа отводящей дренажной трубы);
- в) сильно заиленный (толщина наилка выше верха отводящей дренажной трубы).

При этом дополнительно отмечается, какими посторонними предметами (строительный мусор, отложения травяной растительности и т. д.) засорен смотровой колодец и влияние засорения на проточность воды.

Отмечаются следующие возможные положения уровня воды в смотровом колодце: ниже низа дренажной трубы; на уровне низа дренажной трубы; в пределах поперечного сечения отводящей дренажной трубы; выше верха отводящей дренажной трубы с определением величины превышения с помощью мерной рейки, а также отмечается имеется или отсутствует проточность воды в колодце.

Результаты обследований заносятся в журнал технического осмотра закрытой дренажной сети (табл. 4.1).

Таблица 4.1. Журнал технического осмотра элементов дренажной сети

Эксплуатационная организация _____

Область, район _____

Наименование мелиоративной системы _____

№ п. п.	Дата обследо- вания (год, месяц, число)	Наимено- вание элементов дренажной сети (канал, коллектор, колодец и т. д.)	Ф.И.О. исполни- теля, долж- ность	Результаты технического осмотра					С.-х. использо- вание земель на объекте	Предлагае- мые меры по устранению неисправно- сти. описа- ние выпол- ненных работ
				Состояние поверхно- сти мелио- ративного объекта	Состояние устьев (внешние признаки: исправно, степень разрушения, наличие или отсутствие стока) Оценка внутреннего состояния (степень заилнения, заохривания, наличие корневых пробок, смещение коллекторных труб)	Состояние смотровых колодцев, заилнение, захламле- ние, нали- чие стока	Состояние поглоти- тельных колодцев	Состояние коллектор- ной сети, заилнение, заохривание, наличие неисправно- стей		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

5.1. Водопользование на оросительных системах

Водопользование на оросительной системе включает работы по забору воды из источника, транспортировке ее по оросительным каналам, трубам, распределению между хозяйствами, проведению на орошаемых участках необходимых операций по увлажнению почвы с целью получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Все эти работы планируют и оформляют в виде планов водопользования. Плановое водопользование – основа всей оперативной деятельности службы эксплуатации на межхозяйственной и внутрихозяйственной частях оросительной системы. Оросительная система состоит из большого количества взаимосвязанных элементов, действия которых должны увязываться для обеспечения своевременной и в нужных количествах подачи воды на орошение земель в хозяйствах.

Планирование водопользования позволяет экономить оросительную воду, обеспечивать в почве оптимальные влагозапасы в соответствии с требованиями растений в разные фазы развития, уменьшить потери воды на фильтрацию в глубокие слои почвы и отвод через сбросную сеть, увеличить коэффициенты полезного использования воды. Плановое водопользование дает возможность усилить положительные последствия орошения и уменьшить отрицательные. Почвенная влага служит источником водного питания растений текущего года, сильно влияет на физико-химические и биологические процессы в почве и в итоге на плодородие почвы в будущем. Положительное воздействие орошения на растения и почвенные процессы в полной мере проявляется лишь тогда, когда оно осуществляется по планам и в комплексе с соответствующей агротехникой выращивания сельскохозяйственных культур. Если орошение некачественное, может нарушаться структура почвы, появляется ее эрозия, повреждаются растения. В связи с потерями воды из каналов и завышением поливных норм вызывается подъем грунтовых вод, что приводит к заболачиванию и засолению земель. Для исключения отрицательного воздействия орошения на окружающую среду поливы рекомендуется проводить малыми нормами и небольшой интенсивностью с минимально необходимой глубиной промачивания. Это позволит избежать вымывания питательных элементов и потерь гумуса, что важно для сохранения плодородия почвы.

Практика орошения сельскохозяйственных культур свидетельствует, что оно всегда положительно, если применяется правильно. Отрицательные последствия имеют место при избытке воды, неправильном распределении поливов во времени, неудачном выборе способов полива, несоответствии влажности почвы другим факторам жизни растений. Отсюда понятна необходимость тщательного планирования режима орошения, которое выражается в виде хозяйственных планов водопользования и системных планов водораспределения.

Различают проектный, плановый и эксплуатационный режимы орошения. Проектный режим разрабатывают при проектировании оросительных систем.

Плановый режим орошения составляют на каждый предстоящий год с учетом прогнозируемых погодных условий, которые подвержены значительной изменчивости по годам. Данный режим орошения составляют с учетом почвенных и гидрогеологических условий, уровня агротехники, плановой урожайности и особенностей растений. Определение требуемого для поливов объема водоподачи в оросительную сеть начинают с последнего ее звена – поливного участка (поля). Плановый режим орошения принимают за основу расчетов забора воды из источника в оросительную систему.

Эксплуатационный режим орошения складывается в процессе выполнения плана водопользования и проведения поливов. Он характеризуется числом и распределением поливов во времени, поливными нормами, которые фактически сложились при орошении той или иной культуры.

Планирование водопользования практически сводится к определению потребности хозяйств (водопотребителей) в воде с последующим установлением объема водозабора и распределения воды на оросительной системе. В этой связи планирование выполняют в два этапа. Сначала в хозяйствах-водопользователях составляют внутрихозяйственные планы водопользования, в которых расчетами определяют объемы, порядок и сроки подачи воды на орошение, устанавливают организацию проведения поливов. На втором этапе на основе хозяйственных планов разрабатывают системные планы водораспределения по межхозяйственной части оросительных систем.

Хозяйственный план водопользования составляют в хозяйстве до начала поливов. План водопользования включает план забора воды в хозяйство по декадам вегетационного периода, оперативные планы-графики распределения воды по его подразделениям и организации поливов, план эксплуатационных работ по содержанию и ремонту оро-

сительной сети и сооружений. План забора воды составляют на основе рассчитанного режима орошения сельскохозяйственных культур. Режим орошения – это совокупность поливных норм, их количества и сроков поливов на протяжении вегетационного периода.

При поливе дождеванием расход воды согласовывают с производительностью одновременно работающих машин на орошаемой территории. Суммарная производительность их не должна превышать расчетный расход воды в канале или трубопроводе, к которому подключена орошаемая площадь.

Для оформления заявки хозяйства на воду определяют расход воды брутто в точках выдела:

$$Q^{\text{бр}} = Q_{\text{ср}}^{\text{нт}} + S = Q_{\text{ср}}^{\text{нт}} / \eta_{\text{вх. с}},$$

где $Q^{\text{бр}}$ – расход воды брутто в точках выдела, $\text{м}^3/\text{с}$;

$Q_{\text{ср}}^{\text{нт}}$ – расход воды нетто в точках выдела, $\text{м}^3/\text{с}$;

S – потери воды при ее транспортировке по каналам (трубопроводам) от точки выдела до поливных участков, $\text{м}^3/\text{с}$;

$\eta_{\text{вх. с}}$ – КПД элементов внутрихозяйственной сети от точки водовыдела до поливных участков.

При планировании водопользования для каналов, получающих воду из хозяйственного водовыдела, устанавливают плановое значение КПД. Для системы каналов в земляном русле они не должны быть ниже 0,85. Если КПД системы внутрихозяйственных каналов оказывается ниже установленных пределов, то в плане эксплуатационных мероприятий необходимо предусмотреть снижение потерь воды путем упорядочения водопользования или применения противифльтрационных мероприятий.

Эффективность орошения и использования орошаемых земель в значительной степени определяется принимаемыми способами и техникой полива. Поэтому при составлении планов водопользования следует выбирать способы полива с учетом следующих основных показателей:

- возможность обеспечения равномерного распределения воды на поле и увлажнения расчетного слоя почвы без потерь воды на поверхностный сток и фильтрацию вглубь почвы;

- обеспечение благоприятных условий для механизации обработки почвы и посевов;

- обеспечение бесперебойного круглосуточного проведения поливов и высокой производительности труда поливальщиков;

- возможность механизации и автоматизации поливов, распределения воды в каналах и трубопроводах;
- минимум затрат труда и средств на проведение полива;
- минимум воздействия на уплотнение пахотного слоя, разрушение почвенной структуры и проявление эрозии почвы;
- возможность применения выбранного способа полива в конкретных природных условиях.

План эксплуатационных работ в хозяйстве предусматривает поддержание оросительной сети и оборудования в технически исправном состоянии. В него включают очистку каналов от наносов и растительности, необходимый ремонт всех элементов системы (каналы, дамбы, гидросооружения, устройства гидрометрии, насосы, двигатели, дождевальная техника и т. д.).

После согласования и утверждения хозяйственный план водопользования принимается к проведению (исполнению). Для этой цели организуют специализированные бригады (или звенья) поливальщиков. В подготовительный период они проверяют готовность системы к проведению поливов, выполняют эксплуатационную планировку поверхности полей, нарезку временной оросительной сети, расстановку водомерных устройств и поливной арматуры (переносные щиты, сифоны и т. п.). Во время поливов поливальщики с помощью щитов, сифонов и поливных трубок направляют воду из транспортирующих водотоков в борозды, полосы поливов, контролируют ход увлажнения почвы и соблюдение поливных норм. В случае отклонений потребного на увлажнение количества воды от планового хозяйство проводит корректировку (изменение) плана водопользования. Необходимость ее возникает в следующих случаях:

- когда фактические посевные площади и состав культур отклоняются от плановых более чем на 10 %;
- погодные условия (в особенности по режиму и сумме осадков) значительно отличаются от принятых в расчете;
- уменьшается водоносность источника орошения, в результате чего снижается водообеспеченность оросительной системы;
- на оросительной системе возникает авария, которая сопровождается длительным уменьшением водоподачи.

Хозяйство всегда готовится к приему повышенных расходов воды и рациональному их использованию для увлажнения почвы. Потребность в приеме повышенных расходов возникает при аварии на межхозяйственной сети и по другим причинам, в связи с чем прекращают подачу воды в часть хозяйств и распределяют ее между остальными.

О временном увеличении подачи воды эксплуатационное предприятие (управление) предупреждает хозяйства. Если хозяйство не может полностью использовать запланированное количество воды (авария на внутриводопроводной сети, отставание послеполивного рыхления почвы более чем на 1–2 сут и др.), оно за 2–3 дня письменно уведомляет об этом управление оросительной системы. В этом случае хозяйство имеет право на компенсацию недополученного объема воды. При уменьшении водоподдачи (по причине аварии, изменения водоносности источника) хозяйство может ввести водооборот между бригадами, т. е. поочередную подачу воды на орошение бригадных участков.

Проведение системных планов осуществляют эксплуатационные управления через диспетчерскую службу. Перед началом поливов проверяют готовность системы к пуску воды. Обнаруженные при осмотре недостатки ликвидируют в сроки, установленные комиссией. Конкретные даты пуска воды оговариваются в приказе по управлению. В нем назначают даты пуска воды в систему и подачи ее в хозяйства. По первому сроку каналы заполняют водой, которую направляют на сброс, чтобы прочистить их от накопившегося мусора. О времени подачи воды в хозяйства делается специальное предупреждение. Контроль за выполнением плана водораспределения (диспетчерского графика) возлагают на дежурного диспетчера. В ходе выполнения план корректируют в зависимости от погодных и хозяйственных условий, а также при возникновении аварий.

Задание 1. Определение водоносности реки и возможного забора воды на увлажнение почвы

Режим прогнозируемых расходов (объемов) воды по крупным источникам орошения, питающим несколько систем межобластного значения, определяют проектные организации на основе специальных расчетов. Расчетный режим более мелких источников орошения определяют эксплуатационные предприятия с использованием местных гидрометрических данных по источнику за последние 10–15 лет и более. Для этого среднегодовые расходы воды в реке за ряд лет наблюдений располагают в убывающем порядке.

Затем среднемесячные расходы воды в реке и атмосферные осадки за осенне-зимний период (октябрь – январь) для характерных по обеспеченности стока лет сравнивают с расходами и осадками за такой же период, предшествующий расчетному году. По минимальному отклонению расходов текущего периода от расходов характерных лет уста-

навливают год-аналог. Из гидрометрических данных года-аналога выбирают среднемесячные (декадные) расходы реки за вегетационный период (апрель – сентябрь).

Расходы или объемы воды, которые можно забирать из источника в оросительную систему по месяцам и декадам, определяют с учетом права данной системы на воду.

Определение оросительной способности реки при заборе воды на увлажнение рассмотрим на конкретном примере.

Исходные данные принимают по табл. 5.1–5.3 в соответствии с заданным вариантом.

Таблица 5.1. Исходные данные для определения оросительной способности реки

Вариант	Источник воды для увлажнения	Расчетные годы	Площадь увлажнения, га	Состав культур, %			Оросительная норма $M_{ор}$, м ³ /га (условно)			КПД использования воды η
				травы	зерновые	кукуруза	травы	зерновые	кукуруза	
1	р. Днепр, Оршанский р-н	1980–1989	1100	40	40	20	1500	1000	1500	0,90
2		1981–1990	1200	40	50	10	1450	1050	1450	0,75
3		1982–1991	1300	30	30	40	1400	1100	1400	0,80
4		1983–1992	1400	30	40	30	1500	1150	1350	0,82
5		1984–1993	1500	40	30	30	1350	1200	1300	0,78
6		1985–1994	1600	40	20	40	1300	1250	1250	0,83
7		1986–1995	1700	20	20	60	1250	1300	1200	0,88
8		1987–1996	1750	50	40	10	1450	1350	1150	0,79
9		1988–1997	1800	40	50	10	1500	1400	1100	0,76
10		1989–1998	1850	10	30	60	1250	1450	1050	0,81
11		1990–1999	1900	50	20	30	1300	1500	1000	0,89
12		1991–2000	1950	30	20	50	1400	1200	1500	0,87
13		1992–2001	2000	40	10	50	1350	1300	1450	0,79
14		1993–2002	2050	70	10	20	1450	1500	1400	0,77
15		1994–2003	2100	20	10	70	1500	1450	1450	0,86
16		1995–2004	1150	30	60	10	1230	1310	1110	0,85
17		1996–2005	1170	50	30	20	1320	1250	1150	0,75
18		1997–2006	1040	60	20	20	1380	1280	1180	0,88
19		1998–2007	1970	45	35	20	1400	1350	1210	0,76
20		1999–2008	1920	25	20	55	1420	1290	1140	0,84
21		2000–2009	2010	10	40	50	1480	1340	1160	0,78
22		2001–2010	1520	20	40	40	1300	1380	1220	0,79
23		2002–2011	1650	30	35	35	1290	1350	1250	0,89
24		2003–2012	1370	35	40	25	1330	1400	1125	0,91
25		2004–2013	1280	40	40	20	1400	1420	1270	0,83

Таблица 5.2. Среднемесячные расходы воды в реке по годам наблюдений, м³/с

Годы	Месяцы												Среднее за год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1980	20	17	300	520	1200	30	22	270	325	70	90	120	248
1981	25	20	310	230	1000	40	30	260	330	60	70	170	212
1982	27	25	290	500	1100	50	40	240	300	55	130	160	240
1983	30	30	280	480	1150	70	35	250	60	25	100	130	220
1984	32	35	270	450	950	60	50	200	80	30	150	140	204
1985	35	40	260	220	970	80	60	190	70	50	140	135	198
1986	38	45	240	530	930	85	55	230	65	45	120	110	208
1987	40	50	220	540	900	90	70	180	50	280	160	90	223
1988	42	55	200	550	850	55	75	220	40	80	145	60	201
1989	45	60	180	240	700	95	80	170	290	95	170	20	179
1990	47	70	160	250	650	100	90	165	270	85	180	40	176
1991	49	80	140	260	600	110	85	150	250	270	175	55	185
1992	51	90	120	560	550	120	100	160	30	260	370	80	207
1993	53	100	110	570	500	115	110	140	260	240	360	150	256
1994	55	110	100	580	450	125	115	120	240	250	350	165	222
1995	57	120	90	300	400	130	95	100	25	75	190	155	145
1996	60	130	80	590	350	150	120	80	55	230	210	125	182
1997	63	140	70	330	370	160	140	60	120	220	250	70	166
1998	66	150	60	700	300	180	160	75	130	180	80	85	180
1999	69	160	50	600	250	200	180	50	90	160	75	25	160
2000	36	170	40	650	200	250	200	45	110	170	60	95	169
2001	43	180	30	750	40	260	210	40	95	190	220	175	178
2002	28	190	20	800	150	270	220	30	150	140	240	170	200
2003	54	200	50	950	170	280	240	20	145	200	182	180	220
2004	62	150	90	550	420	270	190	110	90	205	120	150	200
2005	75	125	210	420	370	150	190	230	240	180	200	120	209
2006	100	110	320	350	400	220	125	135	180	220	115	150	202
2007	90	100	190	220	320	310	280	250	120	140	180	100	192
2008	75	120	210	320	520	420	350	150	170	130	200	140	234
2009	125	150	170	350	280	170	120	80	130	180	210	155	177
2010	150	120	180	280	370	330	310	200	210	240	125	130	220
2011	95	125	175	225	170	200	150	210	230	250	190	120	178
2012	105	135	75	175	210	220	120	170	240	200	150	110	159
2013	65	75	110	320	350	270	150	120	170	210	240	130	184
Расчет- ный год	50	—	—	—	—	—	—	—	—	130	110	120	—

**Таблица 5.3. Осадки в районе расположения мелиоративного объекта
за осенне-зимние месяцы по годам наблюдений, мм**

Годы	Месяцы			
	X	XI	XII	I
1980–1981	24	30	36	11
1981–1982	23	25	4	8
1982–1983	25	14	6	4
1983–1984	28	32	8	9
1984–1985	14	14	6	4
1985–1986	20	31	38	10
1986–1987	31	24	12	11
1987–1988	30	22	30	16
1988–1989	29	28	12	4
1989–1990	15	18	3	8
1990–1991	22	30	28	10
1991–1992	30	26	6	9
1992–1993	33	21	19	16
1993–1994	19	28	4	9
1994–1995	42	32	6	10
1995–1996	30	24	28	4
1996–1997	31	31	6	9
1997–1998	32	21	4	10
1998–1999	25	24	30	4
1999–2000	30	28	3	10
2000–2001	32	25	6	8
2001–2002	23	36	3	5
2002–2003	28	30	10	15
2003–2004	22	27	12	9
2004–2005	28	32	8	7
2005–2006	34	25	16	10
2006–2007	45	37	21	11
2007–2008	38	29	17	6
2008–2009	24	30	10	12
2009–2010	20	26	22	13
2010–2011	33	34	24	8
2011–2012	30	41	17	11
2012–2013	39	43	13	14
Расчетный год	25	30	16	9

Требуется:

1. Определить объемы возможного забора воды из реки в мелиоративную сеть для увлажнения почвы на весь период вегетации сельскохозяйственных культур.

2. Определить потребные объемы воды для увлажнения почвы и сравнить их с забором из реки. Сделать вывод об обеспеченности орошения водой.

Порядок выполнения задания.

1. По заданному варианту в табл. 5.1 выбирают годы расчетного периода. Для каждого года наблюдений из табл. 5.2 выписывают среднегодовые расходы воды и располагают их в убывающем порядке. Под каждым расходом подписывают год, в котором он наблюдался. Информацию заносят в табл. 5.4.

Таблица 5.4. Среднегодовые расходы воды в реке

$Q_{\text{ср. год}}, \text{ м}^3/\text{с}$	248	240	223	220	212	208	204	201	198	179
Годы	1980	1982	1987	1983	1981	1986	1984	1988	1985	1989

2. Определяют расход в реке в средний по водности год:

$$Q_{\text{ср. водн}} = \frac{\sum Q}{n},$$

где $\sum Q$ – сумма $Q_{\text{ср. год}}$ за весь период наблюдений, $\text{м}^3/\text{с}$;
 n – число лет наблюдений.

$$Q_{\text{ср. водн}} = \frac{2133}{10} = 213,3 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Наиболее близкий расход (в ряду с убывающими расходами см. п. 1) имел место в 1981 г. Этот год принимают за средний по водности реки.

3. Определяют год с пониженной водоносностью реки:

$$Q_{\text{пон. водон}} = \frac{\sum Q < Q_{\text{ср. водн}}}{n_1} = \frac{990}{5} = 198 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Полученный результат совпадает с расходом 1985 г., равным $198 \text{ м}^3/\text{с}$.

4. Определяют год с повышенной водоносностью реки:

$$Q_{\text{пов. водон}} = \frac{\sum Q > Q_{\text{ср. водн}}}{n_2} = \frac{931}{4} = 232,7 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Полученный результат близок к величине расхода 1982 г., равной $240 \text{ м}^3/\text{с}$.

Для определения года-аналога используют также год максимальной водоносности (1980) и минимальной водоносности (1989) (см. п. 1).

Год-аналог устанавливают путем сравнения расходов воды в реке и атмосферных осадков за осенне-зимние месяцы лет, принятых в п. 2, 3, 4, и расчетного года.

Расчеты удобно выполнять в форме табл. 5.5.

Таблица 5.5. Определение расчетного года-аналога

Месяц	Год макс. водон. (1980)		Год повыш. водон. (1982)		Год средн. водон. (1981)		Год пониж. водон. (1985)		Год мин. водон. (1989)		Расчетный год	
	Q	h	Q	h	Q	h	Q	h	Q	h	Q	h
X	70 130 -60	24 25 -1	55 130 -75	25 25 0	60 130 -70	23 25 -2	50 130 -80	20 25 -5	95 130 -35	15 25 -10	130	25
XI	90 110 -20	30 30 0	130 110 +20	14 30 -16	70 110 -40	25 30 -5	140 110 +30	31 30 +1	170 110 +60	18 30 -12	110	30
XII	120 120 0	36 16 +20	160 120 +40	6 16 -10	170 120 +50	4 16 -12	135 120 +15	38 16 +22	20 120 -100	3 16 -13	120	16
I	25 50 -25	11 9 +2	30 50 -20	4 9 -5	27 50 -23	8 9 -1	38 50 -12	10 9 +1	47 50 -3	8 9 -1	50	9
	-105	+21	-35	-31	-83	-20	-47	+19	-78	-36		

Из таблицы видно, что из пяти выбранных лет (разных по обеспеченности расходов воды в реке) наименьшее отклонение от расчетного года по расходам имеет 1982 г. Этот год принимают за аналог.

По году-аналогу из табл. 5.2 выбирают среднемесячные расходы воды в реке за период вегетации сельскохозяйственных растений и заносят в табл. 5.6.

Таблица 5.6. Среднемесячные расходы воды в реке за период вегетации

Месяцы	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Расходы $Q_{ср}$, м ³ /с	500	1100	50	40	240	300	55

Определяют право на забор воды из реки в мелиоративную систему объекта увлажнения по формуле

$$P = \frac{F_{\text{сист}}}{F_{\text{оп}}} \cdot 100;$$

$$P = \frac{1100}{42857} \cdot 100 \% = 2,56 \%,$$

где P – право системы на воду, %;

$F_{\text{сист}}$ – площадь объекта, обслуживаемого мелиоративной системой, га (см. табл. 5.1 согласно варианту);

$F_{\text{ор}}^{\text{мин}}$ – площадь возможного увлажнения (орошения) в гектарах с использованием всего расхода $Q_{\text{ср}}$. Принимают наименьшую площадь в одном из месяцев вегетационного периода (IV–X). Ее определяют по формуле

$$F_{\text{ор}}^{\text{мин}} = \frac{1000 \cdot Q_{\text{ср}} \cdot \eta}{q},$$

$$F_{\text{ор}}^{\text{мин}} = \frac{1000 \cdot 40 \cdot 0,9}{0,84} = 42857 \text{ га},$$

здесь η – КПД использования воды (см. табл. 5.1);

q – оросительный гидромодуль, л/с с 1 га (табл. 5.7). При совпадении поливов нескольких культур оросительные гидромодули необходимо суммировать.

Таблица 5.7. **Оросительные гидромодули для сельскохозяйственных культур (условно), л/с с 1 га**

Культуры	Месяцы						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Травы	0,24	0,25	0,27	0,29	0,29	0,25	0,24
Зерновые	–	0,24	0,29	0,27	0,19	–	–
Кукуруза	–	–	0,24	0,28	0,29	0,24	0,19

Расходы возможного забора воды из реки в систему можно определить по формуле:

$$Q_{\text{сист}} = \frac{Q_{\text{ср}}}{100} \cdot P,$$

Расчеты сводят в следующую табл. 5.8.

Таблица 5.8. **Объем возможного забора воды из реки**

Месяцы	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
$Q_{\text{сист}}$	12,8	28,2	1,3	1,1	6,1	7,7	1,4

Объем воды, который необходим для увлажнения почвы на весь вегетационный период, определяют по формуле

$$V_{\text{заб}} = (Q_{\text{IV}} \cdot T_{\text{IV}} + Q_{\text{V}} \cdot T_{\text{V}} + \dots + Q_{\text{IX}} \cdot T_{\text{IX}} + Q_{\text{X}} \cdot T_{\text{X}}) \cdot 86400;$$

$$V_{\text{заб}} = (12,8 \cdot 30 + 28,2 \cdot 31 + 1,3 \cdot 30 + 1,1 \cdot 31 + 6,1 \cdot 31 + 7,7 \cdot 30 + 1,4 \cdot 31) \cdot 86400 = 155070720 \text{ м}^3,$$

где Q – расход, забираемый из реки в систему;

T – количество суток в месяце.

Потребный объем воды для увлажнения почвы на весь период вегетации сельскохозяйственных культур рассчитывают по формуле

$$V_{\text{потр}}^{\text{нт}} = M_{\text{ор}}^{\text{тр}} \cdot F_{\text{тр}} + M_{\text{ор}}^{\text{зерн}} \cdot F_{\text{зерн}} + M_{\text{ор}}^{\text{кукур}} \cdot F_{\text{кукур}};$$

$$V_{\text{потр}}^{\text{нт}} = 1500 \cdot 440 + 1000 \cdot 440 + 1500 \cdot 220 = 1430000 \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{потр}}^{\text{бр}} = \frac{V_{\text{потр}}^{\text{нт}}}{\eta_{\text{сист}}};$$

$$V_{\text{потр}}^{\text{бр}} = \frac{1430}{0,9} = 1589 \text{ тыс. м}^3,$$

где $\eta_{\text{сист}}$ – КПД мелиоративной системы (см. табл. 5.1).

Сравнив объем воды, потребной на орошение ($V_{\text{потр}}^{\text{бр}}$), и объемы возможного забора воды ($V_{\text{заб}}$), можно сказать, что река может полностью обеспечить данную мелиоративную систему водой для орошения на весь период вегетации сельскохозяйственных культур.

На основании выполненных расчетов составляют системный план водораспределения. План распределения воды по оросительной системе составляют на предстоящий поливной период на основе плана водозабора из источника орошения.

Лабораторная работа 1. Составление плана забора воды из источника и распределение ее между участками увлажнения

Системный план водораспределения – основа организации работы оросительной системы. Планирование сводится к заблаговременному определению возможностей и потребностей забора воды из источника орошения с последующим ее распределением между участками, узлами системы и подачи ее в точки выдела хозяйствам.

Для составления общесистемных планов необходимо иметь план (схему) системы с расположением хозяйств и водоподводящих каналов (трубопроводов) от источника до места выдачи воды в хозяйства. На схеме показывают и пронумеровывают все точки выдела воды хозяйствам, намечают узлы, из которых будут подавать воду в каждое хозяйство. Обозначают длину каналов между узлами системы, пропускную способность, показывают гидрометрические посты, гидро-

технические сооружения, границы хозяйств и эксплуатационных участков. Необходимо также иметь: почвенно-мелиоративную карту; перечень хозяйств, получающих воду из системы, с указанием мелиорируемых площадей; план размещения сельскохозяйственных культур; данные о расходах, объемах и уровнях воды в водоисточнике; данные о режиме увлажнения культур; заявки хозяйств на воду с указанием расходов и объемов по декадам на весь поливной период. Кроме этого, указывают способ увлажнения и количество подаваемой воды на другие нужды.

Системный план водораспределения включает следующие разделы:

- ведомости прогнозируемых расходов (объемов) в источнике орошения (река, пруд, водохранилище и т. д.) с указанием возможного забора воды в оросительную систему в течение всего оросительного периода (апрель – сентябрь);
- план забора воды в оросительную систему (по месяцам, декадам);
- план распределения воды между участками и узлами системы с определением размера подачи ее хозяйствам;
- план эксплуатационных мероприятий по уходу за каналами, сооружениями и их ремонту.

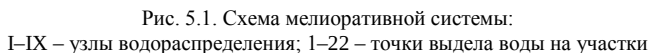
План распределения воды по оросительной системе между участками и узлами составляют на предстоящий поливной период (декаду) на основе плана водозабора из источника орошения. Расчет ведут от головного участка через вододелительные узлы к точкам выдела к хозяйствам. Наиболее удачной формой распределения воды по системе является диспетчерский график, в котором отражают, какой распределительный узел вызывается, откуда и сколько подается воды, на какой узел и сколько направляется, и так далее в каждую точку выдела.

Составление плана водораспределения между увлажняемыми участками рассмотрим на конкретном примере.

Исходные данные.

Мелиоративная система, предназначенная для увлажнения почвы в засушливые дни вегетационного периода растений, приведена на схеме (рис. 5.1) и обслуживает площади 22 земельных участков. При максимальной подаче воды на увлажнение суммарный расход нетто по системе составляет $23,6 \text{ м}^3/\text{с}$, а при минимальной – $4,65 \text{ м}^3/\text{с}$.

При максимальном водопотреблении на первые 7 участков (т. е. в первые 7 точек выдела воды на системе) необходимо подать расходы в количестве $1,332 \text{ м}^3/\text{с}$, а на остальные 15 – $1,322 \text{ м}^3/\text{с}$. При минимальном водопотреблении подаваемые расходы на все участки одинаковы и составляют $0,27 \text{ м}^3/\text{с}$.



Требуется:

2. Составить план распределения воды между увлажняемыми участками.

Определение расходов, которые нужно пропускать по каналам в распределительные узлы мелиоративной системы, следует начинать с удаленных участков увлажнения. Расход узла системы $Q_{бр}$, который нужно направить в узел, расположенный ниже по уклону местности, определяют с учетом потерь воды на фильтрацию в откосы и дно канала:

где $Q_{\text{нт}}$ – расход воды, который должен поступить в расположенный ниже узел системы, $\text{м}^3/\text{с}$;

S – потери воды на фильтрацию, м³/с.

$$S = \frac{Q_{\text{нт}}}{100} \cdot \sigma \cdot L,$$

где σ – потери воды на фильтрацию на 1 км длины канала, % от $Q_{\text{нт}}$;

L – расчетная длина канала, км (расстояние между вододелительными узлами системы).

$$\sigma = \frac{A}{Q_{\text{нт}}^m},$$

где коэффициент A и показатель степени m зависят от водопроницаемости грунтов (табл. 5.9).

Таблица 5.9. Значения коэффициента A и показателя степени m в зависимости от водопроницаемости грунтов

Параметр	Водопроницаемость		
	слабая	средняя	сильная
A	0,7	1,9	3,4
m	0,3	0,4	0,5

Определение расходов $Q_{\text{бр}}$ по узлам системы целесообразно свести в табличной форме (табл. 5.10).

Используя расчеты табл. 5.10, можно определить коэффициент полезного действия системы $\eta_{\text{с}}$:

$$\eta_{\text{с}} = \frac{\Sigma Q_{\text{нт}}}{Q_{\text{г}}},$$

где $\Sigma Q_{\text{нт}}$ – суммарный расход нетто по системе;

$Q_{\text{г}}$ – расход в голове системы.

Коэффициент полезного действия межхозяйственных каналов определяют по формуле

$$\eta_{\text{к}} = \frac{\Sigma Q_{\text{т. в}}}{Q_{\text{г}}},$$

где $\Sigma Q_{\text{т. в}}$ – суммарный расход в точках выдела воды по системе.

Определение КПД системы сведено в табл. 5.11.

Таблица 5.10. **Определение потерь воды на фильтрацию и расходов $Q_{\text{бр}}$ в распределительных узлах**

Узлы	Точки выдела воды	Длина канала, км	Максимальные расходы, м ³ /с				Минимальные расходы, м ³ /с			
			Точки выдела	Потери на 1 км	Потери на участке	Расход	Точки выдела	Потери на 1 км	Потери на участке	Расход
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IV	1	1,5	1,332	0,023	0,035	1,367	0,270	0,0088	0,013	0,283
	2	–	1,332	–	–	1,332	0,270	–	–	0,270
	3	–	1,332	–	–	1,332	0,270	–	–	0,270
						4,031				0,823
VI	8	4,0	1,332	0,023	0,092	1,424	0,270	0,0088	0,035	0,305
	9	–	1,332	–	–	1,332	0,270	–	–	0,270
						2,756				0,575
VII	6	–	1,332	–	–	1,322	0,270	–	–	0,270
	7	–	1,332	–	–	1,322	0,270	–	–	0,270
						2,644				0,540
V	VII	2,0	2,644	0,035	0,070	2,714	0,540	0,013	0,026	0,566
	5	–	1,332	–	–	1,332	0,270	–	–	0,270
	VI	7,0	2,756	0,035	0,245	3,001	0,575	0,013	0,091	0,666
						7,047				1,502
III	IV	8,0	4,031	0,047	0,376	4,407	0,823	0,016	0,128	0,951
	4	–	1,332	–	–	4,332	0,270	–	–	0,270
	V	2,0	7,047	0,064	0,128	7,175	1,502	0,026	0,052	1,554
						12,914				2,775
IX	10	–	1,322	–	–	1,322	0,270	–	–	0,270
	11	–	1,322	–	–	1,322	0,270	–	–	0,270
						2,644				0,540

Окончание табл. 5.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
VIII	12	–	1,322	–	–	1,322	0,270	–	–	0,270
	13	–	1,322	–	–	1,322	0,270	–	–	0,270
	IX	11,0	2,644	0,035	0,385	3,029	0,540	0,013	0,143	0,683
						5,673				1,223
Б	14	–	1,322	–	–	1,322	0,270	–	–	0,270
	15	–	1,322	–	–	1,322	0,270	–	–	0,270
	III	10,5	12,914	0,089	0,935	13,849	2,775	0,035	0,368	3,143
	VIII	7,5	5,673	0,053	0,398	6,071	1,223	0,020	0,150	1,373
						22,564				5,056
II	16	–	1,322	–	–	1,322	0,270	–	–	0,270
	17	–	1,322	–	–	1,322	0,270	–	–	0,270
	Б	2,5	22,564	0,120	0,300	22,864	5,056	0,053	0,133	5,189
						25,508				5,729
I	18	–	1,322	–	–	1,322	0,270	–	–	0,270
	19	–	1,322	–	–	1,322	0,270	–	–	0,270
	II	7,0	25,508	0,130	0,910	26,418	5,729	0,053	0,371	6,100
						29,062				6,640
А	20	3,0	1,322	0,023	0,069	1,391	0,270	0,088	0,026	0,296
	21	–	1,322	–	–	1,322	0,270	–	–	0,270
	22	–	1,322	–	–	1,322	0,270	–	–	0,270
	I	8,5	29,062	0,139	1,182	30,244	6,640	0,058	0,493	7,133
						34,279				7,969
ГС	А	10	34,279	0,15	1,5	35,779	7,969	0,064	0,640	8,609

Таблица 5.11. КПД оросительной системы

КПД	Максимальные расходы	Минимальные расходы
Сеть каналов системы	$\eta_c = \frac{23,6}{35,779} = 0,66$	$\eta_c = \frac{4,65}{8,609} = 0,54$
Межхозяйственные каналы	$\eta_k = \frac{(1,332 \cdot 7) + (1,322 \cdot 15)}{35,779} = 0,82$	$\eta_k = \frac{0,270 \cdot 22}{8,609} = 0,69$
Магистральный канал до узла А	$\eta_{м.к} = \frac{34,279}{35,779} = 0,958$	$\eta_{м.к} = \frac{7,969}{8,609} = 0,88$

План распределения воды между увлажняемыми участками (распределительными узлами и точками выдела по системе) составляют с использованием схемы системы и данных табл. 5.10. Расчеты по плану водораспределения можно свести в табл. 5.12.

Таблица 5.12. План водораспределения по мелиоративной системе

Узел	Распределение воды	Расходы		Потери		КПД
		м³/с	%	м³/с	%	
1	2	3	4	5	6	7
ГС	Выделено узлу А	35,779	100,0	—	—	—
А	Поступило воды	34,279	95,8	1,500	4,2	—
	Выделено воды:					
	узлу I	30,244	88,2	—	—	0,96
	точке выдела 20	1,391	4,2	—	—	
	точке выдела 21	1,322	3,8	—	—	
	точке выдела 22	1,322	3,9	—	—	
I	Поступило воды	29,062	96,1	1,182	3,9	—
	Выделено воды:					
	узлу II	26,418	83,0	—	—	0,96
	точке выдела 18	1,322	4,5	—	—	
	точке выдела 19	1,322	4,5	—	—	
II	Поступило воды	25,508	96,5	0,910	3,5	—
	Выделено воды:					
	узлу Б	22,864	89,6	—	—	0,960
	точке выдела 16	1,322	5,2	—	—	
	точке выдела 17	1,322	5,2	—	—	
Б	Поступило воды	22,564	98,7	0,300	1,3	—
	Выделено воды:					
	узлу III	13,849	61,3	—	—	0,98
	узлу VIII	6,071	26,9	—	—	
	точке выдела 14	1,322	5,9	—	—	
	точке выдела 15	1,322	5,9	—	—	
VIII	Поступило воды	5,673	93,4	0,398	6,6	—
	Выделено воды:					
	узлу IX	3,029	53,4	—	—	0,93
	точке выдела 12	1,322	23,3	—	—	
	точке выдела 13	1,322	23,3	—	—	

Окончание табл. 5.12

1	2	3	4	5	6	7
IX	Поступило воды	2,644	87,3	0,385	12,7	–
	Выделено воды:					
	точке выдела 10	1,322	50,0	–	–	0,88
III	точке выдела 11	1,322	50,0	–	–	
	Поступило воды	12,914	93,2	0,935	6,8	–
	Выделено воды:					
	узлу IV	4,407	34,1	–	–	0,93
V	узлу V	7,175	55,5	–	–	
	точке выдела 4	1,332	10,3	–	–	
	Поступило воды	7,047	98,2	0,128	1,8	–
	Выделено воды:					
VII	узлу VI	3,001	42,6	–	–	0,98
	узлу VII	2,714	38,5	–	–	
	точке выдела 5	1,332	18,9	–	–	
	Поступило воды	2,644	97,4	0,070	2,6	–
VI	Выделено воды:					
	точке выдела 6	1,322	50,0	–	–	0,97
	точке выдела 7	1,322	50,0	–	–	
VI	Поступило воды	2,756	91,8	0,245	8,2	–
	Выделено воды:					
	точке выдела 8	1,424	52,0	–	–	0,92
IV	точке выдела 9	1,332	48,0	–	–	
	Поступило воды	4,031	91,8	0,376	8,5	–
	Выделено воды:					
	точке выдела 1	1,367	34,0	–	–	0,92
IV	точке выдела 2	1,332	33,0	–	–	
	точке выдела 3	1,332	33,0	–	–	

Коэффициент полезного действия на участке канала определяют по зависимости

$$\eta = \frac{Q_{\text{поступ}}}{Q_{\text{выдел}}} \cdot 100,$$

где $Q_{\text{поступ}}$ – расход воды, поступивший в узел водораспределения (в конце участка канала), $\text{м}^3/\text{с}$;

$Q_{\text{выдел}}$ – расход воды, выделенный данному узлу с расположенного выше узла (в начале участка канала), $\text{м}^3/\text{с}$.

Оценка выполнения плана характеризуется также равномерностью распределения воды по системе и подачи ее хозяйствам, коэффициентом полезного действия межхозяйственной сети и системы в целом, коэффициентом полезного использования воды, выполнением заданий по сбору урожаев сельскохозяйственных культур. Чтобы повысить

коэффициент полезного действия каналов и системы, необходимо осуществлять мероприятия по борьбе с потерями воды (бетонные и железобетонные облицовки каналов, покрытия из асфальтовых и других материалов).

После согласования и утверждения хозяйственный план водопользования принимается к проведению (исполнению). Для этой цели организуют специализированные бригады (или звенья) поливальщиков. В подготовительный период они проверяют готовность системы к проведению поливов, выполняют эксплуатационную планировку поверхности полей, нарезку временной оросительной сети, расстановку водомерных устройств и поливной арматуры (переносные щиты, сифоны и т. п.). Во время поливов поливальщики с помощью щитов, сифонов и поливных трубок направляют воду из транспортирующих водотоков в борозды, полосы поливов, контролируют ход увлажнения почвы и соблюдение поливных норм. В случае отклонений потребного на увлажнение количества воды от планового хозяйство проводит корректировку (изменение) плана водопользования.

Исходные данные для выполнения задания приведены в табл. 5.13.

Таблица 5.13. **Исходные данные для выполнения задания**

Варианты	Обслуживаемая площадь, га	При максимальном водопотреблении		При минимальном водопотреблении		Водопроницаемость грунтов
		кол-во хозяйств	расходы в точке выдела	кол-во хозяйств	расходы в точке выдела	
1	2	3	4	5	6	7
1	31270	13 9	2,35 1,64	13 9	0,32 0,30	Сильная
2	30000	7 15	1,33 1,37	7 15	0,27 0,29	Низкая
3	29000	8 14	1,35 1,38	8 14	0,26 0,30	Средняя
4	32000	9 13	1,37 1,4	9 13	0,29 0,31	Сильная
5	28000	10 12	1,31 1,39	10 12	0,25 0,27	Слабая
6	25000	11 11	1,29 1,42	11 11	0,24 0,26	Средняя
7	38000	9 13	1,53 1,42	9 13	0,4 0,38	Слабая
8	26000	12 10	1,31 1,43	12 10	0,31 0,37	Сильная
9	27000	6 16	1,45 1,27	6 16	0,33 0,30	Слабая

1	2	3	4	5	6	7
10	24000	8 14	1,43 1,45	8 14	0,34 0,35	Средняя
11	32500	9 13	1,52 1,28	9 13	0,34 0,31	Сильная
12	33500	10 12	1,42 1,36	10 12	0,35 0,32	Слабая
13	35000	11 11	1,52 1,32	11 11	0,36 0,34	Средняя
14	36000	12 10	1,24 1,36	12 10	0,37 0,39	Сильная
15	36500	6 16	1,32 1,53	6 16	0,38 0,42	Слабая
16	24350	8 14	1,42 1,84	8 14	0,54 0,56	Низкая
17	37000	7 15	1,42 1,54	7 15	0,39 0,43	Средняя
18	35200	9 13	1,53 1,38	9 13	0,45 0,41	Средняя
19	21450	9 13	2,37 2,25	9 13	1,25 1,21	Низкая
20	27340	12 10	2,15 1,2	12 10	0,43 0,40	Сильная
21	29730	8 14	1,39 1,64	8 14	0,39 0,43	Слабая
22	30760	10 12	2,34 1,89	10 12	0,45 0,40	Средняя

6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ДОРОГ

6.1. Эксплуатационные качества дорог и критерии их оценки

К основным показателям эксплуатационных качеств автомобильных дорог относятся: обеспеченная скорость движения транспорта, пропускная способность, уровень загрузки движением, непрерывность, комфортность и безопасность движения, способность пропускать автомобили и автопоезда с осевой нагрузкой и грузоподъемностью (общей массой) в соответствии с категорией дороги. Основными параметрами и характеристиками, определяющими эксплуатационные показатели дороги, являются геометрические параметры (ширина проезжей части и краевых укрепленных полос, общая укрепленная ширина обочин, продольные уклоны, радиусы кривых в плане и профиле, уклоны виражей и расстояние видимости); прочность и состояние дорожной

одежды проезжей части и обочин; ровность и сцепление покрытий проезжей части и обочин; состояние земляного полотна; состояние и работоспособность водоотвода; габариты, грузоподъемность и состояние элементов обустройства дороги.

В процессе пользования дорогой показатели ее эксплуатационного состояния непрерывно изменяются, так как под действием движущегося транспорта, природно-климатических факторов и мероприятий по ремонту и содержанию происходят перемены параметров и характеристик дороги. Эти перемены происходят как в годовом, так и более длительном периоде. Характер сезонного внутригодового изменения зависит в основном от климатических условий. В более длительном периоде эксплуатационные показатели зависят от режимов дорожного движения, прочности покрытия и слоев одежды, водно-теплого режима дороги.

Важной характеристикой качества дороги служит оснащенность ее инженерным оборудованием и обустройством, к которым относят технические средства организации движения (ограждения, разметка, знаки), защитные сооружения (снегозащитные лесонасаждения, щиты, сетки).

К эксплуатационным качествам дороги следует отнести и такие показатели, как психофизиологическое восприятие дороги водителем, уровень шума и вибрации, отражающая способность покрытий, эстетичность.

С целью определения эксплуатационных качеств дороги и соответствия их предъявляемым требованиям проводят оценку ее состояния и имеющихся на ней дорожных сооружений. При оценке выполняют текущие, периодические, сезонные осмотры, а также специальные или детальные обследования.

Осмотры проводят, как правило, визуально, используя при необходимости простейшие мерные инструменты и приборы. Приборы могут быть установлены как на передвижной тележке или автомобиле, так и стационарно на определенном месте дороги. По ним берут необходимые показания для оценки состояния дорожной конструкции и движения транспорта.

Обследования ведут с применением специального оборудования и передвижных лабораторий, смонтированных на базе легкового или грузового автомобиля или автобуса.

Оценка геометрических параметров дороги включает измерение ширины проезжей части, краевых укрепленных полос и обочин на каждом характерном участке дороги: на прямых и кривых в плане и

профиле, в местах сужений и изменения ширины, на мостах, над трубами, на высоких насыпях, в местах установки ограничения и т. п. (но не реже, чем одно измерение на 1 км). Определяют также состояние земляного полотна, уклоны обочин, крутизну откосов, продольные и поперечные уклоны дорожных покрытий. Для этих целей используют различные приборы, в том числе угломерные линейки типа КП-135.

Оценку состояния земляного полотна выполняют визуальными и инструментальными обследованиями в полевых и лабораторных условиях. Службе эксплуатации дорог необходимо систематически изучать состояние земляного полотна и водоотводных сооружений на протяжении всей дороги и в особенности на участках, подверженных зимнему пучению и деформациям. Эти данные фиксируют в паспорте дороги и затем используют их при проектировании ремонтных работ.

Оценка состояния водоотводных сооружений включает определение целостности устройств, степени сохранности заданных геометрических форм, целостности конструкции укрепления, стоковой способности. При этом выявляют места заилиения, засорения или зарастания боковых канав травой и кустарником, места разрушения водоотводных сооружений, застоя воды. При оценке дренажных устройств отмечают места засорения устьев оплывшим по откосу грунтом, места возможного заилиения и разрушения дрена, засорения отстойников.

Для оценки прочности дорожных конструкций с нежесткими дорожными одеждами на каждом характерном участке выбирают одну контрольную точку в таком месте на покрытии, где его состояние по видам дефектов является характерным для данного участка. Если в пределах характерного участка развито несколько видов дефектов, занимающих примерно одинаковые площади, контрольную точку располагают в зоне распространения дефекта, соответствующего худшему состоянию покрытия. Контрольную точку обозначают краской в виде круга диаметром 10 см на ближайшей к кромке покрытия полосе наката. Для испытания дорожной конструкции используют груженный автомобиль, у которого нагрузка на колесо и давление на покрытие близки к расчетным для данной дороги.

Прочность дорожной одежды с усовершенствованным типом покрытия проверяют по трем критериям: упругому прогибу, сопротивлению сдвигу и растяжению при изгибе.

Прогибы дорожной поверхности измеряют специальными приборами и установками. Относительный упругий прогиб не должен превышать значений, при которых в одежде возникают остаточные деформации от многократного воздействия на нее движущимся транс-

портом. Прочность дорожной одежды с измерением прогиба определяют в период, когда одежда расположена на переувлажненном грунте и прочность ее наименьшая.

Для измерения упругого прогиба под колесом неподвижного расчетного автомобиля можно использовать длиннорычажный рычажный прогибомер (рис. 6.1), имеющий составной рычаг, который за счет шарикоподшипников свободно вращается на оси, закрепленной в корпусе опорной части 5. Рычаг представляет собой пространственную трубчатую ферму переменной высоты с треугольным поперечным сечением.

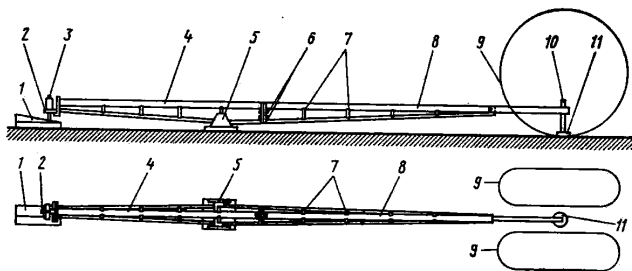


Рис. 6.1. Схема длиннорычажного рычажного прогибомера:

- 1 – клиновидная опорная подкладка; 2 – кронштейн; 3 – индикатор;
4 – измерительное плечо рычага; 5 – опорная часть; 6 – закрепительные болты;
7 – ребра жесткости; 8 – грузовое плечо рычага; 9 – колесо; 10 – шуп; 11 – подпятник

Соотношение длин грузового 8 и измерительного 4 плеч рычага равно 2:1. Длина грузового плеча составляет 2,5 м. Конец грузового плеча рычага снабжен шупом 10, который с помощью шарового шарнира соединен с подпятником 11. Соединение шупа и рычага резьбовое. Конец измерительного рычага снабжен кронштейном 2 для крепления индикатора 3. Для избежания погрешностей при измерении прогибов дорожной одежды, связанных с неравномерным нагреванием фермы рычага в солнечную погоду, все ее элементы покрыты теплоизоляционными материалами.

Закончив измерение прогиба на одной точке, переезжают на следующую. При переезде на следующую точку прибор можно не переводить в транспортное положение. Следует только снять индикатор и осторожно погрузить прибор в кузов автомобиля.

Одним из видов изменения дорожных покрытий является износ, в результате чего уменьшается толщина покрытия от потери материала под действием движения транспорта и природных факторов. Ежегод-

ный износ усовершенствованных покрытий невелик и составляет иногда меньше 1 мм в год. Для измерения износа применяют различные приборы, а также марки, закладываемые в покрытие.

Износ можно определять путем измерения толщины покрытия различными приборами. Для этого при строительстве покрытия на определенных поперечниках, на которых намечено проводить измерения (их отмечают на обочинах столбами), закладывают реперы в виде металлических стаканчиков или колец.

Ровность дорожного покрытия нарушается в результате появления выступов и впадин на его поверхности. Неровности приводят транспортные средства в колебательное состояние при движении.

Оценку технико-эксплуатационного состояния мостов и труб проводят путем их осмотра. Существует три вида номенклатурных осмотров: текущий, периодический, специальный. Целью текущих и периодических осмотров является наблюдение за общим состоянием сооружений с выявлением дефектов, контроль за выполнением работ по содержанию и ремонту, установление порядка последующего надзора за сооружением. Текущие осмотры мостов и труб проводят мостовые или дорожные мастера на вверенном им участке дороги. Периодические осмотры проводит начальник, заместитель начальника, главный инженер дорожного эксплуатационного подразделения совместно с мостовым (дорожным) мастером. Если при текущем или периодическом осмотре на сооружении обнаружены дефекты, снижающие его грузоподъемность, то такое сооружение подлежит специальному осмотру.

Материалы специальных осмотров служат для разработки мероприятий по содержанию и ремонту сооружений, проведению их усиления или реконструкции, назначению режима эксплуатации, пропуску тяжеловесных автотранспортных средств, а также для введения или отмены ограничений по пропуску нагрузок.

В процессе эксплуатации на автомобильных дорогах по различным причинам возникают деформации и разрушения. Под деформацией понимают изменение размеров или формы тела без уменьшения его массы и потери сплошности. Разрушение – изменение размеров и формы тела с уменьшением его массы или с потерей сплошности.

Под совместным воздействием многократно повторяющихся нагрузок от транспорта и природных факторов в дорожной конструкции возникают напряжения и деформации, которые, постепенно накапливаясь, могут привести к ее разрушению.

Лабораторная работа 1. Определение ровности дорожного покрытия

Ровность дорожного покрытия – один из важных показателей его эксплуатационных качеств. От ровности зависит скорость и безопасность движения транспорта, а также комфортность перемещения в нем водителей и пассажиров. Ровность дорожного покрытия нарушается в результате появления выступов и впадин на его поверхности. Неровности приводят транспортные средства в колебательное состояние при движении. Колебания бывают вертикальные, продольные и поперечные, которые передаются водителю и пассажирам транспортного средства. Неровности чаще всего обуславливаются низким качеством строительных работ, а также некачественной эксплуатацией и содержанием дорог. Работа выполняется на ближайшей асфальтированной дороге.

Для измерения неровностей асфальтового покрытия применяют мерные рейки, профильграфы, толчкоммеры и другие приборы. Простейшим способом является применение трехметровой рейки (рис. 6.2). Ровность оценивают по величине зазоров между низом рейки, уложенной на проезжую часть дороги, и поверхностью покрытия. Измерения ровности проводят укладкой рейки на поверхность покрытия параллельно оси дороги в трех местах на расстоянии 0,5–1,0 м от левой и правой кромок покрытия (или краевой полосы движения), а также по ее оси (рис. 6.3). Длину исследуемого участка для внутрихозяйственных дорог принимают равной 100–150 м. Просветы под уложенной рейкой измеряют мерным клинком в пяти точках, расположенных на расстоянии 0,5 м от концов рейки и друг от друга.

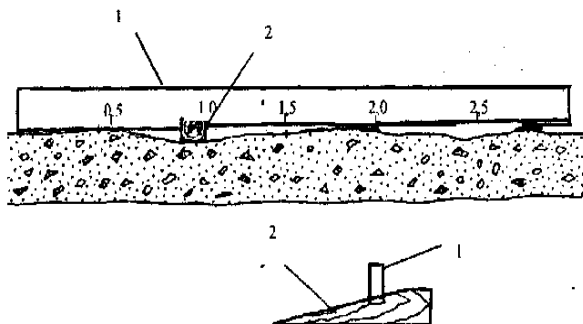


Рис. 6.2. Трехметровая рейка с мерным клинком для измерения ровности дорожного покрытия: 1 – рейка; 2 – мерный клин

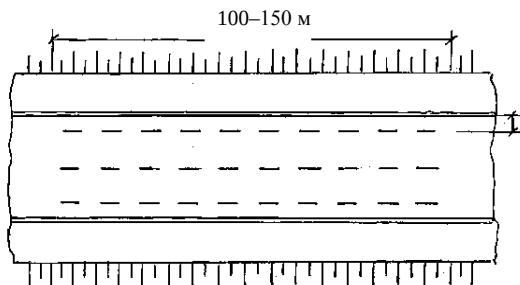


Рис. 6.3. Схема установки трехметровой рейки на проезжей части исследуемого участка дороги

В пределах исследуемого участка замеряют не менее 100–130 просветов (25–30 приложений рейки).

Результаты полевых промеров заносят в табл. 6.1.

Результаты промеров обрабатывают. Вначале определяют общее число промеров (точек) определенного размера: до 5 мм – Σ_1 , 5–10 мм – Σ_2 , более 10 мм – Σ_3 и их общую сумму $\Sigma_{\text{общ}} = \Sigma_1 + \Sigma_2 + \Sigma_3$. Затем каждый размер просветов выражают в процентах от их общего числа:

$$\begin{array}{lll} \Sigma_{\text{общ}} - 100 \% ; & \Sigma_{\text{общ}} - 100 \% ; & \Sigma_{\text{общ}} - 100 \% ; \\ \Sigma_1 - x_1 ; & \Sigma_2 - x_2 ; & \Sigma_3 - x_3 . \end{array}$$

Таблица 6.1. Журнал измерений ровности поверхности дорожного покрытия

Место измерения				Количество просветов			
Километр	ПК	Номер поперечника	Полоса прилож. рейки	До 5 мм	5–10 мм	Более 10 мм	Примечание
5	3	1	Левая	..	..	.	
			Ось дороги	...	.	.	
			Правая	.	..	..	
		2	Левая	...	.	.	
			Ось дороги	.	..	..	
			Правая	..	..	.	
		...					
		10	Левая	..	..	.	
			Ось дороги	...	.	.	
			Правая	.	...	.	
			Итого на участке	$\Sigma_1 =$	$\Sigma_2 =$	$\Sigma_3 =$	

Считается, что асфальтовое покрытие находится в хорошем состоянии, если 95 % замеренных просветов имеют величину до 5 мм и не

более 5 % – до 10 мм. Покрытие может получить оценку «отлично», если 98 % просветов имеют величину до 5 мм и 2 % – до 10 мм.

По результатам расчетов делают вывод.

Лабораторная работа 2. Определение шероховатости дорожного покрытия

Шероховатость дорожного покрытия – наличие на поверхности мелких неровностей. Для его оценки применяют прибор игольчатого типа ПКШ-4 (рис. 6.4) и др. Игольчатый прибор ПКШ-4 состоит из тонких игл, защемленных между зажимными планками. Внизу планки имеют ограничительные опоры.

Работа выполняется на ближайшей асфальтированной дороге. Для измерения шероховатости прибор устанавливают на покрытие и слегка нажимают сверху. При этом иглы прибора копируют поверхность дорожного покрытия. Затем полученный микропрофиль переносят на миллиметровую бумагу и определяют среднюю высоту выступов, средний шаг и средний угол при вершине. Шероховатость в намеченных точках створа определяют дважды, устанавливая прибор вдоль оси дороги и перпендикулярно к ней. При расхождении результатов средних показателей более чем на 10 % проводят дополнительное измерение с установкой прибора под углом 45° к оси дороги. Необходимое сцепление колес с дорогой обеспечивается, если средняя высота выступов превышает 1,5–3,5 мм, среднее расстояние между выступами составляет не более 12,5 мм, а число выступов с углом при вершине более $70\text{--}110^\circ$ равно 2–30 % и менее $150\text{--}180^\circ$ – 76–45 %.

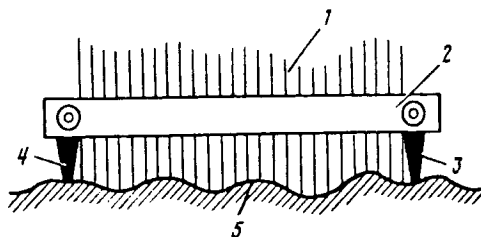


Рис. 6.4. Прибор ПКШ-4:
1 – иглы; 2 – зажимная планка;
3, 4 – опоры; 5 – поверхность покрытия

Простейшим методом оценки шероховатости покрытия является «Песчаное пятно». При этом методе берут 25 или 50 см³ (V) сухого мелкозернистого песка, просеянного через сито с отверстиями 0,25 мм, и линейкой распределяют его по покрытию так, чтобы получился контур, площадь которого (F, см²) можно легко определить (круг, квадрат, прямоугольник). Линейку слегка прижимают к покрытию и добиваются такого состояния, когда весь песок погрузится в углубления на асфальте. Затем определяют среднюю глубину впадин:
$$h = \frac{10 \cdot V}{F}$$
 Значе-

ние h должно быть не менее 1,0 мм на ровных участках дороги и не менее 1,8 мм на опасных (повороты, крутые спуски и подъемы, места остановки автобусов). Для контроля шероховатости на каждой полосе движения проводят, как правило, 5 измерений на выбранном участке дороги. На выбранном участке намечают не менее трех створов с расстоянием между ними 5–10 м. В створах измерения проводят на полосах наката и на оси проезжей части. Из всех замеров определяют среднее значение глубин впадин ($h_{\text{ср}}$, мм).

7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

7.1. Эксплуатация мелиоративных насосных станций

Насосные станции на осушительных, осушительно-увлажнительных и оросительных системах предназначены для откачки воды при осушении почв с механическим водоподъемом или для подачи ее на увлажнение. Они могут быть передвижными, стационарными и плавучими. Плавучие применяют при большом изменении уровней воды в источнике, а передвижные – при кратковременном их использовании, когда строительство стационарной станции экономически невыгодно. Плавучие насосные станции имеют постоянную высоту всасывания, легко запускаются в работу, забирают воду из верхних осветленных и более теплых слоев водоисточника. Эксплуатация их заключается в поддержании в исправности насосных агрегатов, электрических двигателей или двигателей внутреннего сгорания, трубопроводов, катера (понтон), в котором смонтировано все оборудование. Необходимо периодически осматривать станцию, устранять появившиеся неисправности, проводить покраску для предохранения металла от коррозии. В зимний и весенний периоды нужно принимать меры по предохранению катера от повреждений льдом – скалывать лед зимой, устраивать защитные сооружения.

Передвижные насосные станции смонтированы на специальной тележке с собственным двигателем. В качестве двигателя для насоса используют электромотор, двигатель внутреннего сгорания или привод для отбора мощности от трактора. Станция в комплекте с трактором может быть в прицепном или навесном варианте. С помощью передвижных насосных станций обслуживают несколько (2–3) осушаемых или орошаемых участков. Монтажно-демонтажные работы при этом занимают мало времени. Передвижные насосные станции имеют производительность от 18 до 360 л/с с напором от 5 до 110 м. В зависимости от конструкции и способа передвижения различают следующие виды насосных станций.

СНП – станция насосная передвижная, прицепная. Оснащена двигателем внутреннего сгорания, соединенным непосредственно или через редуктор с насосом. Все оборудование смонтировано на рамесалазках или тележке с пневматическими шинами, что позволяет перемещать станцию при помощи трактора. На большие расстояния станцию с салазками рекомендуется перемещать на автомобиле с погрузкой на него краном соответствующей грузоподъемности.

СНПЭ – станция насосная передвижная, прицепная с электродвигателем. Применяют при наличии электропитания.

ПНС-Т – передвижная насосная станция с отбором мощности от трактора. У этой станции на рамесалазках монтируют насос и редуктор (без двигателя). Насос приводится в движение непосредственно от карданного вала (при совпадении частоты вращения вала трактора и насоса) и через редуктор (при разной частоте вращения). Передвижные станции на другое место работы выполняют трактором.

СНН – станция насосная навесная. У этой станции насос монтируют на специальной раме, которую закрепляют на шасси трактора.

От устройства станции зависит состав эксплуатационных работ. Наиболее распространена передвижная станция СНП-50/80. К работе на этой передвижной насосной станции допускают лишь специально подготовленный персонал. Всасывающий трубопровод и насос заполняют водой при помощи газоструйного вакуум-аппарата. Автоматическая защита позволяет вести эксплуатацию насосной станции без постоянного наблюдения обслуживающим персоналом. Она обеспечивает остановку двигателя при отклонении рабочих параметров от нормы.

При эксплуатации насосной станции необходимо строго соблюдать технику безопасности. Перед началом работы следует убедиться в исправности станции и приборов. Запуск в работу можно начинать только после установки ее на трех опорах. Во время работы запрещается проводить ремонт, смазку, заправку топливом, регулировать затяжку

сальников. Нельзя транспортировать насосную станцию с присоединенным всасывающим трубопроводом.

Стационарные насосные станции проектируют для обслуживания больших мелиорируемых территорий. Они выполняют различные функции: осушение, орошение, перераспределение стока между бассейнами рек, закачку воды в водохранилища и др. В стационарную станцию входят здание, основное и вспомогательное оборудование. Основная задача эксплуатации – поддержание в исправном состоянии здания станции и всего оборудования. Для этого необходимо периодически осматривать конструктивные элементы здания, заделывать цементным раствором трещины и места осыпавшейся штукатурки, делать побелку и покраску конструкций. Что касается содержания оборудования, то нужно своевременно проводить ежедневное обслуживание, техническое обслуживание, техническое обслуживание при хранении и текущий ремонт.

Ежедневное обслуживание предусматривает очистку оборудования от загрязнения, проверку наличия смазки, ликвидацию течи в сальниках, проверку надежности креплений, контроль измерительных приборов. Это обслуживание проводят дежурные машинисты при сдаче-приеме смены.

При техническом обслуживании выполняют операции по ежедневному и дополнительно осуществляют регулировку некоторых узлов оборудования, устраняют возникшие неисправности, проверяют соответствие паспортным данным параметров напора, расхода, частоты вращения вала двигателя и насоса, мощности, КПД и т. д.

Техническое обслуживание при хранении предусматривает очистку оборудования от загрязнения и коррозии; просушивание и покрытие лакокрасочными материалами деталей электродвигателей; покрытие оборудования и приборов антикоррозионными красками и смазками; доливку или замену масел в узлах смазки; осмотр и покрытие антикоррозионным материалом внутренних полостей корпусов насосов; очистку и смазку рабочих поверхностей контактов и электромагнитов; замену изношенных деталей. При подготовке станции к работе после длительного хранения все оборудование и приборы расконсервируют – очищают от предохранительной смазки, устанавливают снятые для хранения детали и узлы, проводят детальный осмотр и контрольный пуск станции.

Планирование работ по техническому обслуживанию насосной станции осуществляют на основании нормативов, актов осмотра и консервации. Выполнение технического обслуживания и объемы работ

отражают в годовых планах-графиках работы станции. На стационарных насосных станциях также необходимо строго выполнять требования техники безопасности, производственной санитарии и противопожарной безопасности.

Осушительные насосные станции польдерных систем устраивают для своевременной откачки воды с обвалованной территории и поддержания требуемых уровней воды в водотоках и каналах, соответствующих оптимальным уровням грунтовых вод для различных фаз вегетации сельскохозяйственных культур.

Расчетный расход, который необходимо перекачать насосной станцией, для всех типов польдеров определяют по формуле:

$$Q_{\text{nc}} = \frac{1}{n} \cdot Q_{\text{пр}} \cdot K,$$

где Q_{nc} – расчетный расход, $\text{м}^3/\text{с}$;

n – коэффициент использования суточного времени (0,8–0,96);

$Q_{\text{пр}}$ – расчетный приток воды к насосной станции, $\text{м}^3/\text{с}$;

K – коэффициент, учитывающий влияние регулирующего бассейна.

Его определяют по зависимости:

$$K = 1 - \sqrt{\frac{W}{W_{\text{ст}}}},$$

где W – объем стока, вмещающийся в регулирующем бассейне, м^3 ;

$W_{\text{ст}}$ – общий объем стока расчетного периода, м^3 .

Для незатопляемых (зимних) польдеров расчетный приток воды определяют по формуле:

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{пг}} + Q_{\text{ф}} + Q_{\text{гн}},$$

где $Q_{\text{пг}}$ – расчетный приток воды к насосной станции за счет поверхностных вод и снижения уровня грунтовых вод, $\text{м}^3/\text{с}$;

$Q_{\text{ф}}$ – фильтрационный приток воды через дамбы и их основание, $\text{м}^3/\text{с}$;

$Q_{\text{гн}}$ – приток воды от грунтово-напорного питания, $\text{м}^3/\text{с}$.

Для летних польдеров расчетный приток воды к насосной станции определяют по формуле:

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{г}} + Q_{\text{к}} + Q_{\text{ф}} + Q_{\text{гн}},$$

где $Q_{\text{г}}$ – приток воды за счет выпавших осадков и водоотдачи грунта при понижении уровня грунтовых вод до нормы осушения, $\text{м}^3/\text{с}$;

Q_k – приток воды, оставшейся к началу откачки в каналах, водоемах, на поверхности осушаемой территории, $\text{м}^3/\text{с}$.

Механическое оборудование сооружений обеспечивает заданный режим работы насосной станции. К такому оборудованию относятся сороудерживающие решетки, затворы, щиты, сороочистные машины и др. Периодичность осмотра и обслуживания механического оборудования назначают в зависимости от условий работы и загрузки. Для обеспечения безаварийной работы оборудования проверяют надежность всех болтовых, заклепочных и сварных соединений.

Сороудерживающие решетки устанавливают у отверстий всасывающих труб насосов и водоприемных камер. Решетки могут быть наклонными ($70\text{--}80^\circ$) и вертикальными. Наклонные более удобны при ручной очистке. Расстояние между стержнями решеток принимают $0,03\text{--}0,05$ диаметра рабочего колеса, но не менее 30 мм и не более 100–150 мм. Сороудерживающие решетки очищают вручную, если частота очистки не более трех раз в сутки. Расстояние между стержнями при ручной очистке рекомендуют принимать не более 60 мм. При необходимости многократной очистки решеток на протяжении суток следует применять специальные решеткоочистительные машины.

При эксплуатации сороудерживающих решеток устанавливают предельно допустимые перепады уровней. При достижении максимального перепада уровней до и после решетки необходимо проводить ее очистку. Для бесперебойной и эффективной работы щитов и затворов нужно тщательно следить за состоянием опорно-ходовых частей подъемных механизмов и тормозящих устройств, уплотнений по контуру затвора (щита). При вибрации щитов и затворов, находящихся под напором, выявляют и устраняют причины вибрации.

Металлоконструкции не реже одного раза в год покрывают водостойкими красками и лаками. Маневрировать затворами, щитами, решетками, а также обслуживать их во время работы насосов не разрешается. Подъем щитов и затворов, установленных перед всасывающими трубами насосов, осуществляют после заполнения водой всасывающих труб. Перед началом маневрирования щитами и затворами необходимо убедиться в том, что на пути движения воды нет людей и посторонних предметов, в сети питания электродвигателей нормальное напряжение, имеется автоблокировка ручного и электрического приводов, блокирующие устройства в крайних положениях щитов и затворов (конечные выключатели) исправны.

При заборе воды из водоемов рыбохозяйственного назначения на водозаборных сооружениях применяют рыбозащитные устройства, которые могут быть механическими, гидравлическими и физиологи-

ческими. К механическим относятся сетчатые полотна и барабаны, плетневые заграждения, каменные наброски, растительные фильтры и кассеты с искусственными и естественными материалами. Сетки очищают от мусора при помощи перемещающейся трубчатой перфорированной рамы, из которой вытекают под давлением струи воды. Плетни, каменная наброска и растительные фильтры применяют на малых водозаборах. Кассеты представляют собой проволочный каркас с искусственным или естественным наполнителем. Их вставляют в специальные пазы водозаборных отверстий. Для очистки кассеты извлекают и промывают водой под напором, а на их место устанавливают запасные.

Гидравлические рыбозащитные устройства выполняют в виде струенаправляющих щитов, которые создают гидравлический режим водотока с критической скоростью, которая ориентировочно (м/с) принимается равной десятикратной длине тела рыбы (м).

Физиологические рыбозащитные устройства представляют собой различного рода поля – электрические, звуковые, световые, которые работают на принципе физиологического воздействия на организм рыбы.

Профилактический осмотр и ремонт рыбозащитных устройств проводят не реже одного раза в месяц в первый год эксплуатации и одного раза в два месяца в последующие годы. В практике гидротехнического строительства наибольшее распространение получили механические рыбозащитные устройства.

На насосных станциях с сезонным режимом работы перед зимним периодом опорожняют все трубопроводы; завершают наружные ремонтные работы по сооружениям; демонтируют установленные вне помещения контрольно-измерительные приборы, требующие хранения при положительных температурах; проводят осмотр оборудования и механизмов и устраняют обнаруженные дефекты. На насосных станциях с круглогодичной работой перед зимним периодом выявляют места заторов и принимают меры к их устранению; устанавливают устройства для околки льда на сооружениях (подмости, люльки); проверяют исправность систем отопления и электрообогрева; решетки очищают и покрывают битумом или винипластом для предотвращения их обмерзания; утепляют клапаны срыва вакуума, противоударную арматуру, контрольно-измерительные приборы наружной установки.

Пользователи мелиоративных систем и организации по эксплуатации мелиоративных систем периодически ведут наблюдения за следующими показателями функционирования элементов насосных станций:

- расходом воды, напором и КПД насосных агрегатов;
- потребляемым количеством электроэнергии на 1000 м³ поданной воды;
- протечкой воды через сальники насосов, трещины и гидроизоляцию подземной части здания;
- герметичностью фланцев трубопроводов и смонтированных на них измерительных приборов;
- функционированием клапанов срыва вакуума и обратных клапанов на напорных трубопроводах;
- заилением наносами аванкамеры;
- герметичностью перекрытия отверстий в гидротехнических сооружениях (в камере переключения, водовыпуске) затворами;
- надежностью электроснабжения насосных станций;
- достоверностью показаний приборов контроля качества и количества потребляемой электроэнергии.

Пользователи мелиоративных систем и организации по эксплуатации мелиоративных систем при эксплуатации насосных станций осуществляют:

- на неавтоматизированных насосных станциях ежедневное дежурство, при необходимости круглосуточное дежурство машинистов в соответствии с инструкцией, утвержденной руководителем организации по строительству и эксплуатации мелиоративных систем;
- на автоматизированных насосных станциях периодическое наблюдение и обследование мобильной бригадой по графику, утвержденному руководителем эксплуатирующей организации, или по сигналу, поступающему на пункт автоматического контроля функционирования насосной станции;
- соблюдение назначенного режима откачек воды (подачи) насосными агрегатами;
- своевременную откачку избыточной воды, поступающей в аванкамеру;
- технический уход за основными и вспомогательными агрегатами, приборами контроля, устройствами и оборудованием;
- ремонт всех систем, элементов и сооружений узла насосной станции;
- очистку аванкамеры, подводящих и отводящих каналов от наносов, сороудерживающих решеток от плавающей растительности, мусора.

Режим работы для каждой насосной станции устанавливается пользователями мелиоративных систем и организациями по эксплуатации мелиоративных систем.

Задание 1. Составление плана работы насосной станции

Режим работы польдерной насосной станции характеризуется необходимостью сброса больших расходов и объемов воды при малой высоте подъема (1,5–5 м); большой динамичностью высоты подъема как во время одного цикла работы (до 1–2 м), так и в течение всего года (до 1–5 м); сравнительно небольшой продолжительностью и большой неравномерностью в течение года. Указанным условиям работы наиболее удовлетворяют низконапорные вертикальные пропеллерные насосы.

Осушительные станции, как правило, работают в автоматическом режиме: насосные агрегаты включаются по сигналам датчиков уровня воды в аванкамере. Особое внимание при этом уделяют датчикам-сигнализаторам уровня (электродным, поплавковым и др.), по команде которых включаются и выключаются насосные агрегаты. Эти датчики устанавливают в аванкамере насосной станции. Эксплуатацию их осуществляют в соответствии с заводскими инструкциями.

График работы осушительной насосной станции составляют в соответствии с прогнозами и данными о стоке и корректируют в зависимости от количества осадков. При этом учитывают имеющиеся регулирующие емкости магистрального канала, регулирующего бассейна и др. Для нормальной работы осушительной станции необходима периодическая тщательная очистка от мусора и растительности всех каналов и регулирующих емкостей. При работе на польдерах необходимо вести наблюдение за равномерностью осушения всей территории, для чего периодически проводят планировочные работы (поддержание всех отметок на проектном уровне).

Польдерную насосную станцию и магистральный канал можно рассматривать как единое целое: их совместная работа обеспечивает поддержание на осушаемой территории необходимого водного режима.

Характер работы насосной станции в режиме осушения циклический, за откачкой следует перерыв в работе для последующего наполнения проводящей сети и аванкамеры, поэтому для регулирования водного режима на польдере назначают две рабочие отметки – верхнюю и нижнюю. Верхний уровень воды, при котором должна включаться станция, является рабочим или максимальным эксплуатационным уровнем, а уровень, при котором станция должна выключаться, – нижним пределом откачки.

Рассмотрим на конкретном примере составление плана работы насосной станции.

Исходные данные.

Польдерная осушительная система обслуживает площадь 2000 га.

Годовая сумма осадков $O = 695$ мм.

Самый низкий участок польдера находится на расстоянии $L = 600$ м от насосной станции и имеет отметки поверхности земли $H_3 = 2,17$ м.

Уклон магистрального канала на этом участке $i = 0,0003$.

Расстояние между осушителями $B = 120$ м.

Почвы участка торфяные. Участок используется под многолетние сеяные травы.

Кривая зависимости расходов от уровней воды в магистральном канале показана на рис. 7.1.

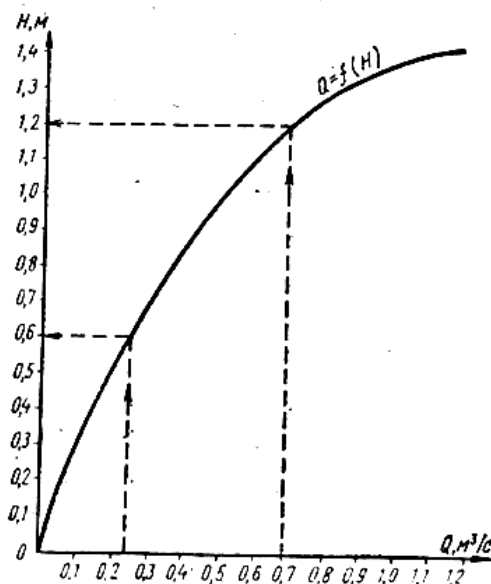


Рис. 7.1. Кривая зависимости расходов от уровней воды в магистральном канале

Среднемесячные уровни воды в водоприемнике определены по водомерному посту и составляют:

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$H_{в.б}$	1,65	2,4	1,65	2,0	2,2	1,6	1,6	2,1	2,7	2,7	2,5	2,8

Польдерную систему обслуживает насосная станция, оборудованная тремя насосами, производительность каждого из которых зависит от напора и составляет:

Напор насоса, м	1,7	2,5	3
Расход, м ³ /ч	1450	1300	1150

Суммарные гидравлические потери для насоса $\Sigma h_m = 1,4$ м, КПД насосной станции $\eta_{н. ст} = 0,8$. Стоимость 1 кВт · ч Ц = 295 руб. (условно).

Объем регулирующей емкости составляет 250 тыс. м³.

Норма осушения для вегетационного периода $h = 0,65$ м и для остальных периодов $h = 0,6$ м.

Приток воды к насосной станции (P) в процентах от годового объема V_{Γ} составляет:

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
P	10	26	18	8	1	0,7	1,5	1	1,5	8	8,5	15,8

Требуется:

1. Составить план работы насосной станции.
2. Определить расход и стоимость электроэнергии.

Пример выполнения задания.

1. Определяют годовой приток воды к насосной станции по формуле:

$$V_{\Gamma} = \frac{a \cdot (O - e) \cdot F}{100},$$

где V_{Γ} – годовой приток воды к насосной станции, тыс. м³;

a, e – региональные коэффициенты, зависящие от района расположения мелиоративной системы (для расчетов принимают $a = 0,56, e = 125$);

O – годовая сумма осадков, мм;

F – водосборная площадь, га.

$$V_{\Gamma} = \frac{0,56 \cdot (695 - 125) \cdot 2000}{100} = 6384 \text{ тыс. м}^3.$$

2. Приток воды к насосной станции за месяц рассчитывают по формуле:

$$V_{\text{мес}} = V_{\Gamma} \cdot \frac{P}{100},$$

где P – приток воды к насосной станции, % от годового объема.

3. Приток воды к насосной станции за сутки определяют следующим образом:

$$V_{\text{сут}} = \frac{V_{\text{мес}}}{T},$$

где T – число суток в месяце.

4. Среднесуточный расход в магистральном канале находят по формуле:

$$Q = \frac{V_{\text{сут}}}{86,4},$$

где Q – среднесуточный расход в магистральном канале, м³/с.

5. Уровни воды в магистральном канале $H_{н.б}$ определяют по графику (см. рис. 7.1) в зависимости от среднесуточного расхода.

Результаты расчетов по пп. 2–5 сводят в табл. 7.1.

Таблица 7.1. Приток к насосной станции, расход и уровни воды в магистральном канале

Месяц	Процент годовой нормы P	Приток к насосной станции		Магистральный канал	
		за месяц, тыс. м ³	за сутки, тыс. м ³	среднесуточный расход, м ³ /с	уровни воды в нижнем бьефе $H_{н.б}$, м
Январь	10	638,40	20,4	0,24	0,6
Февраль	26	1659,84	59,8	0,69	1,2
Март	18	1149,12	37,0	0,43	0,9
Апрель	8	510,72	17,0	0,20	0,53
Май	1	63,84	2,06	0,02	0,15
Июнь	0,7	44,69	1,49	0,017	0,08
Июль	1,5	95,76	3,08	0,035	0,16
Август	1	63,84	2,06	0,02	0,15
Сентябрь	1,5	95,76	3,19	0,04	0,18
Октябрь	8	510,72	16,5	0,19	0,5
Ноябрь	8,5	542,64	18,1	0,21	0,55
Декабрь	15,8	1008,67	32,2	0,37	0,82
Итого...	100	6384,0	–	–	–

6. По данным $H_{в.б}$ и $H_{н.б}$ строят график (рис. 7.2) колебаний уровней воды в верхнем и нижнем бьефах насосной станции.

Минимальный эксплуатационный уровень (амплитуда очистки) определяется эксплуатационными требованиями к насосам. Амплитуду откачки обычно принимают равной 0,3–0,5 м, но не менее 0,2 м. Насосное оборудование устанавливают с расчетом возможности рабо-

ты при нижнем пределе откачки, при этом нижняя кромка всасывающей трубы должна быть заглублена под нижний уровень воды на 0,6–0,7 диаметра трубы, но не более чем на 40 см.

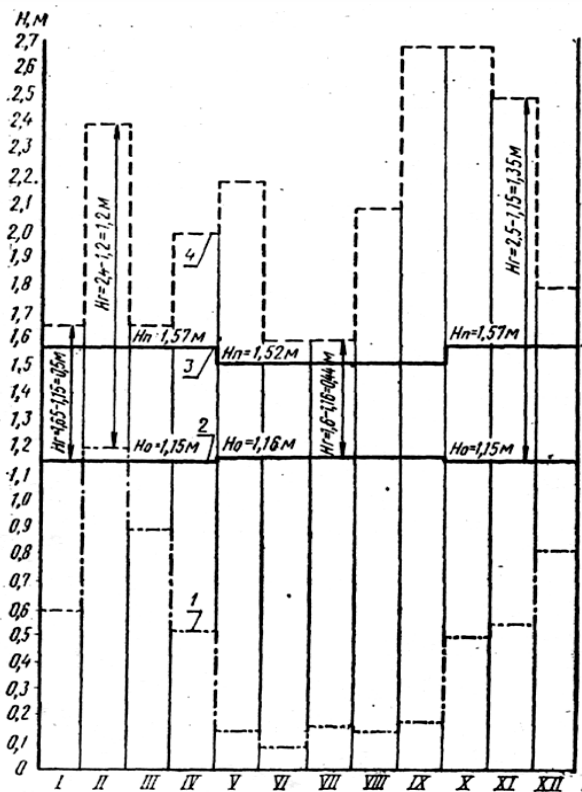


Рис. 7.2. Колебание уровней воды в верхнем и нижнем бьефах насосной станции:
1 – уровень воды в нижнем бьефе; 2–3 – отметки соответственно остановки и пуска насосной станции; 4 – уровень воды в верхнем бьефе

Указанные уровни (главным образом максимальный эксплуатационный) назначают в зависимости от использования территории и периода года. Обычно выделяют следующие периоды: весеннего половодья, послепаводковый и вегетационный.

Из графика видно, что уровни воды в водоприемнике $H_{в.б}$ выше, чем в магистральном канале $H_{н.б}$, следовательно, из польдера воду сбросить самотеком невозможно.

7. Для решения вопроса о плане работы насосной станции необходимо определить уровни воды в момент пуска $H_{п}$ и остановки $H_{о}$ насосов в предпосевной (III–IV мес.), вегетационный (V–IX мес.) и осенне-зимний (X–II мес.) периоды.

Уровни воды в момент пуска и момент остановки насосов определяют по формулам:

$$H_{п} = H_3 - h;$$

$$H_{о} = H_3 - (h + t + i \cdot L),$$

где $H_{п}$ – уровень воды в нижнем бьефе в момент пуска насосов, м;

H_3 – отметка поверхности земли самого низкого участка польдера, м;

h – норма осушения, м;

$H_{о}$ – уровень воды в нижнем бьефе в момент остановки насосов, м;

t – превышение кривой депрессии над уровнем воды в осушителях (напор кривой депрессии);

i – уклон дна магистрального канала;

L – расстояние от насосной станции до самого низкого участка польдера.

$$t = \frac{B}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

где $\operatorname{tg} \alpha = 0,003$ для вегетационного периода и $0,004$ для предпосевного и осенне-зимнего периода.

Схема для определения показателей, входящих в формулы, приведена на рис. 7.3.

Далее определяют отметки во время пуска и остановки насосной станции:

а) в предпосевной период (март – апрель):

$$H_{п} = H_3 - h = 2,17 - 0,6 = 1,57 \text{ м},$$

$$H_{о} = 2,17 - (0,6 + \frac{120}{2} \cdot 0,004 + 0,0003 \cdot 600) = 1,15 \text{ м};$$

б) в вегетационный период (май – сентябрь):

$$H_{п} = 2,17 - 0,65 = 1,52 \text{ м};$$

$$H_0 = 2,17 - \left(0,65 + \frac{120}{2} \cdot 0,003 + 0,0003 \cdot 600\right) = 1,16 \text{ м};$$

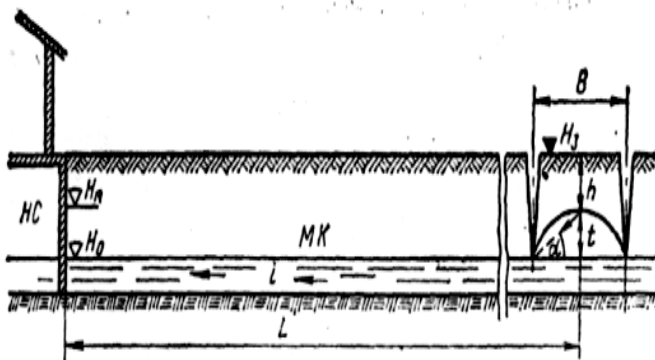


Рис. 7.3. Схема к расчету притока воды к насосной станции

в) в осенне-зимний период (октябрь – февраль):

$$H_{\text{п}} = 1,57 \text{ м}, \quad H_0 = 1,15 \text{ м}.$$

Отметки $H_{\text{п}}$ и H_0 насосов наносим на график (см. рис. 7.2).

8. Геодезический напор для месяцев, когда $H_{\text{нб}} < H_0$, определяют по формуле:

$$H_{\text{г}} = H_{\text{вб}} - H_0.$$

В феврале $H_{\text{нб}} > H_0$. В этом случае:

$$H_{\text{г}} = H_{\text{вб}} - H_{\text{нб}}.$$

9. Полный напор, при котором будет работать насосная станция, рассчитывают по формуле:

$$H_{\text{полн}} = H_{\text{г}} + \Sigma h.$$

10. Расход электрической энергии за каждый месяц можно определить по формуле:

$$\mathcal{E} = 2,73 \cdot \frac{H_{\text{полн}} \cdot V_{\text{мес}}}{\eta_{\text{н. ст}}},$$

где $\mathcal{E}$ – расход электрической энергии в месяц, кВт · ч;

$\eta_{\text{н. ст}}$ – коэффициент полезного действия насосной станции ($\eta_{\text{н. ст}} = 0,8$).

Стоимость электрической энергии за месяц составит:

$$C_3 = \Xi \cdot Ц,$$

где Ц – цена 1 кВт · ч электроэнергии, руб.

Стоимость 1 м³ откаченной воды за год равна:

$$C_v = \frac{\Sigma C_3}{V_r},$$

где ΣC_3 – суммарная стоимость электроэнергии за год.

Все расчеты сводят в табл. 7.2.

Таблица 7.2. Расчет откачки воды из польдера

Месяц	Уровни воды у насосной станции		Отметка пуска Н _п , м	Отметка остановки Н _о , м	Геодезический напор Н _г , м	Σh , м	Н _{полн} , м	V, тыс. м ³	Ξ , кВт · ч	C _v , тыс. руб.
	Н _{вб}	Н _{иб}								
Январь	1,65	0,60	1,57	1,15	0,5	1,4	1,9	638,4	4480,5	896,1
Февраль	2,40	1,20	1,57	1,15	1,2	1,4	2,6	1659,84	14673	2934,6
Март	1,65	0,90	1,57	1,15	0,5	1,4	1,9	1149,12	7423,3	1484,6
Апрель	2,0	0,53	1,57	1,15	0,85	1,4	2,25	510,72	3903,6	780,6
Май	2,20	0,15	1,52	1,16	1,04	1,4	2,44	63,84	529,6	105,9
Июнь	1,60	0,08	1,52	1,16	0,44	1,4	1,84	44,69	279,6	55,9
Июль	1,60	0,16	1,52	1,16	0,44	1,4	1,84	95,76	600,0	120,0
Август	2,10	0,15	1,52	1,16	0,94	1,4	2,34	63,84	504,5	100,9
Сентябрь	2,70	0,18	1,52	1,16	1,54	1,4	2,94	95,76	957,2	191,4
Октябрь	2,70	0,50	1,57	1,15	1,55	1,4	2,95	510,72	5122,5	1024,5
Ноябрь	2,50	0,55	1,57	1,15	1,35	1,4	2,75	542,64	5073,7	1014,7
Декабрь	1,80	0,82	1,57	1,15	0,65	1,4	2,05	1008,67	7030,4	1406,1
Итого...	—	—	—	—	—	—	—	6384,00	—	10115,3

11. График работы насосной станции составляют на основе объема суточного притока воды $V_{сут}$, производительности насосов и объема регулирующей емкости. Производительность одного насоса определяют с учетом полного напора $H_{полн}$ и установленной зависимости расхода от напора.

В июне, когда поступление воды к насосной станции минимальное, производится отключение насосной станции на профилактический ремонт. Поступающая в этом месяце вода объемом 44,7 тыс. м³ направляется в регулируемую емкость. Поэтому в июле общий объем откачки воды в сутки составит 4,52 тыс. м³ (табл. 7.3). Максимальное количество воды будет откачено в феврале при работе трех насосов в течение 15,7 ч в сутки, минимальное – в мае и августе.

Пример расчета приведен в табл. 7.3.

Таблица 7.3. План работы насосной станции

Месяц	Объем притока за сутки $V_{сут}$, тыс. м ³	Полный напор $H_{полн}$, м	Произв. одного насоса, м ³ /ч	Время работы насосной станции, ч			Направлено в рег. емкость, тыс. м ³
				при работе одного насоса	при работе двух насосов	при работе трех насосов	
I	20,4	1,9	1413	14,4	—	—	
II	59,8	2,6	1270	—	—	15,7	
III	37,0	1,9		Аналогичные расчеты по всем месяцам года			
IV	17,0	2,25					
V	2,06	2,44					
VI	1,49	1,84	1424	<1 ч – вода направляется в регул. емкость; 1,49 · 30 = 44,7 < 50			
VII	3,08	1,84	1424	44,7 : 31 = 1,44; 1,44 + 3,08 = 4,52; 4520 : 1424 ≈ 3 ч			
VIII	2,06	2,34					
IX	3,19	2,94					
X	16,5	2,95					
XI	18,1	2,75					
XII	32,2	2,05					

Исходные данные для составления плана работы насосной станции по вариантам приведены в табл. 7.4–7.7.

Служба эксплуатации насосной станции должна обеспечивать надежную и безаварийную подачу воды в соответствии с плановым графиком водопотребления, эффективную работу насосной станции, безопасную работу обслуживающего персонала. Плановая система технической эксплуатации (ПСТЭ) предусматривает наблюдение и уход за оборудованием и сооружениями, своевременное выполнение ремонтов, соблюдение правил технической эксплуатации, изучение работы сооружений и оборудования, проведение необходимых испытаний и исследований, своевременное выявление поломок, аварий, анализ их причин, учет работы насосной станции, соблюдение техники безопасности и противопожарных мероприятий.

Для совершенствования эксплуатации и повышения ее эффективности ежегодно составляют план организационно-технических мероприятий. Этими мероприятиями предусматривают улучшение или внедрение механизации и автоматизации производственных процессов, улучшение средств водоизмерения, уменьшение потерь воды, снижение затрат энергии, модернизацию оборудования и т. д.

Таблица 7.4. Исходные данные для выполнения задания

Вариант	Обслуживаемая площадь F , га	Сумма осадков, мм	Расстояние до низкого участка польдера, L , м	Отметка поверхности земли, H_z , м	Уклон магистрального канала, i	Расстояние между осушителями, B_o , м	Гидравлические потери для насоса, $\sum h$, м	КПД насосной станции, η_n , %	Норма осушения	
									для вегетационного периода	для остальных периодов
1	4200	630	760	2,25	0,00040	110	1,37	0,85	0,72	0,63
2	1900	695	600	2,20	0,00030	120	1,40	0,80	0,65	0,60
3	2000	710	650	1,90	0,00040	115	1,50	0,82	0,70	0,60
4	2100	680	700	2,30	0,00050	110	1,36	0,85	0,72	0,61
5	2500	670	680	2,10	0,00030	105	1,70	0,86	0,72	0,67
6	2700	705	710	2,40	0,00040	100	1,57	0,84	0,70	0,60
7	2000	720	800	2,17	0,00038	120	1,35	0,80	0,80	0,65
8	2500	685	690	2,20	0,00050	105	1,50	0,80	0,75	0,65
9	1800	720	750	2,35	0,00035	110	1,35	0,87	0,73	0,60
10	3600	640	820	2,44	0,00042	105	1,25	0,84	0,78	0,64
11	3000	670	650	2,10	0,00045	115	1,45	0,81	0,68	0,60
12	3600	650	780	2,34	0,00035	115	1,43	0,83	0,75	0,63
13	2150	690	670	2,50	0,00030	120	1,50	0,80	0,70	0,60
14	3500	650	610	2,80	0,00030	125	1,75	0,80	0,75	0,65
15	2320	675	720	2,50	0,00040	120	1,55	0,83	0,65	0,60
16	4350	670	830	2,45	0,00050	125	1,35	0,80	0,75	0,62
17	2750	655	750	2,70	0,00050	110	1,57	0,86	0,70	0,62
18	3800	725	750	2,50	0,00045	100	1,62	0,82	0,68	0,60
19	2440	638	480	2,34	0,00040	95	1,45	0,87	0,65	0,58
20	1750	676	420	2,20	0,00035	115	1,35	0,85	0,70	0,60
21	1980	635	710	2,25	0,00040	110	1,54	0,87	0,68	0,62
22	2050	615	625	2,31	0,00042	120	1,68	0,88	0,75	0,65
23	1730	624	450	2,36	0,00037	90	1,95	0,87	0,74	0,62
24	1520	725	630	2,15	0,00040	100	1,48	0,90	0,70	0,55
25	1670	685	530	2,32	0,00035	105	1,95	0,85	0,68	0,60

Таблица 7.5. Среднемесячные уровни воды в водоприемнике (Н_{вб})

Вариант	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	1,3	1,8	2,2	2,7	2,0	1,6	1,5	1,9	2,3	2,7	2,8	2,2
2	1,6	2,0	1,7	2,0	2,1	1,8	1,7	2,2	2,7	2,8	2,5	1,8
3	1,7	2,5	2,7	2,7	1,9	1,6	1,5	1,6	2,1	2,4	2,7	1,6
4	1,5	2,1	2,4	2,7	1,6	1,5	1,2	1,9	2,3	2,8	2,6	1,8
5	1,4	1,8	2,2	2,9	1,9	1,8	1,8	1,9	2,2	2,6	2,5	1,8
6	1,7	2,1	2,7	2,9	2,2	1,7	1,6	1,8	1,9	2,5	2,6	2,1
7	1,5	1,7	2,3	2,8	2,1	1,6	1,8	1,9	2,2	2,7	2,6	1,9
8	1,8	2,2	2,8	3,1	2,3	1,6	1,5	1,9	2,2	2,7	2,8	2,1
9	1,7	2,1	2,7	3,1	2,5	1,8	1,7	1,8	2,1	2,9	2,8	2,3
10	1,75	1,9	2,4	2,8	2,0	1,5	1,4	1,7	2,1	2,6	2,6	2,1
11	1,6	2,1	2,2	2,8	2,5	1,8	1,6	1,7	2,1	2,6	2,8	2,2
12	1,8	2,3	2,7	2,9	1,4	1,3	1,6	1,9	2,0	2,4	2,7	2,0
13	1,8	2,3	2,7	3,0	2,2	1,8	1,6	1,9	2,3	2,7	2,6	1,9
14	1,5	1,7	2,6	2,9	2,5	2,0	1,8	2,0	2,3	2,9	2,8	2,0
15	1,65	2,4	1,7	2,0	1,9	1,6	1,7	2,1	2,7	2,8	2,5	2,1
16	1,4	1,9	2,2	2,8	1,7	1,5	1,6	1,8	2,1	2,5	2,6	1,9
17	1,8	2,1	2,6	3,0	2,8	1,7	1,6	2,0	2,5	2,9	2,8	2,2
18	1,8	2,3	2,7	3,1	1,6	1,5	1,3	2,0	2,4	2,9	2,9	2,5
19	1,5	1,8	2,0	2,6	2,4	1,9	1,7	1,6	2,1	2,5	2,2	1,6
20	1,7	2,3	2,1	2,5	2,6	1,9	1,8	1,7	2,1	2,4	2,7	1,9
21	1,4	1,6	2,0	2,7	2,6	2,1	1,9	1,7	1,9	2,3	2,0	1,7
22	1,5	1,8	1,9	2,5	2,3	1,4	1,5	1,7	2,3	2,5	2,1	1,6
23	1,3	1,7	1,9	2,4	2,7	1,6	1,4	1,8	2,3	2,5	1,9	1,5
24	1,6	1,9	2,1	2,6	2,2	1,8	1,7	1,9	2,3	2,5	2,1	1,8
25	1,8	2,0	2,1	2,6	2,5	2,0	1,9	1,7	2,1	2,4	2,0	1,7
26	1,5	1,7	2,0	2,7	2,5	2,1	1,8	1,7	2,2	2,3	2,0	1,8
27	1,8	2,0	2,4	2,8	2,1	2,0	1,7	1,8	2,1	2,5	2,3	2,0
28	1,4	1,7	2,0	2,6	2,4	2,1	1,8	1,9	2,0	2,4	2,2	1,8
29	1,8	2,0	2,1	2,6	2,5	2,0	1,9	1,7	2,1	2,4	2,0	1,7

Таблица 7.6. Зависимость производительности насоса от напора

Вариант	Напор, м		
	Расход, м ³ /ч		
1	2	3	4
1	1,6	2,4	3,0
	1480	1410	1360
2	1,7	2,5	3,0
	1450	1300	1150
3	1,5	2,0	3,0
	1300	1250	1150
4	1,6	2,2	2,8
	1350	1200	1100

Окончание табл. 7.6

1	2	3	4
5	1,4	2,1	2,5
	1380	1260	1210
6	1,5	2,0	2,5
	1380	1270	1200
7	1,5	2,5	3,0
	1500	1400	1360
8	2,0	2,5	3,0
	1300	1200	1100
9	2,1	2,6	3,0
	1350	1230	1150
10	1,6	2,5	3,0
	1500	1430	1390
11	2,3	2,6	2,9
	1420	1350	1290
12	1,6	2,4	3,0
	1270	1220	1170
13	2,0	2,5	3,0
	1500	1400	1300
14	2,1	2,7	3,0
	1470	1300	1170
15	1,7	2,5	3,0
	1470	1320	1100
16	1,5	2,5	3,0
	1470	1420	1320
17	1,5	2,6	2,9
	1400	1300	1200
18	1,55	2,65	2,9
	1430	1350	1210
19	1,2	2,4	3,0
	1810	1250	1130
20	1,5	2,5	3,0
	1600	1350	1120
21	1,6	2,4	3,0
	1570	1420	1140
22	1,2	2,4	3,2
	1750	1470	1050
23	1,3	2,5	3,1
	1670	1420	1070
24	1,4	2,4	3,3
	1650	1300	1030
25	1,3	2,6	3,1
	1780	1270	1080

Таблица 7.7. Приток воды к насосной станции P , % от годового объема V_r

Вариант	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	8	10	12	13	7	8	3	4	10	12	5	8
2	10	20	18	14	5	1	2	3	5	10	8	4
3	12	15	20	18	3	2	4	6	4	10	4	2
4	3	7	12	18	8	4	3	5	10	15	8	7
5	2	8	12	18	10	5	3	2	8	12	13	7
6	3	7	13	17	6	4	3	7	6	14	11	9
7	4	5	11	16	10	4	3	7	10	15	9	6
8	4	6	11	19	10	5	3	3	9	12	10	8
9	3	6	11	15	5	5	3	2	12	18	10	10
10	4	6	12	15	7	6	5	10	6	15	8	6
11	2	6	12	18	12	6	4	3	7	12	10	8
12	3	9	18	12	8	5	3	2	15	12	7	6
13	4	6	15	15	8	2	3	7	5	15	12	8
14	10	16	18	8	10	2	2	3	11	10	7	3
15	7	13	20	8	5	3	4	5	15	12	5	3
16	5	7	8	14	6	3	7	8	12	15	8	7
17	3	8	9	18	12	3	2	5	8	12	13	7
18	4	8	12	16	10	2	3	5	8	12	11	9
19	3	5	7	15	10	8	4	3	10	13	12	10
20	5	8	12	15	7	5	3	2	3	13	14	13
21	3	5	10	12	11	9	5	3	7	15	12	8
22	6	9	10	15	8	2	3	7	9	12	11	8
23	8	9	11	12	13	7	5	6	12	10	4	3
24	2	4	8	16	10	5	3	7	11	15	10	9
25	2	6	10	12	13	7	5	6	9	15	8	7

8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРУДОВ И ВОДОХРАНИЛИЩ

8.1. Деформации сооружений прудов и водохранилищ

Причины дефектов и разрушений сооружений прудов и водохранилищ разнообразны. Каждый случай разрушений требует всестороннего обследования и изучения. Часто аварии происходят вследствие комплекса причин. При разрушениях сооружений существенную роль играет вода, содержащаяся в грунтах в зависимости от их пористости и влагоемкости. Увеличение влажности уменьшает сцепление между частицами, способствует размоканию, выщелачиванию, а при установлении фильтрации – выносу мелких и затем крупных фракций. С течением времени пути фильтрации расширяются, что приводит к деформации и аварии сооружений.

Причинами деформаций земляных плотин могут послужить недостатки изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации. Так при строительстве возведение тела плотины может проводиться без должного уплотнения, неправильно может быть выполнено сопряжение насыпи с коренными берегами, допускают недостатки при устройстве водосброса, затворов и т. д.

При эксплуатации заполнение прудов иногда проводят сразу после завершения их строительства, т. е. без выдержки срока на осадку грунта, что приводит к появлению осадок с образованием трещин. Допускают несвоевременное открытие затворов для пропуска избыточной воды, несвоевременная очистка от снега и льда водосбросных сооружений приводит к их повреждениям и разрушениям.

В зимнее время происходит примерзание затвора к ледяному покрову со стороны нижнего и верхнего бьефов, примерзание затвора к пазам. Служба эксплуатации не всегда своевременно проводит скалывание льда. Освобождение и опробывание затворов на подъем и опускание. Сооружения часто разрушаются из-за отсутствия своевременно ремонта.

По земляной плотине необходимо следить за:

- а) общим состоянием гребня, бERM, откосов, осадками, просадками, оползнями и другими деформациями на склонах;
- б) состоянием крепления верховых и низовых откосов плотины;
- в) выходами фильтрационных вод на откосах сооружений и в обход их;
- г) состоянием и работой дренажных устройств;
- д) состоянием элементов контрольно-измерительной аппаратуры (КИА), выступающих над поверхностью земли.

К деформациям креплений откосов относятся: смещение бетонных плит крепления от волновых воздействий, от давления грунтовой воды, от подвижек льда, разрушения каменной наброски, вымыв фильтрационных материалов и грунта из-под плит или мощения, разрушения от навала крупных плавающих предметов (бревен, коряг и т. д.). Подводные обследования производятся при наиболее низких уровнях воды, результаты обследования заносят в журнал.

Фильтрация через тело плотины и основание проявляется мокрыми пятнами, просачиванием, протечками, грифонами, свищами, ключами в пределах низового откоса плотины, в местах примыкания его к берегам и сооружениям, у подошвы плотины. Мокрые пятна – слабая фильтрация в виде пятен на сухом грунте; просачивание – слабая фильтрация в виде отдельных капель, скатывающихся по откосу, или незначительных лужиц на поверхности грунта; протечки – фильтрация в виде слабых струй воды, выходящих из грунта, или лужиц; свищи –

появление сосредоточенной фильтрации в виде отдельных струй, выходящих из тела плотины или на контакте грунтового сооружения с бетонным; грифоны – появление фильтрации в виде небольших фонтанчиков смеси несвязного грунта с водой («кипение» грунта), могут наблюдаться за пределами низового откоса, в зоне выхода фильтрационных вод из основания сооружения; ключи – выходы сосредоточенной фильтрации в виде отдельных струй воды на берегах, откосах, котлованах, в «сухом» русле нижнего бьефа или за низовым откосом плотины на склонах.

Наблюдения за фильтрацией наиболее ответственны в отношении прочности и устойчивости грунтовых плотин. К более опасным явлениям, которые могут быть зафиксированы при визуальных наблюдениях, относятся: выход фильтрационных вод на низовой откос, в береговых примыканиях, выше дренажных устройств (дренажной призмы); выпор грунта из-под сооружения за низовым откосом; появление мутной профильтровавшейся воды из основания в нижний бьеф, ощутимые просадки, образуемые в зонах усиленной суффозии; образование значительной фильтрации в виде свищей, ключей и т. п. Особое внимание нужно уделять фильтрации с выносом частиц грунта. Следует срочно принимать меры по выяснению причин, замерам фильтрационных расходов и ликвидации таких явлений.

Фильтрация воды в нижнем бьефе сооружений подразделяется на общую и местную. Общая характеризуется суммарным расходом воды, поступающим через дренажные устройства, и считается допустимой в размерах, предусмотренных в проекте.

Местная фильтрация проявляется в виде отдельных выходов воды на откосах земляных сооружений, на склонах в нижнем бьефе, в контактных зонах и др.

Все обнаруженные очаги фильтрации детально осматривают на месте, фиксируют записями в журнале визуальных наблюдений и сообщают ответственному по гидроузлу. Замеры расходов из очагов сосредоточенной фильтрации должны начинаться немедленно после их появления и проводиться ежедневно до полного прекращения фильтрации или стабилизации расходов. После стабилизации расходов замеры проводятся не реже одного раза в неделю. Для определения расходов фильтрации используют мерные сосуды или общеизвестные мерные водосливы – треугольные, трапецеидальные, прямоугольные.

В случае интенсивной фильтрации в сопряжениях земляной плотины с бетонными сооружениями или через трещины в теле плотины, при угрозе ее прорыва принимаются срочные меры по мобилизации

людских и материальных ресурсов с оповещением о создавшейся опасности предприятий и населенных пунктов, расположенных ниже ожидаемого прорыва земляной плотины. Необходимо немедленно перекрыть верховой откос пленкой или брезентом в зоне фильтрации с пригрузкой мешками с грунтом или песком, расчистить места выходов сосредоточенной на низовом откосе фильтрации, заполнить эти места песком, щебнем, произвести пригрузку для предотвращения выноса грунтов из контактных зон. При разрушении крепления верхового откоса следует немедленно производить пригрузку участков наброской из камня.

При наблюдениях за фильтрационным режимом с помощью пьезометров и дренажных устройств следует определять:

- а) положение депрессионной поверхности фильтрационного потока в теле земляной плотины;
- б) величины фильтрационных расходов;
- в) очаги сосредоточенной и контактной фильтрации;
- г) скорость течения и вынос грунта фильтрационным потоком.

По данным замеров уровней воды в пьезометрах определяется положение депрессионной поверхности фильтрационного потока и сравнивается с проектной. В случае превышения уровней немедленно сообщать начальнику для выявления причин и принятия срочных мер для недопущения аварийного состояния. Определение уровня воды в пьезометрах должно производиться двухкратным замером и приниматься равным полусумме полученных значений, если расхождение не превышает 1–2 см. Если расхождение более 2 см, проводят третий замер и принимается средняя величина. Одновременно с замерами уровней воды в пьезометрах должны быть замерены уровни в верхнем и нижнем бьефах водохранилища. Одновременно с измерениями в журнале записывают данные об уровнях верхнего и нижнего бьефа водохранилища, а также сведения о прошедших атмосферных осадках.

При явлении суффозии – вымыв мелких частиц грунта фильтрующей водой – отбирают пробы воды для определения мутности.

При увеличении фильтрационных расходов, не связанных с подъемом воды в водохранилище или атмосферными осадками, пробы отбираются чаще. В журнале наблюдений делается запись об отборе проб на мутность и полученном результате лабораторного определения.

В процессе эксплуатации необходимо производить проверку чувствительности пьезометров заливкой воды. Уровень воды после заливки должен восстанавливаться не более чем за 1 час при песчаных и

супесчаных грунтах тела плотины. Если в результате промывки чувствительность пьезометра не восстанавливается, то его водоприемник подлежит замене. Все случаи выхода пьезометра из строя, включая и временные повреждения, должны фиксироваться в специальном журнале.

Отметка верха трубы пьезометра должна ежегодно проверяться двойной нивелировкой. При подготовке пьезометров к зиме необходимо утеплить их устья, установить вехи, которые могут служить ориентирами при занесении пьезометра снегом; обеспечить незамерзаемость воды в пьезометрах, уровень в которых располагается в пределах зоны промерзания.

Состояние крепления верховых откосов определяют по зазорам между камнями, просадкам крепления, деформациям и разрушениям плит, расхождениям и деформациям швов, оползаниям или перемещениям плит и т. п.

Низовые откосы характеризуются состоянием травяной растительности, повреждениями землеройными животными, размывами и деформациями.

При визуальных наблюдениях обращают внимание на состояние ливнесбросной сети. Возможно ее засорение, заилиение, зарастание, разрушение, деформация лотков, кюветов и водосбросных канав. Наличие открытых трещин, подвижек и других деформаций, а также засорение лотков, расположенных на откосах, приводит во время ливня к попаданию на откосы сосредоточенных токов воды, вызывающих значительные размывы, а иногда и разрушения элементов сооружения. Кроме того, могут быть осадки обратных засыпок, пазух устоев, зон контакта земляных и бетонных частей сооружений.

Важно также осмотреть контрольно-измерительные устройства, пикеты, створные знаки и другие контрольные приспособления, используемые при наблюдении и исследованиях; определить состояние канав, отводящих дренажные воды; состояние берегов, оврагов в районе водоема. В некоторых случаях в этих местах возникают совершенно неожиданные явления, отрицательно влияющие на работу отдельных элементов сооружений, вызванные обычно фильтрационным потоком.

В местах сосредоточенной фильтрации устраивают ловчие канавки для отвода и измерения расхода профильтровавшейся воды. При этом обращают особое внимание на появление в фильтрате мутных струек, глинистых частиц, отложений песка. Для фиксирования отложений,

выносящихся из тела сооружения, за канавкой устраивают небольшой отстойник.

В осенне-зимний период с отрицательными температурами в местах выхода сосредоточенной фильтрации возникают наледи. Они могут образовываться также у подошвы низового откоса плотины, в зоне устьев дренажных систем.

Инструментальные наблюдения за состоянием и перемещениями элементов сооружений прудов и водохранилищ проводят с помощью геодезических приборов и приспособлений: реперов, марок, створных знаков и указателей. Реперы – исходные знаки высотной основы, практически неподвижные в течение всего периода эксплуатации. Они служат для определения высотного положения отдельных точек сооружений с помощью нивелирования. Марки – устройства с фиксированной в плане точкой, закладываемые в исследуемое сооружение или основание и перемещающиеся совместно с ним. По перемещениям марок относительно реперов судят о перемещениях сооружений. Указатели – наземные знаки, указывающие оси сооружений, места их поворота, начало и конец скрытых конструкций и устройств (дренажей, экранов и т. п.). Створные знаки – указатели, устанавливаемые для фиксации расстояний по длине сооружения.

По результатам наблюдений составляют графики изменения уровня воды в бьефах; графики осадок высотных марок за время строительства и работы сооружения; профили осадок или выпучивания в характерных створах (сечениях); эпюры депрессионных кривых и противоавлений; продольные и поперечные профили местных размывов с нанесением геологии; планы размывов или намывов в горизонталях; совмещенные профили отложений наносов в водохранилище; графики расходов воды во времени; эпюры скоростей воды в характерных створах и вертикалях; графики раскрытия швов во времени. Результаты наблюдений анализируют и при отклонении от закономерностей следует тщательно разобраться, а при необходимости принять срочные меры.

Лабораторная работа 1. Исследование безнапорной фильтрации в теле грунтовой плотины

Знания условий и закономерностей движения грунтового потока необходимы при решении ряда вопросов расчета и проектирования грунтовых, бетонных и других видов гидротехнических сооружений. Фильтрация из верхнего бьефа в нижний происходит под воздействи-

ем напора, создаваемого плотиной, при этом тело плотины насыщается гравитационной водой до определенной поверхности, называемой *депрессионной*, в любой точке которой давление равно атмосферному. Линия пересечения поверхности грунтовых вод с поперечным профилем плотины называется *кривой депрессии*.

Грунт, расположенный ниже депрессионной поверхности, находится в водонасыщенном состоянии. Выше депрессионной поверхности расположена зона капиллярного поднятия воды, величина которой зависит от рода и плотности грунта. Выше этой зоны грунт имеет естественную влажность.

Устройство дренажа является одним из радикальных средств уменьшения водонасыщенной зоны и повышения устойчивости основания и откосов грунтовых плотин и дамб.

Цель работы:

1. Изучить на модели картину и закономерности движения фильтрационного потока, положения депрессионной кривой, фильтрационного расхода.

2. Сравнить полученные результаты с аналитическим решением.

Описание установки.

Исследования проводятся в застекленном лотке на модели грунтовой плотины из однородного грунта (среднезернистый песок) на водонепроницаемом основании (рис. 8.1). Для измерения положения депрессионной кривой в теле плотины устроены пьезометры диаметром 8 мм, которые соединены резиновыми трубками с дублирующими стеклянными пьезометрами, смонтированными на щите.

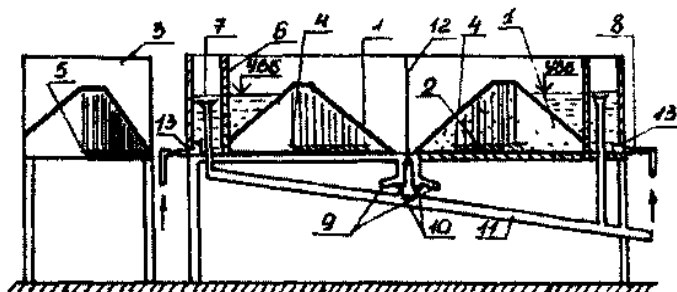


Рис. 8.1. Схема установки безнапорной фильтрации:

- 1 — модель грунтовой плотины; 2 — дренаж; 3 — щит пьезометров; 4 — пьезометры;
5 — дублирующие пьезометры; 6 — сетка; 7 — переливная воронка; 8 — вентиль
подачи воды; 9 — трубка для измерения фильтрационного расхода; 10 — вентиль
перекрытия воды; 11 — отводящая трубка; 12 — перегородка; 13 — фильтр

Порядок выполнения работы.

1. Определение положения кривой депрессии в теле плотины производится по показаниям дублирующих пьезометров, смонтированных на выносном щите.

После того как в теле плотины будет наблюдаться установившийся фильтрационный режим, производят измерение координат депрессионной кривой по уровням, наблюдаемым в пьезометрах. Данные измерений заносят в табл. 8.1 и 8.2, по которым производится построение кривой депрессии. В табл. 8.3 заносят результаты расчетов координат X и Y аналитической кривой депрессии.

2. На формате миллиметровки вычерчивают поперечные сечения плотин в масштабе 1:5 по данным измерений, приведенных в табл. 8.1. Затем по данным табл. 8.2 наносят положения пьезометров и их показания, согласно которым получают экспериментальную кривую депрессии.

Для определения фильтрационного расхода закрывают нижний вентиль и с помощью мерного цилиндра и секундомера вычисляют фильтрационный расход, проходящий через сливную трубку. Для исключения случайной ошибки замер производят не менее двух раз и берут среднее арифметическое:

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2}.$$

3. Коэффициент фильтрации грунта модели плотины находят по формуле:

$$K = \frac{Q}{BT_{\text{cp}} I_{\text{cp}}},$$

$$T_{\text{cp}} = \frac{y_m + y_v}{2},$$

где Q – фильтрационный расход модели;

B – ширина лотка (длина модели плотины);

T_{cp} – средняя высота линии депрессии над плоскостью сравнения (основанием плотины) между двумя произвольно взятыми пьезометрами;

I_{cp} – средний пьезометрический уклон линии депрессии на том же участке.

Таблица 8.1. Результаты измерений

Размеры плотины, см							W_1 , см ³	t_1 , с	$Q_1 = \frac{W_1}{t_1}$, см ³ /с	W_2 , см ³	t_2 , с	$Q_2 = \frac{W_2}{t_2}$, см ³ /с	$Q_{\text{ср}} = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$, см ³ /с
$H_{\text{п}}$	b	m_1	m_2	d	$L_{\text{др}}$	B							

Таблица 8.2. Опытные данные

Координаты	Номера пьезометров												
	Н	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Расстояние от первого пьезометра, см													
Показания пьезометров, см													
Расстояние от первого пьезометра, см													

Таблица 8.3. Аналитические данные

Координаты	Номера точек								Удельный фильтрационный расход q
	1	2	3	4	5	6	7	8	
X									
Y									

Определение координат кривой депрессии и фильтрационного расхода аналитически осуществляется в следующем порядке (рис. 8.2):

1. Определяют положение осей координат X и Y ; ось X располагают по линии подошвы плотины в сторону нижнего бьефа, ось Y – на расстоянии λH от точки уреза воды, где λ – величина, зависящая от коэффициента откоса m , определяется по формуле Г. М. Михайлова:

$$\lambda = \frac{m}{1 + 2m},$$

здесь H – глубина воды в нижнем бьефе.

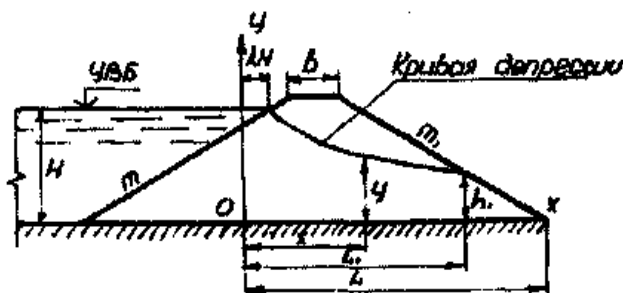


Рис. 8.2. Схема к расчету фильтрации для плотины без дренажа

2. Определяют высоту точки выхода депрессионной кривой на низовом откосе h по следующей зависимости:

$$h = \frac{L}{m} - \sqrt{\left(\frac{L}{m}\right)^2 - H^2},$$

где L – расстояние от оси Y до конца низового откоса;

m – коэффициент верхового откоса.

3. Ординаты кривой депрессии рассчитывают по уравнению, произвольно задаваясь значениями абсцисс X :

$$Y^2 = H^2 - \frac{H^2 - h^2}{L_1} X,$$

где L_1 – расчетное расстояние от оси Y до точки выхода кривой депрессии на низовом откосе.

Координаты X и Y заносят в табл. 8.2, по которым строят аналитическую кривую депрессии на том же поперечном профиле плотины, где построена экспериментальная кривая.

4. Фильтрационный расход вычисляют по формуле:

$$q = K \frac{H^2 - h^2}{2L_1},$$

где q – удельный фильтрационный расход;

K – коэффициент фильтрации грунта тела плотины, определенный экспериментальным методом.

Наблюдения за фильтрацией наиболее ответственны в отношении прочности и устойчивости грунтовых плотин.

9. РЕКОНСТРУКЦИЯ ОТКРЫТОЙ МЕЛИОРАТИВНОЙ СЕТИ

9.1. Реконструкция открытых проводящей и регулирующей сетей

Для восстановления работоспособности открытых регулирующей и проводящей сетей следует предусматривать:

- удаление древесно-кустарниковой и травяной растительности на откосах и бермах;
- очистку от наносов;
- при необходимости – расширение и углубление каналов;
- крепление откосов посевом трав, специальное крепление откосов и дна каналов в местах сосредоточенных потоков поверхностных вод;
- строительство дополнительных регулирующей и оградительной сетей.

Перед удалением древесно-кустарниковой и травяной растительности на откосах и бермах предусматривают:

- удаление посторонних предметов (камни, металлолом и пр.);
- обозначение вешками сооружений, непреодолимых препятствий, опасных мест на трассе и в русле каналов, если они мало заметны, чтобы не повредить эти сооружения и не поломать рабочие органы агрегатов. При наличии на берме и откосах древесно-кустарниковой растительности с диаметром стволов более 20 мм необходимо выполнить срезку надземной части растений, корчевку пней и корней, перетряхивание срезанной и выкорчеванной древесно-земляной массы, переработку собранной в кучи древесно-кустарниковой растительности (заготовка дров, измельчение в технологическую щепу и др.), по-

грузку продуктов переработки и древесных остатков в транспортные средства и вывоз потребителям или в места складирования.

После удаления древесно-кустарниковой растительности проводят разравнивание куч грунта, оставшихся после перетряхивания древесно-земляной массы, и планировку берм.

После окашивания берм и откосов каналов производят уборку скошенной травянистой растительности из русла на берму, сгребание ее в валки на берме, погрузку в транспортные средства и транспортировку потребителям или к местам хранения.

Чтобы предупредить заиливание каналов устраивают отстойники в местах поступления в канал (реку) сосредоточенных потоков воды с наносами с прилегающей территории водосбора.

Отстойником называют гидротехническое сооружение, предназначенное для осаждения взвешенных наносов заданных фракций и их удаления. Отстойники строят в тех случаях, когда мутность воды превышает транспортирующую способность потока. Их располагают на головном участке магистрального канала; на участках, удобных по рельефным условиям для промывки отстойников. Отстойники могут быть с периодической и непрерывной промывкой наносов, гидравлическим и механическим удалением их.

При проектировании расчет отстойника состоит:

- из определения мутности и состава взвешенных наносов при входе и выходе из него;
- расчета размеров отстойника и объема наносов, отлагающихся в отстойнике;
- расчета гидравлической промывки при возможности ее проведения или определения мощности парка механизмов, размещения отвалов грунта и расчета транспортирования пульпы при невозможности гидравлической промывки.

Для предупреждения местных деформаций русел открытой сети при ее реконструкции необходимо предусматривать следующие мероприятия:

- использовать крепления с дифференцированным выбором типов по высоте откоса для выравнивания допустимых размывающих средних скоростей для дна, откосов и бровок;
- предусматривать строительство подпорных, сопрягающих и регулирующих сооружений для поддержания в руслах скоростей воды в допустимых пределах;
- обеспечивать в открытой проводящей сети одинаковую по всей длине (или несколько возрастающую вниз по течению) транспортирующую способность потока;

- сохранять вдоль прилегающего водосбора у водоприемников существующие или создавать новые лесокустарниковые полосы, защищающие их от водной и ветровой эрозии;

- сопрягать в местах слияния потоков впадающий канал с принимающим под углом α от 30° до 60° , так как при $\alpha > 60^\circ$ имеют место большие подпоры, а при $\alpha = 90^\circ$ они достигают максимального значения и наблюдается наибольшее отложение наносов;

- для участков с поворотами с недопустимыми радиусами закругления параметры русла следует приводить в соответствие с гидравлическим режимом или предусматривать крепление вогнутых берегов. В случаях, когда на таких участках предусмотрено возведение отстойников или экологических ниш, их рекомендуется совмещать с поворотами.

При необходимости дополнительного устройства открытую проводящую сеть при осушении минеральных почв размещают по наиболее низким отметкам поверхности, а при осушении болот – по наиболее низким отметкам минерального дна болота. Расположение проводящей сети в плане и в вертикальной плоскости увязывают с расположением существующих инженерных коммуникаций и сооружений (линий электропередачи, наземных и подземных линий связи, газопроводов, нефтепроводов, теплофикационных и канализационных трубопроводов, дорог, автодорожных и железнодорожных мостов и т. п.). Число пересечений проводящей сети с инженерными коммуникациями и сооружениями должно быть минимальным. Пересечение проводящих каналов с дорогами, трубопроводами и другими коммуникациями следует предусматривать под прямым или близким к прямому углом (от 75° до 90°). Отступление от этого правила допускается, если такое пересечение невозможно по условиям рельефа, в связи с застроенностью прилегающей территории, необходимостью дополнительного поворота канала и по другим обоснованным причинам.

Трассы проводящих каналов следует размещать за пределами охранных и санитарно-защитных зон производственно-хозяйственных объектов.

При сопряжении каналов низших порядков с магистральными необходимо предусматривать закругление устьевой части впадающего канала. Проводящие каналы должны сопрягаться с магистральными под углом от 30° до 60° . При наличии дорог или проездов вдоль проводящего канала сопряжение обеспечивается конструкцией устьевого сооружения. Глубину проводящей сети следует устанавливать минимально допустимой в зависимости от величины и условий пропуска

расчетного расхода воды и глубины впадающей открытой и закрытой регулирующих сетей.

Минимальную глубину собирателей следует принимать, м:

– в минеральных грунтах – 1,0;

– в торфяных грунтах – 1,2 (после сработки торфа).

Строительную глубину проводящей сети, проходящей по болотам, следует принимать с учетом осадки и сработки торфа.

Уклоны дна каналов следует принимать не менее 0,0003 (как исключение, при плоском рельефе – 0,0002) и не более: для песчаных грунтов – 0,0005; для суглинистых грунтов – 0,003; для глинистых грунтов – 0,005. Принятые уклоны должны обеспечивать неразмывающие скорости при пропуске расчетных расходов. При размывающих скоростях необходимо предусматривать крепление русла или сооружения, позволяющие уменьшать уклон канала, – перепады, быстроты.

Гидравлический расчет каналов выполняют по формулам равномерного движения воды для следующих створов: устье канала; выше и ниже впадения каждого гидравлически рассчитываемого канала; в местах изменения уклона дна (для обоих уклонов); на участках с постоянными уклонами при изменении площади водосбора более чем на 20 %. В случае притока воды в проводящие каналы или поступления ее из каналов высшего порядка, что создает подпоры с изменением циркуляции потока или другие явления, влияющие на глубину и расход воды, гидравлический расчет необходимо производить по формулам неравномерного движения воды.

На каналах, где изысканиями отмечены места размыва откоса сосредоточенными поверхностными потоками воды с полей, следует проводить крепление откосов и дна каналов или устройство открытых или закрытых воронок. Подобные мероприятия необходимо предусматривать и при устройстве искусственных ложбин с расходом более 20 л/с.

При замене открытой осушительной сети на закрытую с сохранением отдельных элементов и сооружений системы можно использовать следующие типовые схемы реконструкции:

1. Первоначальное осушение мелкозалежных торфяников осуществлено сетью открытых каналов. Продолжительность эксплуатации системы – до 30 лет, открытая сеть с расстоянием между каналами 200 м. Почва – мелкий пылеватый песок. Система используется в полевом севообороте.

Необходимо провести реконструкцию в связи с уменьшением глубины каналов, осадкой торфа, образованием мелких западин на по-

верхности почвы, невозможностью обеспечения равномерного водного режима по площади. Предлагаемая схема реконструкции представлена на рис. 9.1.

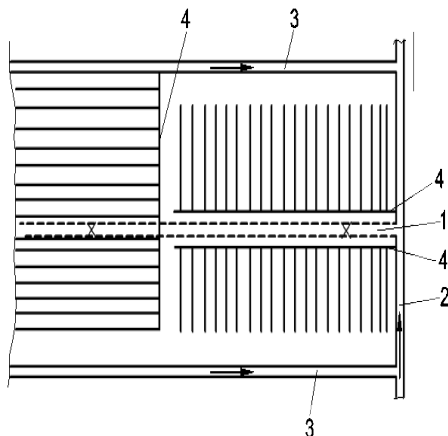


Рис. 9.1. Схема реконструкции открытой осушительной сети на систематический дренаж:

- 1 – каналы, подлежащие засыпке; 2 – проводящий канал;
3 – открытые собиратели; 4 – дренажные системы

В этом случае остается существующая открытая сеть и собиратели через 400–500 м. Устраивается сеть систематического дренажа в междурядном пространстве.

2. Первоначальное осушение – открытая сеть каналов с расстоянием между ними 200 м. Почва – мелкозалежный торфяник, подстилаемый пылеватым мелким песком с коэффициентом фильтрации от 1,0 до 3,0 м/сут. Система используется в севообороте. Предлагается схема реконструкции, представленная на рис. 9.2, где выборочная закрытая дренажная сеть дополняется в понижениях колодцами-поглотителями.

3. Первоначальное осушение – открытая сеть каналов через 200 м. Мелкозалежный торфяник подстилается супесью или пылеватыми песками с илистыми прослойками при средневзвешенном коэффициенте фильтрации менее 1 м/сут. Предлагается заменить открытую сеть на дренаж с открытыми каналами-собирателями с расстоянием между ними от 350 до 400 м (рис. 9.3).

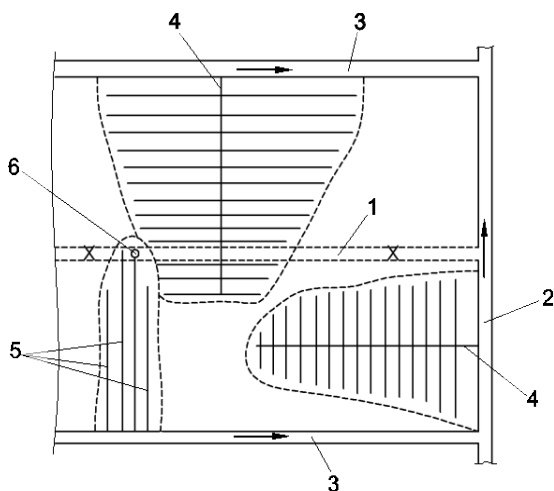


Рис. 9.2. Схема реконструкции открытой осушительной сети на системы выборочного дренажа:

- 1 – каналы, подлежащие засыпке; 2 – проводящий канал;
3 – открытые собиратели; 4 – дренажные системы;
5 – одиночные дрены; 6 – колодец-поглотитель

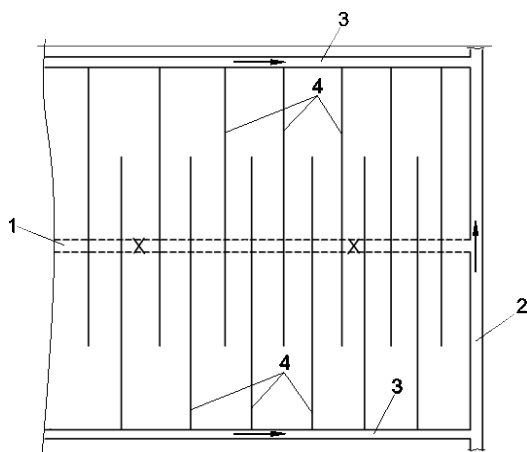


Рис. 9.3. Схема реконструкции открытой осушительной сети на разреженную систему одиночных дрен:

- 1 – каналы, подлежащие засыпке; 2 – проводящий канал;
3 – открытые собиратели; 4 – одиночные дрены

В средней части межканального пространства дренаж сгущен путем захождения концов дрен одних систем в междренное пространство других систем на 0,3–0,5 их длины. Во всех схемах нужно учитывать осушительное действие открытых каналов.

На участках с глинистыми и супесчаными грунтами, в дренажной засыпке которых при подпоре происходит разжижение комьев грунта с разрушением почвенных агрегатов и образование зоны низкой водопроницаемости, в зоне прогнозируемого подпора от открытого канала на дренах и коллекторе устраиваются фильтрующие колонки. Схема дренажной системы представлена на рис. 9.4.

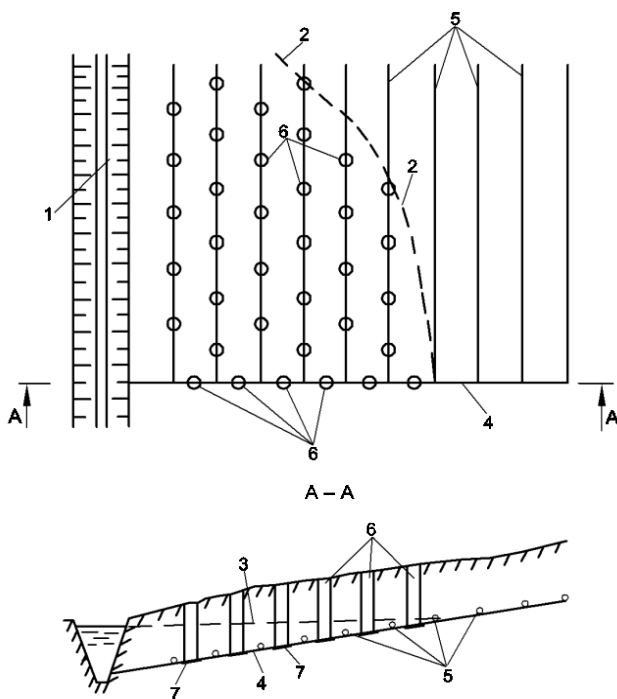


Рис. 9.4. Дренажная система:
1 – открытый канал; 2 – граница зоны подпора;
3 – уровень грунтовых вод при подпоре; 4 – коллектор; 5 – дрены;
6 – фильтрующие колонки; 7 – вставки дренажных труб с повышенной водопримной способностью

Расстояния между колонками определяют фильтрационным расчетом, исходя из баланса притока воды к дрене и оттока при известных размерах колонок и проницаемости материала, используемого при устройстве колонок.

На лессовых почвах с западинным рельефом и глубиной замкнутых понижений более 0,5 м предусматривают систематический или выборочный дренаж, выравнивание поверхности, устройство прудов-копаней для аккумуляции поверхностного стока.

Для повышения надежности осушительных систем выборочный дренаж должен устраиваться не менее чем из двух дрен с устройством фильтрующих окон или колодцев-поглотителей.

На объектах с почвами среднего и тяжелого механических составов и равнинным рельефом предусматривают систематический горизонтальный дренаж, планировку поверхности и глубокое рыхление.

На мелкозалежных торфяниках, подстилаемых песками, осушенных открытыми каналами, следует выполнять в первую очередь организацию поверхностного стока, планировку поверхности, засыпку или раскрытие понижений, устройство воронок, а также устройство выборочного дренажа для осушения понижений, раскрытие которых нецелесообразно.

На осушенных торфяниках с наличием слабопроницаемой прослойки на глубине от 0,3 до 0,5 м с коэффициентом фильтрации $K_f \leq 0,5$ м/сут следует проводить рыхление этих прослоек в местах застаивания поверхностных вод.

При реконструкции осушительных систем с обильным грунтово-напорным питанием в дополнение к закрытой осушительной сети необходимо предусматривать в дне или откосах открытых каналов устройство вертикальных самоизливающихся скважин в местах разгрузки напорных вод. При особых условиях (близком расположении дорог, населенных пунктов, высоком качестве изливающихся вод) нужно производить каптаж родников с обеспечением доступа к ним для использования изливающейся воды. Возможно устройство прудов-копаней многоцелевого назначения.

На объектах с грунтово-напорным питанием и на торфяниках, подстилаемых сапропелями, необходимо предусматривать луговое водческое использование осушенных земель.

На землях с холмистым рельефом предусматривают мероприятия по снижению поверхностного стока со склонов и эрозии почв путем задержания воды в верхней части склона с помощью щелевых дрен, заполненных фильтрующим материалом. При расчетах дренажных систем в понижениях следует учитывать повышенную водную нагрузку на дренаж вследствие притока склоновых вод.

Лабораторная работа 1. Составление плана переустройства открытой осушительной сети на дренаж

При переустройстве открытой сети на дренаж дрены следует располагать в безуклонном поперечном направлении трассы ликвидируемых открытых каналов. В местах пересечения дрен с ликвидирующими каналами устраивают поглотительные элементы. При продольном расположении дрен в слабопроницаемых почвогрунтах необходимо устраивать закрытые собиратели, находящиеся на расстоянии 1,5–2,0 м от трассы ликвидируемых каналов, с доведением засыпки фильтрующим материалом до подошвы пахотного слоя. Диаметр труб закрытого собирателя не должен быть менее 0,75 м. По возможности следует избегать разрыва элементов существующей сети. При переувлажнении на всей площади контура на безуклонных и малоуклонных участках применяют встречно-параллельную схему сопряжения вновь устраиваемой и существующих дренажных сетей, а на остальных участках устраивают новые коллекторы на расстоянии 3–5 м от существующего.

Закрытый материальный дренаж при реконструкции открытой сети на торфяно-болотных и торфяно-глеевых почвах рекомендуется в первую очередь на таких объектах:

- где имеется возможность обеспечить бесподпорную его работу (во время весеннего паводка подпор допустим на 5–10 дней, высотой затопления устья не более 0,5 м);
- подпор со стороны водоприемников во время прохождения летних паводков не влияет существенно на осушительное действие дренажных систем;
- уклоны поверхности осушаемого участка не менее 0,0015;
- произошла усадка торфяной залежи в результате осушительного действия сети открытых каналов.

Целесообразен закрытый дренаж при осушении низинных болот с мелкой залежью торфа до 1,0 м, а также болот напорно-грунтового питания, подстилаемых слабопроницаемыми грунтами, и минеральных заболоченных и периодически переувлажняемых почв.

На основании плана мелиоративной системы с открытой сетью каналов (план выдается преподавателем) и типовых схем реконструкции открытой сети (подраздел 6.1) требуется составить план переустройства открытой осушительной сети на закрытый дренаж.

10. РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗАКРЫТОЙ ОСУШИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

10.1. Способы реконструкции закрытой осушительной сети

Реконструкция осушительных систем с закрытым дренажем в зависимости от причин их низкой эффективности и с учетом изменений с начала эксплуатации свойств почв, рельефа, гидрогеологических условий должна производиться по следующим основным схемам:

- при недостаточной водопримемной способности дрена из-за кольматации стыков труб или водопримемных отверстий, защитно-фильтрующего материала и достаточной водоотводящей способности необходимо устраивать дополнительные дрена параллельно существующим, а также мероприятия, повышающие их осушительный эффект (устройство объемных фильтров из местных материалов или фильтрующих колонок);

- при недостаточной глубине существующего коллектора следует устраивать новый коллектор параллельно существующему, на требуемой глубине, и к нему подключать как вновь устраиваемые дрена, так и существующие. Существующие дрена следует сопрягать с новым коллектором посредством фильтрующей засыпки, песком с коэффициентом фильтрации не менее 5 м/сут, которая устраивается в месте пересечения на высоту не менее 0,4 м над коллектором;

- при недостаточной водоотводящей способности коллектора или дрена из-за заиливания по всей их длине песком или уплотненными железистыми отложениями следует устраивать новый дренаж. В местах пересечения с отдельными работоспособными дренами следует устраивать фильтрующую засыпку на высоту не менее 0,4 м в месте пересечения. В этих местах необходимо укладывать трубы с повышенной водопримемной способностью;

- при местных нарушениях водоотводящей способности из-за брака при строительстве или разрушениях в процессе эксплуатации при всех других удовлетворительных параметрах дренажа необходимо установить место нарушения и устранить причины, их вызвавшие;

- особый случай неудовлетворительной работы дренажа представляет размокание грунта обратной засыпки траншей и образование над дренай пластичной слабопроницаемой прослойки. Причин возникновения этого дефекта несколько. Основные – это засыпка траншей при строительстве размокшим грунтом в дождливую погоду, длительный подпор дренажа от канала или разрушение устья.

При назначении мероприятий по реконструкции закрытой сети следует учитывать, что при заиливании резко уменьшается водопримем-

ная и водоотводящая способность дренажа. При заилинии 30 % полости труб уменьшение составляет 40 %, а при заилинии 70 % – более 80 %.

В слабопроницаемых почвогрунтах водопроницаемость дренажной засыпки должна быть не менее 1,5 м/сут. При более низких значениях следует предусматривать рыхление подпахотного слоя или устройство засыпки хорошо фильтрующим материалом. Если неудовлетворительная работа дренажа вызвана малой глубиной его закладки, обратным уклоном дренажных линий, большими зазорами между керамическими дренажными трубами, их смещениями, восстановление возможно путем замены нарушенных участков или устройства новых дренажных линий.

Для восстановления работоспособности дренажа при его заохривании рыхлыми отложениями следует предусматривать его промывку. Она проводится при заохривании коллекторных труб до 80 % рыхлыми отложениями и при заилинии до 30 % полости регулирующих дрен.

Число проходов дренопромывочной головки зависит от диаметра труб и степени их заилиния. При диаметре труб до 100 мм и степени заилиния до 30 % назначается один проход при заилинии от 30 % до 70 % труб требуется двукратная промывка. При диаметре 100 мм и более и степени заилиния до 30 % требуется два прохода. При заилинии более 70 % площади сечения – не менее трех проходов. Промывка коллекторов диаметром более 100 мм и степенью заилиния 50 % и более возможна только отдельными участками из-за недостаточной транспортирующей способности потока воды в коллекторе. Промывают первоначальный участок от устья коллектора длиной 20–30 м и промывочный рукав извлекают до устья коллектора. Затем совершают очередной проход на 40–60 м с последующим извлечением до устья и т. д.

Для устройства закрытой проводящей сети следует применять полимерные, керамические, асбоцементные и другие трубы, способные выдерживать нагрузку от давления грунта и сельскохозяйственной техники, а также противостоять воздействию агрессивной среды и микробиологическому разложению. Минимальный диаметр керамических и пластмассовых труб для закрытой регулирующей сети принимается 50 мм. Уклоны дрен и закрытых собирателей при минимальном диаметре должны быть 0,003 и более. Допускается увеличение диаметра дрен при невозможности обеспечить минимально допустимый уклон в условиях притока подземных вод при повышенном содержании в грунтовых водах закисного железа, на осушительных системах

двустороннего действия. При минимальном диаметре длину дрен и закрытых собирателей следует принимать не более 250 м, а в мелкозернистых водонасыщенных песках и илах – не более 150 м. При осушении окраин массива длина дрен принимается не менее 50 м. При осушении мелкозалежных торфяников закрытая регулирующая сеть должна размещаться в подстилающем грунте.

Площадь входных отверстий регулирующих дрен должна составлять не менее:

20 см²/м – для труб диаметром от 50 до 100 мм;

30 см²/м – для труб диаметром от 125 до 200 мм.

Диаметр круглых отверстий не должен превышать 4 мм, ширина щелей должна быть не более 2,5 мм при длине не более 25 мм.

Строительство закрытых коллекторов необходимо выполнять с учетом рельефа поверхности осушаемых земель. Закрытые коллекторы следует прокладывать по кратчайшему пути к принимающему каналу, обеспечивая, по возможности, двусторонний впуск дрен и прямолинейность трасс. При проектировании закрытых коллекторов следует избегать пересечения замкнутых понижений, торфяной (сапропелевой) залежи мощностью более 1,5 м, глубоких западин, существующих каналов и староречий глубиной более 1,5 м. При неизбежности такого пересечения необходимо предусматривать предварительное осушение.

Трассы закрытых коллекторов, проходящих по тальвегам с водосбросной площадью 15 га и более, следует располагать на 0,2–0,3 м выше дна тальвегов, предусматривая мероприятия по отводу поверхностных вод в канал, минуя коллектор.

При пересечении закрытыми коллекторами древесных и кустарниковых насаждений должна быть предусмотрена глухая изоляция стыков керамических труб или прокладка коллекторов из асбестоцементных, канализационных керамических, железобетонных, бетонных труб. Длину глухих участков коллекторов следует определять с учетом требований к минимальным расстояниям до древесных и кустарниковых насаждений.

Сопряжение коллекторов между собой необходимо проектировать внахлестку, с применением соединительных деталей, колодцев-перепадов при разнице в глубинах сопрягаемых коллекторов более 0,3 м, колодцев-отстойников, когда скорость воды во впадающем коллекторе превышает скорость воды в принимающем более чем на 30 %, а также в пылеватых грунтах. При угле поворота коллекторов в плане более 60° допускается устройство смотровых колодцев.

Закрытые коллекторы должны быть оборудованы смотровыми колодцами или колодцами-отстойниками:

- в местах подключения к закрытому коллектору высшего порядка двух и более коллекторов низшего порядка;

- при длине коллектора 1 км и более – через каждые 500 м и при уклоне более 0,0006 и через 200–250 м – при уклоне менее 0,0006.

Сопряжение коллекторов с принимающими каналами и водоприемниками необходимо осуществлять с помощью устьев сооружений, располагаемых на участках, не подверженных размыву и заилению. Низ устьевой трубы коллекторов следует проектировать не менее чем на 0,1 м выше расчетного меженного уровня в принимающем канале и водоприемнике, но не менее чем на 0,5 м выше их дна. Оптимальными для закрытых коллекторов являются уклоны в пределах от 0,006 до 0,015.

Подключение дрен к коллекторам следует выполнять внахлестку или впритык с использованием соединительной арматуры. При этом подключение предусматривается под углом от 60° до 90°. Соединение дрен с коллекторами диаметром 150 мм и более следует выполнять через вспомогательные коллекторы меньшего диаметра.

При реконструкции закрытого дренажа на слабопроницаемых почвах необходимо предусматривать устройство объемных фильтров (обсыпок) толщиной не менее 20 см. Объемный фильтр должен быть выполнен до подошвы пахотного горизонта. В качестве объемного фильтра необходимо использовать местные, естественные или искусственные материалы: песчано-гравийную смесь, крупнозернистый песок с содержанием зерен размерами более 0,5 мм, не менее 40 % по массе, гравий, щебень, шлак, измельченную древесную и кустарниковую растительность, опилки, керамзит, солому, торф со степенью разложения не более 15 %, оструктуренный почвенный слой. Коэффициент фильтрации объемного фильтра должен быть не менее 1 м/сут.

Применение закрытой регулирующей сети из пластмассовых труб допускается:

- на минеральных почвах и предварительно осушенных торфяниках с коэффициентом фильтрации 0,3 м/сут и более;

- в почвах с коэффициентом фильтрации менее 0,3 м/сут с заполнением дренажной щели фильтрующими материалами, обеспечивающими гидравлическую связь дрены с избыточными водами пахотного слоя;

- при содержании в грунтах не более 4 % каменистых включений размерами от 30 до 60 см;

- при содержании пней не более 3 %;

– при содержании 3 % и менее погребенной древесины диаметром не более 10 см.

Для соединения более двух коллекторов следует предусматривать установку полимерных смотровых колодцев диаметром 400, 500 или 700 мм, а при соответствующем обосновании – железобетонных смотровых колодцев диаметром от 500 до 1000 мм.

На объектах, где существует опасность заохривания дренажных труб, следует предусматривать установку специальных промывных труб в устье и в смотровых колодцах в соответствии с рис. 10.1.

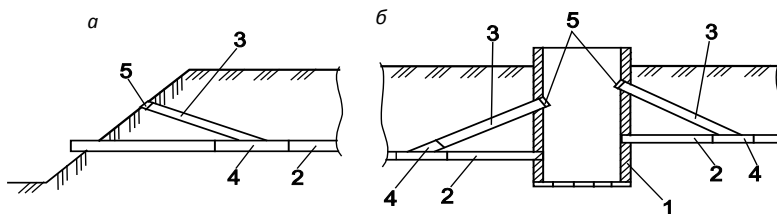


Рис. 10.1. Установка промывных труб:
а – в откосе канала; *б* – в смотровом колодце;
1 – смотровой колодец; 2 – коллекторы; 3 – промывные трубы;
4 – фасонные детали; 5 – заглушки

Диаметры труб, соединительных муфт и заглушек для промывки выбирают из того же ряда, что и диаметры дренажных труб. В устье для предотвращения обходной фильтрации должна устанавливаться глухая (без перфорации) труба длиной не менее 2 м соответствующего диаметра.

При подключении к смотровому колодцу глухая гладкостенная труба должна одним концом входить в отверстие колодца, а другим опираться на ненарушенный коренной грунт. В эту трубу должна входить подключаемая дрена или коллектор. Длина гладкостенной глухой трубы должна быть не менее 1,25 м.

При диаметре коллекторов 100 мм и более вместо лотковой конструкции устьев рекомендуется применять конструкции устьев с portalной стенкой. Схематический чертеж такой конструкции представлен на рис. 10.2.

Для защиты дрен от заиливания следует использовать ЗФМ, удовлетворяющий следующим основным требованиям:

– коэффициент фильтрации материала при поперечном сжатии давлением 20 кПа должен быть не менее $5 \cdot 10^{-4}$ м/с (43,2 м/сут);

- через ЗФМ допускается проникновение частиц диаметром не более 0,05 мм;
- толщина материала при нагрузке 20 кПа должна быть не менее 0,6 мм;
- разрывная нагрузка во влажном состоянии на полоску материала шириной 50 мм должна быть в продольном направлении не менее 50 Н, в поперечном направлении – не менее 30 Н;
- материал должен быть ровным, без утоньшений, разрывов и посторонних включений.

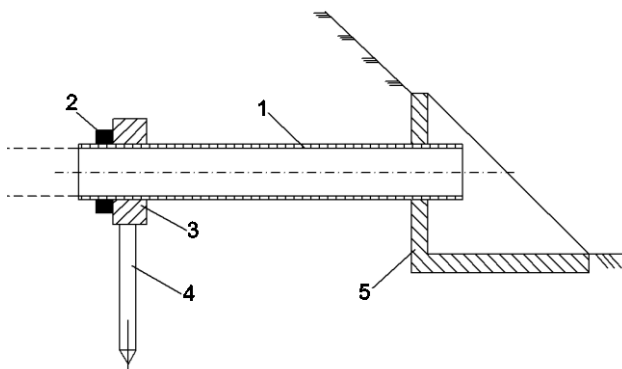


Рис. 10.2. Дренажное устье:
1 – устьевая труба; 2 – сальник; 3 – крепление трубы;
4 – опора; 5 – порталная стенка

Схема использования ЗФМ определяется грунтовыми условиями и типом водного питания объекта. Во всех случаях предпочтительна круговая защита стыков керамических труб, например, подстилочная лента снизу и полоски сверху на стыках, и сплошное обвертывание труб из полимерных материалов. В дополнение к ним в хорошо разложившемся торфе и в других связных грунтах при атмосферном типе водного питания для повышения водопримной способности дрен рекомендуется использовать в качестве пунктирной или сплошной присыпки фильтрующие материалы (мох, солому или отходы легкой промышленности).

Для снижения опасности заохривания дренажа необходимо предусмотреть:

- уклоны дрен не менее 0,004 и коллеторов не менее 0,003 (не допуская при этом общего заглубления проводящей осушительной сети);

- обеспечение увеличения или неизменности скорости течения воды в дренах и коллекторах от истока к устью;
- увеличение уклонов устьевых участков дрен до 0,01 и более на протяжении 5–10 м;
- засыпку дренажных траншей сразу после укладки труб после их присыпки растительным грунтом;
- устройство смотровых колодцев потайного типа;
- глубокое (до 0,8 м) рыхление слабоводопроницаемых подпочвенных слоев с внесением извести по всему профилю почвы;
- устройство ловчих каналов для перехвата грунтовых вод со сбросом их в проводящую сеть;
- применение объемных фильтров из опилок, соломы, щепы, измельченной ДКР;
- устройство одиночных дрен, впадающих непосредственно в открытую проводящую сеть;
- уклоны дренажных линий (i), обеспечивающие скорость течения воды в дренах и коллекторах не менее 0,35 м/с.

Накопленный опыт по строительству закрытого дренажа при реконструкции открытой сети позволяет рекомендовать следующее:

1. Количество закрытых коллекторов должно быть минимальным, а длина дрен – максимально допустимой для данных условий. Нужно использовать трассы существующих открытых собирателей и осушителей.

2. Направление закрытых коллекторов и дрен необходимо увязывать с рельефом местности и глубиной торфа. Следует избегать пересечения коллекторов и дрен с дорогами и глубокими каналами.

3. Прокладывая коллекторы и дрены, не допускать излишних изломов.

4. Устья коллекторов необходимо располагать в наиболее устойчивой части открытых каналов.

5. Менее сложным при строительстве является соединение дрены с коллектором под прямым углом. Если по условиям это невозможно, дрены требуется располагать в интервале 60–70°.

6. Воду в открытый канал из дренажных систем следует сбрасывать по кратчайшему пути. При значительных уклонах местности коллекторы необходимо располагать по тальвегам, образовавшимся в результате максимальной осадки торфа, или по направлению естественных тальвегов.

7. Прокладывая открытые каналы – водоприемники дренажных систем, – необходимо стремиться придавать им направление, соответ-

ствующее господствующим ветрам в зимний период. Потому что проложенные под углом к направлению ветров каналы зимой сильно засыпаются снегом и забиваются образовавшимся на дне льдом, вследствие чего устья коллекторов затапливаются на длительный период.

Расстояние между дренами и глубину их закладки необходимо определять в каждом конкретном случае в зависимости от свойств почвогрунта, типа водного питания и хозяйственного использования осушаемых земель. Глубину закладки дрена на глубоких торфяниках нужно принимать с учетом осадки торфа 1,35–1,40 м; для легких почв – 0,9–1,2 и тяжелых суглинков – 0,8–1,0 м.

При удовлетворительном техническом состоянии, достаточной водопропускной способности и допустимой глубине заложения существующего коллектора предусматривается подсоединение к нему вновь устраиваемых дрена. На остальных переувлажненных участках проектируется выборочный дренаж с поглотительными элементами или закрытые собиратели с подсоединениями их к существующему коллектору.

Задание 1. Реконструкция закрытой осушительной сети

Студенту необходимо составить ведомость деформаций по закрытой проводящей и регулирующей сети (табл. 10.1) согласно варианту исходных данных (табл. 10.2).

Таблица 10.1. Ведомость деформаций по закрытой регулирующей и проводящей сети

№ п/п	Вид деформации	Номер системы	Длина коллектора, м	Суммарная длина дрена, м
1	Недостаточная водопримная способность из-за кольматации стыков труб и ЗФМ	11	156	452
		12	100	230
		13	200	632
		23	321	426
		31	125	340

При составлении ведомости необходимо указать номер системы и определить:

- длину закрытой проводящей сети;
- суммарную длину закрытой регулирующей сети;
- перечень коллекторов, на которых произошло заиливание и полное разрушение устья коллектора.

Таблица 10.2. Перечень деформаций закрытых проводящей и регулирующей сетей

№ п/п	Недостаточная водоприемная способность из-за кольматации стыков труб и ЗФМ	Недостаточная глубина существующего коллектора и дрена из-за сработки торфяника	Недостаточная водопроводящая способность коллектора из-за заиливания песком и железистыми отложениями	Заохривание коллекторов рыхлыми отложениями на 60 %, регулирующей сети на 10 %	Полное разрушение устья коллектора
1	2	3	4	5	6
1	—	—	49, $L_k = 450$ м	21	9
			30, $L_k = 500$ м	11	21
			31, $L_k = 550$ м	22	27
			29, $L_k = 670$ м	57	38
			21, $L_k = 750$ м	38	57
2	—	—	4, $L_k = 550$ м	15	3
			8, $L_k = 450$ м	7	6
			9, $L_k = 425$ м	18	57
			13, $L_k = 540$ м	26	61
			16, $L_k = 670$ м	20	65
3	2, $L_k = 450$ м, $L_{др} = 950$ м	—	—	54	8
	5, $L_k = 570$ м, $L_{др} = 1250$ м			42	14
	50, $L_k = 610$ м, $L_{др} = 1570$ м			14	39
	49, $L_k = 710$ м, $L_{др} = 2850$ м			46	18
	53, $L_k = 510$ м, $L_{др} = 1750$ м			42	35
4		48, $L_k = 540$ м, $L_{др} = 2000$ м	—	27	10
		44, $L_k = 560$ м, $L_{др} = 3100$ м		43	11
		56, $L_k = 690$ м, $L_{др} = 1850$ м		31	59
		11, $L_k = 410$ м, $L_{др} = 1050$ м		35	61
		13, $L_k = 540$ м, $L_{др} = 1350$ м		39	63
5	—	—	67, $L_k = 530$ м	25	29
			31, $L_k = 550$ м	26	30
			66, $L_k = 730$ м	28	33
			29, $L_k = 510$ м	31	35
			70, $L_k = 720$ м	35	36

6	–	–	2, $L_K = 430$ м	40	1
			3, $L_K = 580$ м	45	2
			6, $L_K = 620$ м	51	7
			39, $L_K = 470$ м	47	13
			41, $L_K = 560$ м	42	42
7	31, $L_K = 480$ м, $L_{\text{дп}} = 1850$ м	–	–	8	2
	32, $L_K = 740$ м, $L_{\text{дп}} = 1650$ м			9	17
	5, $L_K = 530$ м, $L_{\text{дп}} = 2450$ м			11	34
	7, $L_K = 570$ м, $L_{\text{дп}} = 2650$ м			12	42
	6, $L_K = 620$ м, $L_{\text{дп}} = 3550$ м			15	6
8	–	23, $L_K = 540$ м, $L_{\text{дп}} = 1750$ м	–	2	3
		16, $L_K = 680$ м, $L_{\text{дп}} = 1250$ м		3	8
		14, $L_K = 710$ м, $L_{\text{дп}} = 2850$ м		5	17
		8, $L_K = 580$ м, $L_{\text{дп}} = 1650$ м		6	2
		32, $L_K = 640$ м, $L_{\text{дп}} = 2950$ м		8	8
9	–	–	8, $L_K = 480$ м	13	2
			44, $L_K = 740$ м	14	6
			46, $L_K = 710$ м	18	12
			10, $L_K = 620$ м	27	31
			54, $L_K = 680$ м	29	34
10	–	–	24, $L_K = 450$ м	1	2
			28, $L_K = 530$ м	22	4
			3, $L_K = 570$ м	23	17
			2, $L_K = 750$ м	21	20
			4, $L_K = 640$ м	2	21

Продолжение табл. 10.2

1	2	3	4	5	6
11	4, $L_K = 570$ м, $L_{ДП} = 2350$ м	–	–	49	1
	43, $L_K = 680$ м, $L_{ДП} = 2850$ м			55	4
	47, $L_K = 650$ м, $L_{ДП} = 3150$ м			58	21
	53, $L_K = 530$ м, $L_{ДП} = 2450$ м			60	30
	57, $L_K = 490$ м, $L_{ДП} = 1550$ м			48	32
12	–	7, $L_K = 510$ м, $L_{ДП} = 2150$ м	–	15	1
		8, $L_K = 620$ м, $L_{ДП} = 2450$ м		18	8
		14, $L_K = 710$ м, $L_{ДП} = 3450$ м		19	14
		21, $L_K = 580$ м, $L_{ДП} = 1450$ м		22	21
		23, $L_K = 670$ м, $L_{ДП} = 2850$ м		24	26
13	–	–	2, $L_K = 470$ м	8	1
			5, $L_K = 510$ м	9	5
			6, $L_K = 640$ м	13	12
			7, $L_K = 710$ м	14	13
			33, $L_K = 760$ м	34	32
14	–	–	26, $L_K = 750$ м	6	2
			32, $L_K = 610$ м	10	17
			64, $L_K = 500$ м	13	26
			46, $L_K = 480$ м	18	32
			43, $L_K = 490$ м	37	41
15	17, $L_K = 510$ м, $L_{ДП} = 2150$ м	–	–	20	2
	12, $L_K = 620$ м, $L_{ДП} = 2450$ м			19	7
	11, $L_K = 710$ м, $L_{ДП} = 3450$ м			42	12
	20, $L_K = 580$ м, $L_{ДП} = 1450$ м			52	34
	14, $L_K = 670$ м, $L_{ДП} = 2850$ м			42	40
16	–	31, $L_K = 480$ м, $L_{ДП} = 1850$ м	–	41	2
		32, $L_K = 740$ м, $L_{ДП} = 1650$ м		42	12
		5, $L_K = 530$ м, $L_{ДП} = 2450$ м		45	15
		7, $L_K = 570$ м, $L_{ДП} = 2650$ м		58	36
		6, $L_K = 620$ м, $L_{ДП} = 3550$ м		64	40

17	–	–	1, $L_K = 510$ м	15	1
			5, $L_K = 670$ м	16	6
			8, $L_K = 710$ м	16	8
			12, $L_K = 630$ м	24	23
			13, $L_K = 490$ м	54	26
18	–	–	36, $L_K = 550$ м	29	3
			25, $L_K = 570$ м	31	7
			8, $L_K = 610$ м	17	19
			53, $L_K = 720$ м	52	23
			46, $L_K = 680$ м	54	30
19	48, $L_K = 540$ м, $L_{\text{дп}} = 2000$ м	–	–	22	3
	44, $L_K = 560$ м, $L_{\text{дп}} = 3100$ м			31	7
	56, $L_K = 690$ м, $L_{\text{дп}} = 1850$ м			28	41
	11, $L_K = 410$ м, $L_{\text{дп}} = 1050$ м			34	14
	13, $L_K = 540$ м, $L_{\text{дп}} = 1350$ м			41	52
20	–	2, $L_K = 450$ м, $L_{\text{дп}} = 950$ м	–	28	4
		5, $L_K = 570$ м, $L_{\text{дп}} = 1250$ м		30	12
		50, $L_K = 610$ м, $L_{\text{дп}} = 1570$ м		34	17
		49, $L_K = 710$ м, $L_{\text{дп}} = 2850$ м		38	23
		53, $L_K = 510$ м, $L_{\text{дп}} = 1750$ м		34	30
21	–	–	11, $L_K = 510$ м	15	17
			32, $L_K = 480$ м	51	31
			34, $L_K = 550$ м	54	33
			44, $L_K = 620$ м	56	39
			30, $L_K = 710$ м	38	42
22	23, $L_K = 540$ м, $L_{\text{дп}} = 1750$ м	–	–	26	13
	16, $L_K = 680$ м, $L_{\text{дп}} = 1250$ м			59	20
	14, $L_K = 710$ м, $L_{\text{дп}} = 2850$ м			27	32
	8, $L_K = 580$ м, $L_{\text{дп}} = 1650$ м			29	38
	32, $L_K = 640$ м, $L_{\text{дп}} = 2950$ м			21	40

1	2	3	4	5	6
23	–	31, $L_K = 480$ м, $L_{дp} = 1850$ м	–	34	1
		32, $L_K = 740$ м, $L_{дp} = 1650$ м		37	3
		5, $L_K = 530$ м, $L_{дp} = 2450$ м		28	54
		7, $L_K = 570$ м, $L_{дp} = 2650$ м		26	46
		6, $L_K = 620$ м, $L_{дp} = 3550$ м		31	15
24	–	–	21, $L_K = 550$ м	19	4
			23, $L_K = 650$ м	21	10
			50, $L_K = 580$ м	24	57
			51, $L_K = 610$ м	25	61
			29, $L_K = 470$ м	27	13
25	–	–	9, $L_K = 575$ м	27	2
			11, $L_K = 465$ м	28	4
			14, $L_K = 720$ м	32	9
			16, $L_K = 565$ м	34	12
			29, $L_K = 480$ м	24	13

Реконструкция закрытой регулирующей сети.

Проектные решения по реконструкции закрытой сети назначают исходя из ведомости деформаций и на основании ТКП 45-3.04-177-2009 «Реконструкция мелиоративных систем. Правила проектирования».

Реконструкция осушительных систем с закрытым дренажем в зависимости от причин их низкой эффективности должна производиться по следующим основным схемам:

1. При недостаточной водоприемной способности дрена из-за кольматации стыков труб или водоприемных отверстий, ЗФМ и достаточной водопроводящей способности следует устраивать дополнительные дрена, параллельно существующим, с мероприятиями, повышающими их осушительный эффект (устройство объемных фильтров или фильтрующих колонок).

2. При недостаточной глубине существующего коллектора следует устраивать новый коллектор параллельно существующему, на требуемой глубине, и к нему подключать как вновь устраиваемые дрена, так и существующие. Существующие дрена, заиленные песком, следует сопрягать с новым коллектором не подключением к нему, а посредством фильтрующей засыпки, например песком с коэффициентом фильтрации не менее 5 м/сут, которая устраивается в месте пересечения на высоту не менее 0,4 м над коллектором.

3. При недостаточной водопроводящей способности коллектора или дрена из-за заиления по всей их длине песком или уплотненными железистыми отложениями следует устраивать новый дренаж. В местах пересечения с существующими участками или отдельными работоспособными дренами необходимо устраивать фильтрующую засыпку не менее 0,4 м в месте пересечения.

4. При местных нарушениях водоотводящей способности из-за брака при строительстве или разрушения в процессе эксплуатации при всех других удовлетворительных параметрах дренажа должно быть установлено место нарушения и устранены причины, их вызвавшие.

5. При заилении дренажа или его заохривании рыхлыми отложениями следует предусматривать его промывку. Промывка осуществляется при заохривании коллекторных труб до 80 % рыхлыми отложениями и при заилении 30 % полости регулирующих дрена.

По результатам принятых проектных решений необходимо составить ведомость реконструкции закрытой сети (табл. 10.3).

Вновь проектируемые системы необходимо нанести на план мелиоративной системы с указанием наименований новых коллекторов но-

меров и длины дрен. Места подсоединения существующей закрытой сети к проектируемой необходимо обозначить на плане соответствующими условными обозначениями.

Таблица 10.3. **Ведомость реконструкции закрытой сети**

№ п/п	Наименование системы	Промывка коллекторов, м	Строительство нового дренажа, м		Устройство устья, шт.
			Коллектор	Дрены	
1	К-21	120	—	—	—
2	К-29	—	120	365	1
3	К-4	—	96	420	1
Итого...		120	216	785	2

Строительство нового дренажа будет производиться траншейным способом с применением дренаукладчиков типа ЭТЦ-203. Для нового дренажа необходимо определить объем земляных работ по засыпке траншей.

Объем земляных работ по засыпке дренажа определяют путем суммирования объемов работ по устройству дренажа и коллекторов.

Величину объема работ по строительству дрен можно определить по формуле:

$$W_3^д = b_{тр} \cdot t_d^{cp} \cdot \sum L_d,$$

где $W_3^д$ – объема земляных работ по засыпке дренажных траншей, м³/с;

$b_{тр}$ – ширина траншеи – 0,5 м;

t_d^{cp} – средняя глубина заложения дрен, 1,1–1,3 м;

$\sum L_d$ – суммарная длина устраиваемого дренажа, м.

При определении объемов работ по коллекторам в формулу необходимо подставлять значения средней глубины заложения и суммарной длины устраиваемых коллекторов.

Промывка дренажа.

Наиболее актуальным способом промывки дренажа является механический с применением дренапромывочных машин марок УПД-120, ПДТ-125, ДП-10А. Технические характеристики дренапромывочных машин приведены в табл. 10.4.

Промывку коллектора необходимо начинать от устья при этом дренапромывочная машина располагается на противоположном откосе канала. При промывке коллекторов необходимо учитывать их длину. В случаях, когда длина коллектора превышает длину шланга дрена-

промывочной машины, необходимо на данном месте выкопать шурф и продолжить промывку с данного места.

Таблица 10.4. Технические характеристики дренопромывочных машин

Показатели	Марка	
	УПД-120	ДП-10
Диаметр промываемых труб, мм	До 300	До 500
Производительность, м/ч	150	100
Длина промываемой дрены с одной стоянки	150	150
Тип агрегирующей машины	Беларус-92 П	МТЗ-80
Подача насоса, л/мин	120	–
Давление насоса, МПа	5	10
Вместимость цистерн, м ³	2	3

Количество шурфов для промывки сети определяют на каждой промываемой системе и сводят в табл. 10.5.

Таблица 10.5. Ведомость устройства шурфов для промывки дренажа

№ п/п	Наименование системы	Количество устраиваемых шурфов, шт.
Итого...		

Схема промывки дренажа приведена на рис. 10.3.

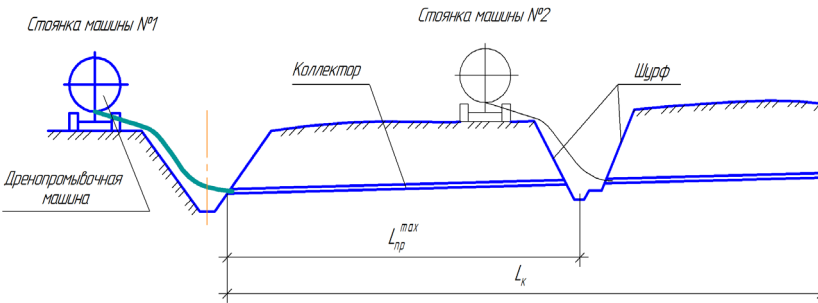


Рис. 10.3. Схема промывки дренажа дренопромывочной машиной

Места устройства шурфов для промывки дренажа необходимо указать на плане мелиоративной системы, используя соответствующие условные обозначения.

11. РЕКОНСТРУКЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

11.1. Общие требования и задачи реконструкции оросительных систем

Реконструкция оросительных систем должна обеспечивать доведение показателей их технико-экономического уровня до современных нормативных требований. При этом в технико-экономических обоснованиях реконструкции оросительных систем (ТЭО) и технико-экономических расчетах (ТЭР) должны решаться во взаимной увязке следующие основные задачи:

- 1) увеличение продуктивности орошаемых земель путем оптимизации водного режима орошения, повышения равномерности увлажнения и коэффициента земельного использования;
- 2) экономия воды, расходуемой на орошение;
- 3) повышение производительности труда при поливе на основе применения прогрессивной поливной техники, механизации и автоматизации полива;
- 4) расширение при возможности площади орошаемых земель за счет сэкономленной воды;
- 5) охраны природы и окружающей среды.

При решении указанных задач должны оцениваться экономическая, социальная и природоохранная эффективность намечаемых мероприятий и срочность их проведения с учетом нарастающего по времени ущерба от неудовлетворительного состояния оросительной системы.

На ранее построенных оросительных системах при реконструкции необходимы: замена вышедших из строя трубопроводов, ГТС, оборудования насосной станции; оснащение закрытых оросительных систем приборами и устройствами, гасящими гидравлический удар; снижение рабочего напора в закрытой оросительной сети для использования низконапорных дождевальных машин; проведение мероприятий по повышению водообеспеченности с учетом совершенствования поливного режима.

Коэффициент земельного использования (КЗИ) в мелиорации, показатель, характеризующий отношение орошаемой площади, занятой сельскохозяйственными культурами, к общей площади реконструируемой мелиоративной системы.

Улучшение использования земель при реконструкции оросительных систем сводится к решению следующих основных задач:

- охрана почвы от эрозий и других разрушительных процессов;

– сокращение площадей, которые по разным причинам выпадают из хозяйственного оборота, вовлечение в оборот ранее не используемых участков;

– повышение плодородия земель, в процессе реконструкции.

Значительно сокращаются потери воды на объектах реконструкции при применении прогрессивных способов полива: капельного орошения, подпочвенного и мелкодисперсионного полива.

Состав мероприятий по реконструкции оросительной системы должен определяться на основе анализа современного состояния орошаемых земель и всех элементов оросительной системы с обязательным использованием материалов инвентаризации орошаемых земель и оросительных систем, мелиоративного кадастра орошаемых земель и водного кадастра состояния водоисточников, а также прогноза возможного ухудшения природных условий и снижения продуктивности орошаемых земель без реконструкции системы в ближайшие 10–15 лет.

Проект реконструкции следует составлять на основе анализа и обработки материалов инвентаризации, данных службы эксплуатации и паспортов оросительных систем с использованием имеющихся предпроектных и проектных документов.

Планируемое сельскохозяйственное использование орошаемых земель, их продуктивность после реконструкции оросительной системы следует принимать по данным схемы развития и размещения культур в хозяйстве.

Проект реконструкции оросительной системы может состоять из разделов, включающих в себя пояснительный текст, расчеты и графические приложения. В пояснительный текст включают:

1. Основные положения – краткий обзор выполненных разработок; исходные данные; сводка требуемой реконструкции в разрезе системы в целом и по видам реконструкции.

2. Современное состояние орошаемых земель и оросительной системы.

3. Планируемое сельскохозяйственное использование орошаемых земель после реконструкции.

4. Мероприятия по улучшению существующей системы водохозяйственного устройства и реконструкции оросительных систем. Рассмотрение вариантов водоподводящих и сбросных трактов с учетом существующих и намеченных к строительству оросительных систем; основные направления по автоматизации управления водораспределением.

5. Улучшение эксплуатации реконструированной оросительной системы.

6. Перспективный план организации и выполнения работ по реконструкции оросительной системы.

11.2. Реконструкция водозабора оросительной системы

Источником воды для орошения сельскохозяйственных культур служат реки, озера, ручьи, искусственные водохранилища, пруды, каналы и пробуренные скважины.

Основное требование к источнику – необходимый секундный расход воды в нем должен превышать секундный забор на орошение, а общий запас должен обеспечивать полив орошаемого участка за весь вегетационный период. Подаваемая для орошения вода может иметь температуру от +1 до 30 °С, содержать осадок до 5 г/л и взвешенные частицы крупностью до 2 мм. Источниками воды для орошения и обводнения могут быть реки в их естественном и зарегулированном состоянии; местный поверхностный сток, поступающий в пруды; подземные воды, забираемые из шахтных колодцев, буровых скважин, каптажных сооружений.

Для орошения можно также использовать промышленные и хозяйственно-бытовые сточные воды, шахтные воды и сбросные воды систем, а в некоторых случаях и морскую воду.

Требования, предъявляемые к источникам: вода должна быть пригодной для орошения сельскохозяйственных культур, а при обводнении для обеспечения бытовых и хозяйственных нужд; запасы и расходы воды в источнике должны всегда и желательно полностью удовлетворять потребность в воде; источник должен располагаться вблизи орошаемого массива и выше него, чтобы было возможно подавать воду самотеком при небольшой стоимости строительства водозаборного сооружения и оросительной системы.

Требования, предъявляемые к качеству оросительной воды: при поливе она должна улучшать механический, химический, биологический, температурный режимы почвы, по возможности не заиливать оросительные каналы, быть пригодной для полива существующей техникой. Качество оросительной воды зависит от ее температуры, количества и крупности взвешенных частиц, минерализации (количества и состава растворенных в воде солей и химических элементов).

При поливе дождевальными машинами в воде не должно быть мусора и взвесей крупнее 0,5 мм, чтобы не засорять установленный на трубе перед гидроцилиндром фильтр; при поливе из шлангов мутность должна быть не более 1...1,5 г/л; при поливе из подземных трубопро-

водов – 3...4 г/л. В зависимости от мутности воды устанавливают режим промывки шлангов и подземных трубопроводов. При внутривидовом и капельном орошении взвесей в воде быть не должно. Поэтому поливную воду предварительно очищают, пропуская через фильтр. Минерализацию воды определяет в основном плотный остаток, в г/л (сумма растворимых солей), а также его химический состав.

Для большинства растений безвредная поливная вода с минерализацией до 1...1,5 г/л, а для солеустойчивых – до 5...8 г/л. Токсичной считают воду с содержанием 15...20 г/л растворимых солей. Поэтому в ряде случаев возможен даже полив морской водой.

Для использования сточных вод сельскохозяйственные и промышленные предприятия делают химический анализ для определения в них полезных веществ (азота, фосфора, калия) и вредных (смола, соды, фенолов, нефтепродуктов, свинца, фтора и др.) и сравнивают их количество с допустимыми концентрациями. Если их содержание меньше допустимых концентраций, то вода пригодна для орошения, а если больше, то непригодна.

Одним из важнейших факторов правильной организации современного орошаемого хозяйства – это высококачественное проведение поливов сельскохозяйственных культур. Качество поливов дождеванием, прежде всего, зависит от применяемой поливной техники. Поэтому она должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- обеспечивать расчетные поливные режимы сельскохозяйственных культур;
- равномерно увлажнять почву в пределах корнеобитаемого слоя по всему полю без непроизводительного сброса воды за пределы поля и в более глубокие слои почвогрунтов;
- не препятствовать проведению агротехнических мероприятий и других сельскохозяйственных работ;
- обеспечивать качественные поливы на любых уклонах сельскохозяйственных угодий;
- снижать затраты труда и средств на единицу сельскохозяйственной продукции по сравнению с ранее применяемой поливной техникой;
- способствовать повышению плодородия почв и улучшению мелиоративного состояния орошаемых и прилегающих земель.

Современную дождевальную технику классифицируют в зависимости от типа насадок или аппаратов, с помощью которых создается искусственный дождь, а также от того, где установлены эти насадки и аппараты – на поливном трубопроводе, консольной ферме или тракто-

ре; от технологии дождевания, т. е. как происходит полив – в движении машины или позиционно.

В настоящее время существуют следующие приоритетные направления на разработку дождевальных машин и оборудования.

В области широкозахватной поливной техники создание:

- дождевальных машин модульного типа;
- работающие от стационарной и мобильной оросительной сети;
- все технологические операции, в том числе создание напора, перемещения и т. д., должны выполняться с использованием одного энергоносителя;
- широкий диапазон (не менее трех) дождеобразующих устройств;
- расход дождевальной машины в зависимости от направления движения (фронтальный, круговой или продольный) не должен превышать 10–50 л/с на 100 м длины крыла;
- автоматизация основного технологического процесса;
- возможность внесения различного вида удобрений и проведения химических обработок;
- уменьшение требований к техническому уровню обслуживающего персонала;
- исключение применения дорогостоящих цветных металлов.

В области дождевальных агрегатов создание:

- агрегатов навесного и прицепного типа;
- работающих с тракторами различного класса;
- агрегатов с гибкими трубопроводами;
- расход дождевального агрегата в зависимости от площади мгновенного полива не должен превышать 7–8 л/с на 10 м длины крыла;
- возможность внесения различного вида удобрений и проведения химических обработок;
- широкий диапазон (не менее трех) дождеобразующих устройств;
- обслуживающий персонал при выполнении основного цикла не должен превышать одного человека на агрегат.

В области поливной техники для поверхностного полива создание:

- поливных агрегатов навесного и прицепного типа;
- приспособления для перевода дождевальных машин и агрегатов на поверхностный полив;
- гибких трубопроводов;
- быстроразборных трубопроводов;
- телескопических трубопроводов.

Объемы капитальных вложений на работы по реконструкции оросительных систем должны быть меньше затрат, необходимых на новое

орошение. Поэтому приведение в порядок действующих оросительных систем, улучшение мелиоративного состояния земель, повышение водообеспеченности, коэффициентов полезного действия системы и полезного использования воды, совершенствование техники полива и водораспределения имеют большое экономическое значение.

Лабораторная работа 1. Определение допустимой интенсивности искусственного дождя

Цель работы: изучить сущность и метод определения допустимой интенсивности искусственного дождя.

Задачи:

1. Изучить показатели качественного орошения дождеванием.
2. Рассмотреть понятие допустимой интенсивности искусственного дождя и, факторы ее определяющие.
3. Экспериментально определить значение допустимой интенсивности искусственного дождя.

Исходные данные и оборудование: экспериментальная дождевальная установка, дефлекторная насадка, дождемеры (4...6 шт.), мерный цилиндр, фильтровальная бумага, секундомер (часы), графики для определения диаметра капель и допустимой интенсивности искусственного дождя.

Общие положения. Качественное орошение дождеванием обеспечивается: во-первых, оптимальным режимом орошения и, во-вторых, равномерным распределением воды по всей площади без образования луж и стока, ухудшающих структуру и плодородие почвы. Второе условие зависит от структуры искусственного дождя, основные показатели которой – интенсивность дождя, диаметр капель и равномерность распределения дождя.

Процесс впитывания воды в почву при дождевании может происходить в две последовательные стадии: безнапорную (когда на поверхности почвы нет сплошной гравитационной пленки воды) и напорную (когда такая пленка образуется и приводит к стоку и образованию луж). Безнапорная стадия полива обеспечивается так называемой допустимой интенсивностью дождя.

В общем случае допустимой можно назвать интенсивность дождя, при которой обеспечивается полив заданной нормой без образования луж и стока. Однако практический интерес представляет интенсивность дождя, обеспечивающая максимальную производительность

техники полива. Поэтому в узком смысле допустимой является наибольшая возможная в данных условиях интенсивность дождя, обеспечивающая впитывание заданной поливной нормы без образования луж и поверхностного стока. Она зависит от таких факторов, как механический состав почвы, уклон и состояние поверхности участка, влажность почвы, диаметр капель и др.

В результате проведенных опытов получена зависимость слоя осадков (h , мм), который впитывается в почву до образования луж и поверхностного стока, от интенсивности дождя и крупности капель:

$$h = \frac{P}{\sqrt{ie}^{0,5d}},$$

где P – показатель безнапорной водопроницаемости почвы при дождевании, мм;

i – фактическая интенсивность дождя, мм/мин;

d – средний диаметр капель, мм;

e – основание натурального логарифма.

Параметр P определяется свойствами почвы и является ее специфической характеристикой. В физическом смысле он представляет собой слой осадков, который впитывается в почву до появления луж и стока при поливе очень мелким дождем ($d > 0$) интенсивностью, равной 1 мм/мин.

Из формулы видно, что для определения допустимой интенсивности дождя применительно к конкретным почвенным условиям необходимо знать численное значение параметра P .

Выполнение работы. Теоретическая часть работы выполняется с использованием литературы, экспериментальная – в следующем порядке:

1. На площадке экспериментальной дождевальной установки представляют дождемеры по сетке примерно $0,8 \times 0,8$ м таким образом, чтобы вокруг каждого дождемера в радиусе около 40 см оставалась открытая нетронутая поверхность почвы.

2. Включают в работу дефлекторную насадку и отмечают время дождевания с помощью секундомера (или часов). В процессе полива фиксируют момент образования устойчивых лужиц вблизи каждого дождемера. Дождевание прекращают, когда зафиксированы моменты образования лужиц у всех дождемеров.

3. В процессе полива над каждым дождемером отбирают пробы на крупность капель дождя. Пробы удобно брать с помощью бумажных

фильтров. Крупность капель дождя определяют по величине отпечатков их на фильтре.

4. В результате проведения опытного полива для каждого дождемера получают: продолжительность полива до появления луж и поверхностного стока; слой осадков (h , мм), который впитался до появления луж и поверхностного стока; крупность капель дождя.

Слой осадков, впитывающийся в почву до образования луж и поверхностного стока, замеряют отдельно для каждого дождемера и рассчитывают по зависимости:

$$h = \frac{10W}{F},$$

где W – объем воды в дождемере, замеряемый с помощью мерного цилиндра, см³;

F – приемная площадь дождемера, см².

5. По полученным данным для каждого дождемера определяют интенсивность дождя (i , мм/мин), которая наблюдалась в процессе полива:

$$i = h / t.$$

6. Для каждого дождемера определяют показатель безнапорной водопроницаемости почвы по формуле

$$P_i = h\sqrt{i}e^{0,5d}$$

7. Вычисляют среднее (расчетное) значение показателя безнапорной водопроницаемости:

$$P_{\text{ср}} = \frac{\sum P_i}{n},$$

где n – количество дождемеров.

8. Имея численное значение $P_{\text{ср}}$, легко определить допустимую интенсивность дождя для полученной крупности капель и требуемой поливной нормы m . Для этого вычисляют так называемый приведенный показатель безнапорной водопроницаемости почвы при дождевании:

$$P_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{ср}}}{m}.$$

9. Используя график (рис. 11.1) зависимости допустимой интенсивности дождя ($i_{\text{доп}}$) от $P_{\text{пр}}$ и d , по полученным данным $P_{\text{пр}}$ и d находят допустимую интенсивность дождя.

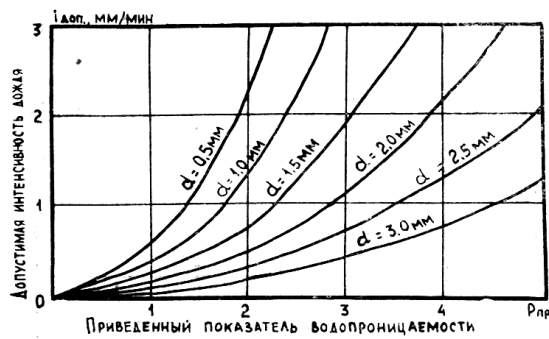


Рис. 11.1. График зависимости интенсивности дождя от приведенного показателя водопроницаемости почвы

10. Результаты измерений и вычислений заносят в табл. 11.1.

Таблица 11.1. Результаты опыта по определению допустимой интенсивности дождя

Номер дождемера	Слой осадков h , мм	Время полива t , мин	Диаметр капле- дождя d , мм	Интенсив- ность дождя i , мм/мин	P , мм	$P_{\text{ср}}$, мм	$P_{\text{пр}}$	$i_{\text{доп}}$, мм/мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Полученные результаты можно использовать при составлении про- ектов реконструкции мелиоративных систем.

Лабораторная работа 2. Проектирование режима орошения

Цель работы: овладеть методикой расчетов проектного режима орошения и освоить их выполнение на персональном компьютере.

Задачи:

1. Изучить сущность и алгоритм расчета режима орошения по мно- голетним метеоданным.

2. Подготовить исходные данные для расчета режима орошения.
3. Произвести расчеты в соответствии с индивидуальными исходными данными.
4. Выполнить обработку результатов расчета (построить графики кривых обеспеченности оросительных норм и минимальных межполивных интервалов).

Исходные данные и оборудование: наименование опорной метеостанции; орошаемая культура и ее вегетационный период; поливная норма (или водно-физические свойства почвы);

Общие положения. Компьютерные расчеты выполняются по разработанным на кафедре мелиорации и водного хозяйства программам «RAREO» или «RETRO-2» в соответствующем диалоговом режиме.

Проектный режим орошения сельскохозяйственных культур представляет собой показатели оросительных и поливных норм, сроков и числа поливов, а также минимальных межполивных интервалов, рассчитанных для лет заданной обеспеченности. Проектный режим орошения зависит от большого числа факторов (климатических, почвенных, биологических и т. д.), что затрудняет определение необходимых его элементов вручную с достаточной для практики точностью. Кроме того, для получения обеспеченных величин таких элементов, как оросительная норма и минимальный межполивной интервал необходимы расчеты режима орошения за период не менее 40–50 лет. В связи с этим для данных многолетних расчетов необходимо использовать указанные выше компьютерные программы.

При выполнении данной работы студенты должны использовать теоретический лекционный материал по режиму орошения.

Выполнение работы. Для изучения сущности биоклиматического метода расчета режима орошения и его реализации на ПЭВМ используется литература. Приводятся основные теоретические зависимости и алгоритм расчетов. Многолетние массивы данных по осадкам, температуре и дефициту влажности воздуха хранятся в банке данных ПЭВМ и вводятся в расчет автоматически при наборе кода метеостанции.

Результаты расчетов в виде распечатанной таблицы анализируются, и проводится их графическая обработка. На миллиметровой бумаге строятся графики эмпирических кривых обеспеченности оросительных норм и минимальных межполивных интервалов.

Далее с использованием таблиц Крицкого-Менкеля подбираются и строятся соответствующие теоретические кривые обеспеченности оросительных норм для расчетного варианта.

Используя данные графики, обосновывают проектные показатели режима орошения заданной обеспеченности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О Государственной программе «АПК будущего» на 2026–2030 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 31 дек. 2025 г., № 814 // ЭТАЛОН ONLINE. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр законодательства и правовой информации Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://etalonline.by/document/?regnum=c22500814&ysclid=mlq91ltjmu775088810> – Дата доступа: 17.02.2026 г.
2. Эксплуатация и реконструкция гидромелиоративных систем: учеб. пособие / В. В. Васильев [и др.]. – Минск: РИВШ, 2021. – 528 с.
3. Бадаев, Л. И. Техническая эксплуатация гидромелиоративных систем: Справочник / Л. И. Бадаев, В. М. Донской. – М.: Колос, 1992. – 271 с.
4. Васильев, В. В. Эксплуатация и реконструкция гидромелиоративных систем: учеб.-метод. пособие / В. В. Васильев, С. В. Набздорев, Е. А. Вчерашний. – Горки: БГСХА, 2022. – 162 с.
5. Водный кодекс Республики Беларусь. – Минск: ЗАО «Белбизнеспресс», 1998. – 72 с.
6. Рекомендации по комплексному обслуживанию дренажной сети на базе современного ресурсосберегающего оборудования / А. С. Анженков [и др.]; РУП «Институт мелиорации». – Минск: ИВЦ Минфина, 2024. – 35 с.
7. Сельскохозяйственные мелиорации: методические указания по выполнению лабораторных работ / В. И. Желязко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2023. – 86 с.
8. Зубец, В. М. Реконструкция гидромелиоративных систем / В. М. Зубец. – Минск: Урожай, 1966. – 187 с.
9. Кавешников, Н. Т. Эксплуатация и ремонт гидротехнических сооружений: учеб. пособие / Н. Т. Кавешников. – М.: Агропромиздат, 1989. – 272 с.
10. Лихацевич, А. П. Мелиорация земель в Беларуси: монография / А. П. Лихацевич, А. С. Мееровский, Н. К. Вахонин. – Минск: БелНИИМиЛ, 2001. – 308 с.
11. Эксплуатация мелиоративных насосных станций / К. И. Лысов [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1988. – 255 с.
12. Титов, В. Н. Методические указания по выполнению уходных и ремонтных работ на мелиоративных системах: в 2 ч. / В. Н. Титов, Г. Ю. Левин. – Минск: РУП «Институт мелиорации», 2015. – Ч. 1. Уходные и ремонтные работы на открытой сети. – 52 с.
13. Погодин, Н. Н. Методические указания по выполнению уходных и ремонтных работ на мелиоративных системах: в 2 ч. / Н. Н. Погодин, В. А. Болбышко, Г. Ю. Левин. – Минск: РУП «Институт мелиорации», 2015. – Ч. 2. Выполнение технического ухода за дренажной сетью с использованием малозатратных технологий. – 28 с.
14. Натальчук, М. Ф. Эксплуатация гидромелиоративных систем: учеб. / М. Ф. Натальчук, В. И. Ольгаренко, В. А. Сурин. – М.: Колос, 1995. – 320 с.
15. О мелиорации земель: Закон Респ. Беларусь от 23 июля 2008 г. № 423-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 184. – 2/1520.
16. Правила технической эксплуатации мелиоративных систем в Белорусской ССР. – Минск: М-во вод. хоз. и восст. земель БССР, 1991. – 67 с.
17. О некоторых вопросах эксплуатации (обслуживания) и ведения государственного учета мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 10 июля 2009 г., № 920 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2010. – № 183. – 5/30173.
18. Равовой, П. У. Эксплуатация мелиоративных и водохозяйственных систем: учеб. / П. У. Равовой, Т. П. Иванова. – Горки: БГСХА, 2005. – 312 с.

19. Равовой, П. У. Эксплуатация инженерных систем: внутрихозяйственные автомобильные дороги: пособие / П. У. Равовой, Т. П. Иванова. – Горки: БГСХА, 2001. – 56 с.
20. Лихацевич, П. А. Сельскохозяйственные мелиорации: учеб. / А. П. Лихацевич, М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов; под ред. А. П. Лихацевича. – Минск: Тэхналогія, 2010. – 464 с.
21. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования = Меліярацыйныя сістэмы і збудаванні. Нормы праектавання : ТКП 45-3.04-8-2005 (02250). – Введ. 01.11.2005. – Минск, 2006. – 106 с.
22. Реконструкция осушительных систем. Правила проектирования = Рэканструкцыя асушальных сістэм. Правілы праектавання : ТКП 45-3.04-177-2009 (02250). – Введ. 29.12.2009. – Минск, 2010. – 54 с.
23. Ремонт мелиоративных систем. Правила проектирования = Рамонт меліярацыйных сістэм. Правілы праектавання : ТКП 45-3.04-176-2009 (02250). – Введ. 29.12.2009. – Минск, 2010. – 35 с.
24. Осушительно-увлажнительные мелиоративные системы. Правила проектирования = Асушальна-ўвільгатняльныя меліярацыйныя сістэмы. Правілы праектавання : ТКП 45-3.04-203-2010 (02250). – Введ. 07.06.2010. – Минск, 2011 – 90 с.
25. Оросительные системы. Правила проектирования = Арашальныя сістэмы. Правілы праектавання : ТКП 45-3.04-8-2005 (02250). – Введ. 29.12.2009. – Минск, 2010. – 110 с.
26. Жазмер, В. Б. Выбор способа восстановления работоспособности гидромелиоративных систем: метод. рекомендации / В. Б. Жазмер. – ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», 2025. – 46 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ	6
1.1. Формирование водного режима на мелиорируемых землях	6
1.2. Приемы регулирования водного режима почвы	8
Задание 1. Составление плана регулирования водного режима почвы	13
2. ПОВРЕЖДЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ	21
2.1. Причины деформаций гидромелиоративных систем	21
2.2. Виды деформаций и приемы их предупреждения	23
Задание 1. Определение объемов деформаций элементов гидромелиоративной системы	25
Задание 2. Устранение деформаций элементов системы	33
3. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАБОТЫ НА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ	41
3.1. Надзор и уход за гидромелиоративными системами	41
3.2. Виды эксплуатационных работ в разные периоды года	47
Лабораторная работа 1. Изучение внутрипочвенного увлажнения	50
4. РЕМОНТ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ	53
4.1. Восстановление работоспособности закрытой дренажной сети	53
Задание 1. Определение технического состояния закрытой дренажной сети	59
5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	62
5.1. Водопользование на оросительных системах	62
Задание 1. Определение водоносности реки и возможного забора воды на увлажнение почвы	66
Лабораторная работа 1. Составление плана забора воды из источника и распределение ее между участками увлажнения	73
6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ДОРОГ	82
6.1. Эксплуатационные качества дорог и критерии их оценки	82
Лабораторная работа 1. Определение ровности дорожного покрытия	87
Лабораторная работа 2. Определение шероховатости дорожного покрытия	89
7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ	90
7.1. Эксплуатация мелиоративных насосных станций	90
Задание 1. Составление плана работы насосной станции	97
8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРУДОВ И ВОДОХРАНИЛИЩ	109
8.1. Деформации сооружений прудов и водохранилищ	109
Лабораторная работа 1. Исследование безнапорной фильтрации в теле грунтовой плотины	114
9. РЕКОНСТРУКЦИЯ ОТКРЫТОЙ МЕЛИОРАТИВНОЙ СЕТИ	119
9.1. Реконструкция открытых проводящей и регулирующей сетей	119
Лабораторная работа 1. Составление плана переустройства открытой осушительной сети на дренаж	127
10. РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗАКРЫТОЙ ОСУШИТЕЛЬНОЙ СЕТИ	128
10.1. Способы реконструкции закрытой осушительной сети	128
Задание 1. Реконструкция закрытой осушительной сети	135
11. РЕКОНСТРУКЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	144
11.1. Общие требования и задачи реконструкции оросительных систем	144
11.2. Реконструкция водозабора оросительной системы	146
Лабораторная работа 1. Определение допустимой интенсивности искусственного дождя	149
Лабораторная работа 2. Проектирование режима орошения	152
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	154