

## **9 ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СХЕМ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ МЕЛИОРАТИВНОЙ СЕТИ**

Ранее, в разделе 5, показано, что основными управляющими факторами при создании оптимальных водно - воздушных режимов в зоне аэрации через регулирование уровней грунтовых (подземны) вод (УГВ, УПВ) являются: начальные запасы влаги в почве, динамика и соотношение в течение вегетации сельскохозяйственных культур атмосферных осадков и суммарного испарения, потери влаги в связи с объективно существующим внутрисочвенным стоком, гидравлический режим проводящей мелиоративной сети и др. При этом очевидно, что способность возврата системы к оптимальному состоянию, при изменении одного или нескольких из перечисленных факторов, определяется, в свою очередь, конструкцией регулирующей сети, расположением водоотводящих каналов по отношению к регулирующей сети и рельефу местности, конструкцией регулирующих устройств и их расположением по отношению к другим элементам системы, водно-энергетическими ресурсами используемой системы регулирования, стабильностью работы передающего механизма между регулятором и параметром регулирования; долговечностью и стабильностью работы всех составных элементов регуляторов, водно-физическими свойствами и геологическим строением почво-грунтов, потребностью в обслуживающем персонале и периодичностью ручной настройки регулирующих устройств, возможностью дистанционного управления соответствующими принятой схеме режимоформирующими факторами.

Та важная функция, которую выполняет регулирующая сеть в работе мелиоративной системы, как объекта автоматического регулирования, в целом, обуславливает и требования, предъявляемые к ее конструкции: своевременное удаление из корнеобитаемого слоя избыточной влаги; подача в оптимальные сроки дополнительной влаги для восполнения дефицитов, возникающих в корнеобитаемом слое в засушливые периоды вегетации; обеспечение диапазона изменения УГВ в процессе эксплуатации мелиоративного объекта, в связи с чередованием сельскохозяйственных культур в севооборотах, в т.ч. по фазам их развития (0,5...1,2 м), и равномерности осушения (увлажнения) мелиорируемой территории в границах отдельных полей севооборотов; обеспечение условий для независимого управления водным режимом по полям севооборота; создание условий для высокопроизводительного использования сельскохозяйственной техники; обеспечение наименьшей протяженности дренажных линий, простоты конструкций сооружений мелиоративных систем, экономичности и надежности их работы, минимального, по возможности, количества сопряжений регулирующей сети с проводящей.

В настоящее время, разработано значительное количество технических решений регулирующей сети. Поиски, выбор наиболее оптимальной конструкции регулирующей сети следует вести с учетом изложенных выше требований, а также, исходя из природно-климатических, хозяйственно-экономических, эколого-мелиоративных и др. условий реального объекта мелиораций.

В технических схемах регулирующей мелиоративной сети должны учитываться особенности мелиоративного фонда Белорусского Полесья:

- малые уклоны поверхности (нередко 0,0001...0,0002; в среднем 0,0003);
- преобладание почв легкого механического состава и мелкозалежных торфяников, подстилаемых мощным слоем хорошо водопроницаемых песков, с коэффициентами фильтрации от 2 до 23 и более м/сут.;

- асинхронность между потребностью растений в воде и распределением атмосферных осадков, обуславливающая дефициты естественных почвенных влагозапасов от 100 до 150 мм. В некоторые месяцы засушливых лет (повторяемостью  $P=0,1$ ), дефициты влаги могут быть скомпенсированы только на 24% водосборных площадей на севере и на 5% площадей - на юге Беларуси.

В связи с большой капиталоемкостью осушительно-оросительных систем и возможностью получения соизмеримого с оросительными мероприятиями экономического эффекта от подпочвенного увлажнения, подбор конструкций регулирующей сети при автоматизации управления водным режимом почв выполнен нами для осушительно - увлажнительных систем с подпочвенным увлажнением.

Регулирующий элемент осушительно-увлажнительных систем с подпочвенным увлажнением включает в себя сеть открытых каналов, закрытых и кротовых дрен.

Широкое распространение имеют комбинированные системы, основанные на применении нескольких способов регулирования водного режима, при этом, один из способов является основным, другие - второстепенными [12]. Подобные системы базируются на: шлюзовании каналов и использовании кротового дренажа с применением такого агромелиоративного мероприятия, как кротование; увлажнении по трубчатым дренам с применением кротового дренажа, кротования, щелевания и глубокого рыхления почвы; подпочвенном увлажнении в сочетании с дождеванием.

В настоящее время ведутся разработки систем двухъярусного дренажа, а также систем внутрпочвенного и капельного увлажнения. Пока эти системы не прошли широкой производственной проверки, но производственные опыты указывают на их высокую техническую эффективность по оперативному управлению водным режимом почв при высокой капиталоемкости. Удельные капиталовложения достигают 3000...3550 \$/га. Высокая стоимость этих систем в значительной мере определяется тем, что регулирующий осушительный и увлажнительный элементы в таких системах не совмещены.

В связи с этим, главное внимание уделим системам с наибольшей степенью совмещения осушительной и увлажнительной сети.

Согласно руководству по проектированию и изысканиям объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства (РПИ-82), с учетом достижений отечественной науки и практики, при проектировании осушительно-увлажнительных систем следует использовать следующие принципиальные схемы, представленные на рисунках 9.1...9.7.

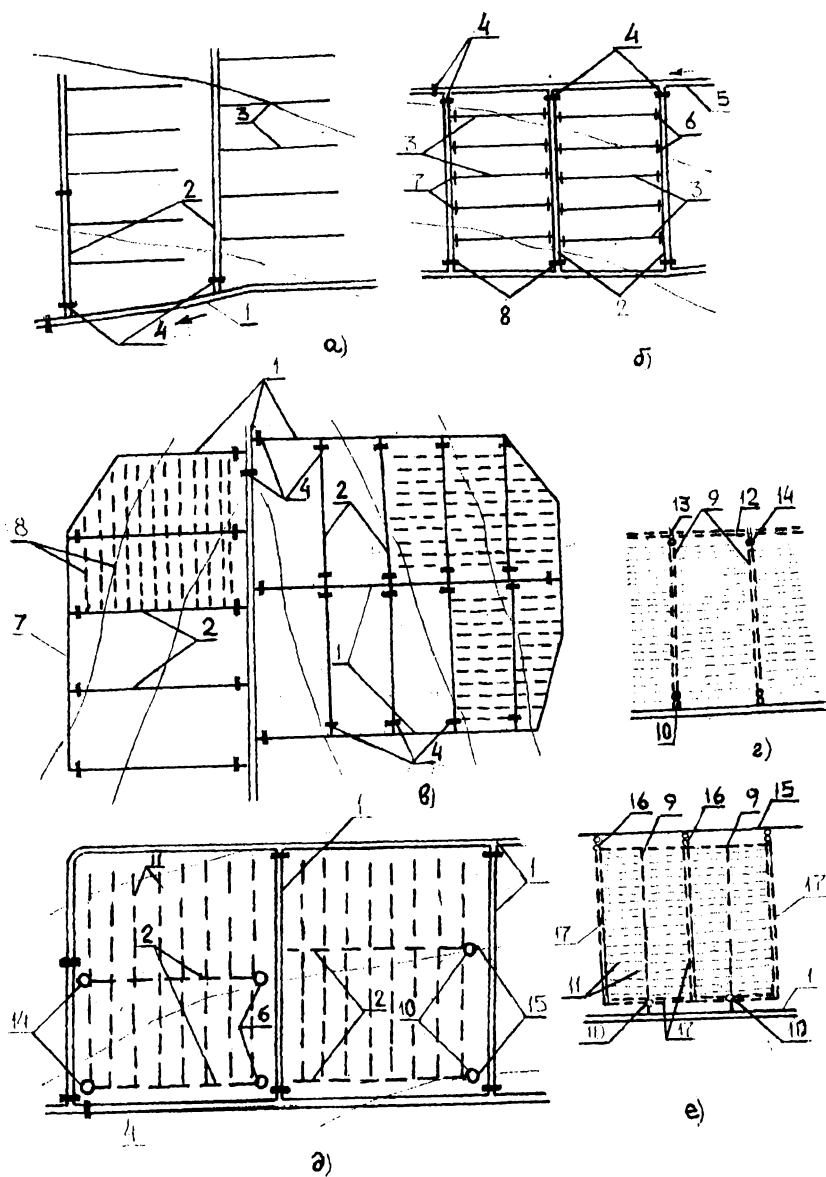


Рис.9.1 Принципиальные схемы осушительно-увлажнительных систем с увлажнением из открытой сети с элементами водоборота (а), со шлюзованием каналов (б), с увлажнением по кротовым дренам (в), с подачей воды из напорного трубопровода (г), с подачей воды из проводящей осушительной сети (д), с подачей воды в закрытые коллекторы (е): 1 - магистральный канал; 2 - открытые коллекторы-увлажнители; 3 - открытые осушители-увлажнители; 4 - шлюзы-регуляторы; 5 - подводящий канал; 6 - шлюзы-регуляторы на осушителях-увлажнителях; 7 - нагорно-ловчие каналы-увлажнители; 8 - кротовые дрены-увлажнители; 9 - закрытые коллекторы; 10 - колодцы с регуляторами; 11 - дрены-увлажнители; 12 - напорный трубопровод; 13 - колодец-водовыпуск; 14 - колодец-гаситель; 15 - распределительный канал; 16 - приемный колодец; 17 - приемный распределитель.

На схеме 9.1<sup>а</sup> регулирующая сеть представлена открытыми каналами, а вода на увлажнение подается за счет местного стока собственного водосбора самотеком из верхнего бьефа шлюза на магистральном канале в устья открытых коллекторов-увлажнителей и через них - в осушители-увлажнители.

Схемой 9.1<sup>б</sup> подача воды предусмотрена извне, а выпуск воды в открытые коллекторы-увлажнители может осуществляться в их истоки или устья из распределительного канала.

Кроме того, может использоваться конструктивная схема (рис. 9.1<sup>в</sup>), где регулирующая сеть состоит из кротовых дрен. Роль распределительных каналов, подающих воду в открытые коллекторы-увлажнители, здесь выполняют магистральные осушительные и нагорно-ловчие каналы.

По - видимому, в дальнейшем, при росте экономического потенциала страны, конструктивные схемы регулирующей сети, состоящей из открытых каналов, будут иметь ограниченное применение по следующим причинам: большие потери земли под открытыми каналами, необходимость оснащения каждого канала водорегулирующим сооружением, совмещенным с переездом, снижение производительности сельскохозяйственной техники из-за ограниченности ее маневра в межканальном пространстве. Подача воды на увлажнение против уклона в устья открытых коллекторов (схема 9.1<sup>а</sup>) обуславливает меньшую площадь возможного оперативного влияния на водный режим по сравнению с подачей воды по уклону в истоки коллекторов (схема 9.1<sup>б</sup>). С этой точки зрения, предпочтительнее схема, где вода подается по распределительному каналу в истоки коллекторов. С другой стороны, эта схема требует значительно большего числа водорегулирующих сооружений и ее применение допустимо при больших расстояниях между открытыми каналами (от 500 м).

Применение кротового дренажа, как регулирующей сети, ограничивается сроком его службы (до 3 лет - на торфяниках, 2...3 года на минеральных связных грунтах) и, во-

обще, его ограниченной пригодностью для мелиорации беспнистых болот со слабой и средней степенью разложения торфа с глубиной после осадки не менее 0,8 м, мелкоза-  
лежных торфяников, подстилаемых связными грунтами, и минеральных кротоустойчи-  
вых грунтов.

Руководством по проектированию и изысканиям (РПИ-82) рекомендуется приме-  
нять кротовый дренаж как дополнительное мероприятие к материальному дренажу. Со-  
гласно ему, увлажнение по трубчатым дренам предусматривается при следующих усло-  
виях: коэффициент фильтрации почво-грунтов не менее 1 м/сут.; земли имеют спокой-  
ный микрорельеф и уклон поверхности не более 0,005; используются осушаемые земли  
преимущественно под многоукосные луга; имеются надежные водные источники, ис-  
пользование которых не оказывает отрицательного воздействия на водохозяйственный  
баланс бассейна, в целом.

В зависимости от природных условий, могут применяться другие конструктивные  
схемы осушительно - увлажнительных систем, в которых подача воды осуществляется в  
истоки коллекторов (осушителей-увлажнителей) из напорного трубопровода (схема 9.1<sup>а</sup>),  
в увлажнительные коллекторы из распределительных каналов и напорных трубопрово-  
дов (схема 9.1<sup>б</sup>), а также из открытой проводящей осушительной сети в регулирующую  
(схема 9.1<sup>в</sup>).

Недостатком схемы с подачей воды на увлажнение в устья коллекторов, является  
сложность оперативного управления водным режимом на мелиорируемой площади. С  
этой точки зрения, лучшей является схема с подачей воды в истоки коллекторов. В этом  
случае, площадь, на которой можно оперативно управлять водным режимом, будет  
больше, чем при подаче воды в устья коллекторов, в то же время, больше и число колод-  
цев-регуляторов УГВ.

Конструктивная схема 9.1<sup>б</sup> в плане решена аналогично схеме 9.1<sup>а</sup>, но водоподво-  
дящий канал заменен напорным трубопроводом. В этом случае, существенно снижаются  
непроизводительные потери воды при транспортировании ее к месту потребления, уве-  
личивается коэффициент земельного использования системы. В то же время, расходуют-  
ся дефицитные трубы большого диаметра, увеличивается энергоемкость мелиоративной  
системы за счет создания больших напоров воды при доставке ее по напорному трубо-  
проводу, требуются специальные колодцы-гасители гидравлического удара. Расстояния  
между дренами по этой схеме уменьшаются из-за отсутствия увлажнительного влияния  
каналов.

Общим для рассматриваемых схем является то, что они наиболее применимы при  
малых уклонах поверхности земли, так как вода подается в устья дрен.

Из всех представленных технических решений наибольший динамизм управления  
водным режимом обеспечивает схема 9.1<sup>в</sup>, поскольку вода подается по уклону местности  
в истоки дрен. При этом, обеспечиваются условия для промывки всей системы, посколь-  
ку дрена - сквозной, а не тупиковый. Однако, это самое дорогостоящее решение, вклю-

чающее устройство оросительных трубопроводов. Регулирующая сеть в этой схеме позволяет осуществлять подпочвенное увлажнение территорий с большими уклонами (0,004...0,005), чем в альтернативных схемах.

Схема осушительно-увлажнительной системы с закрытыми оросителями представлена на рис.9.2<sup>а</sup>, при этом, участок осушен обычным закрытым дренажем, а дрены выведены в закрытые асбестоцементные коллекторы. На коллекторах размещены регулирующие и напорные колодцы. Расстояние между регулируемыми колодцами зависит от уклона местности и планируемого подпора грунтовых вод, напорные колодцы размещены в устьях коллекторов. Регулирующие колодцы оборудованы заслонками с поплавками.

Напорный колодец состоит из двух камер - напорной и арматурной. Коллектор проходит через напорную камеру, в которой установлена задвижка. Управление ею осуществляется с помощью сервомотора. Обе камеры соединены сифонным водосбросом. Сифон снабжен аэрационной телескопической трубкой, с помощью которой регулируется уровень воды в колодце.

Для увлажнения на системе предусмотрена подача воды из внешнего источника с помощью низконапорного трубопровода.

Реальная схема автоматизированной осушительно-увлажнительной системы, расположенной на землях Полесской опытной мелиоративной станции представлена на рис.9.2<sup>б</sup>, в состав которой входят транспортирующие каналы, используемые как для осушения, так и увлажнения, коллекторы, осушители, водовыпуски, подпорные сооружения, шлюз, насосная станция и средства автоматизации.

Эффективны и схемы, представленные на рис.9.2<sup>б</sup> и 9.2<sup>г</sup>. При длине дрен 200...250 м, расстояние между открытыми коллекторами принимается 220...300 м. Площадь карты, ограниченной каналами при их длине до 1200...1500 м, составляет, в этом случае, 25...45 га. Дрены могут выводиться непосредственно в коллекторы, или вода может подаваться в истоки дрен закрытым коллектором-увлажителем, и отводиться из дрен дополнительным закрытым коллектором.

Наибольшей автономностью регулирования уровня грунтовых вод обладает техническая схема 9.2<sup>г</sup>, что обусловлено наличием колодцев-регуляторов как на водоподводящем, так и на отводящем коллекторах. Эффективна и система, состоящая из дрен длиной по 300 м, диаметром 8 см, уложенных через 10...15 м на глубину 1 м и объединенных по 4 штуки короткими коллекторами с обоих концов. Коллекторы соединены с открытыми каналами, имеющими длину 800...1000 м и проложенными через 300 м (рис.9.2<sup>а</sup>). В истоках и устьях каналов, а на некоторых из них (в зависимости от рельефа) в дополнительных створах предусмотрены шлюзы-регуляторы. Вода подается из открытых осушительных или увлажнительных каналов в открытые коллекторы, и далее, через короткие трубчатые коллекторы - в дрены. На трубопроводах, соединяющих открытые и закрытые коллекторы, установлены простые трубчатые регуляторы.

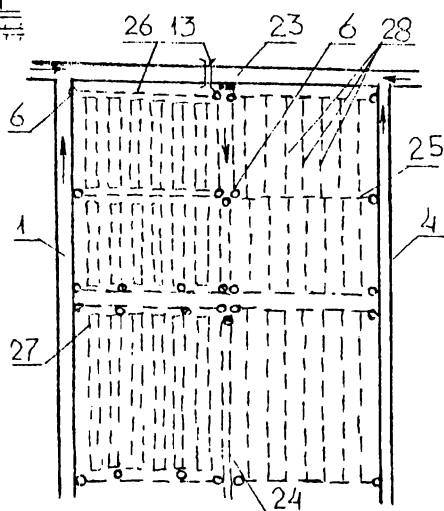
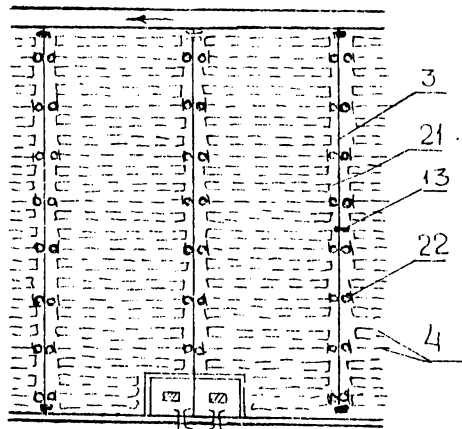
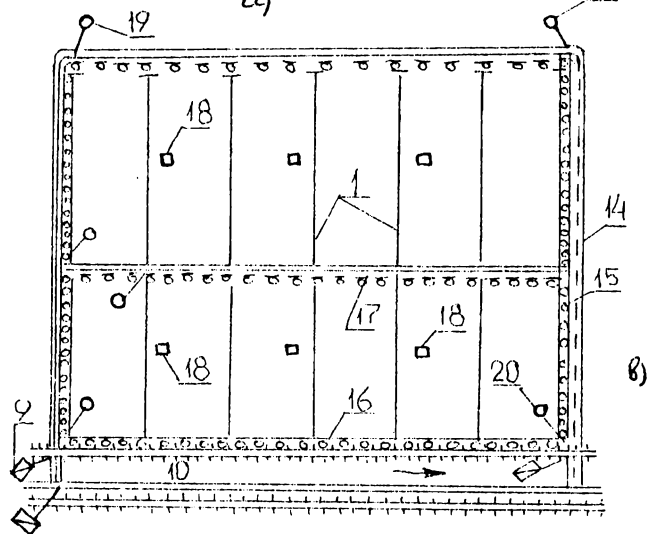
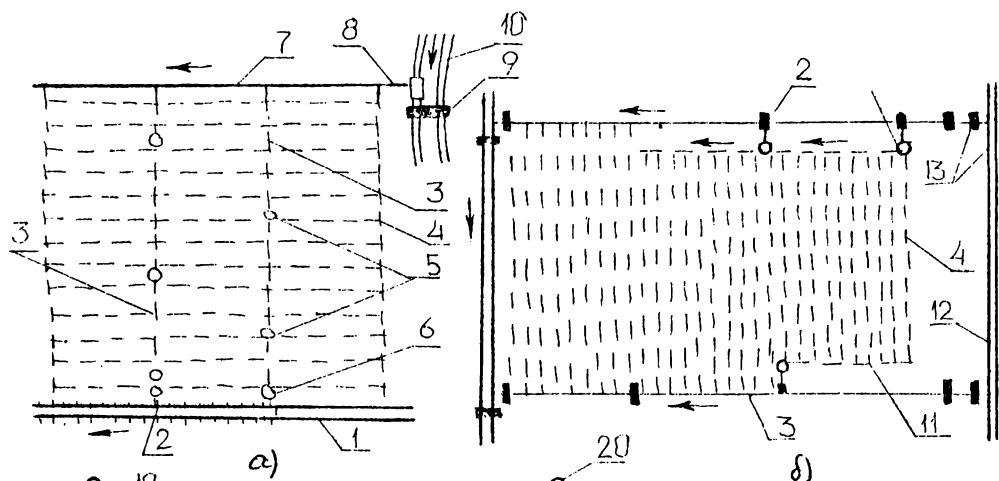


Рис.9.2 Принципиальные схемы осушительно-увлажнительных систем с закрытыми оросителями (а), с подпочвенным увлажнением по закрытым дренам (б), с автоматизированным управлением при увлажнении (в), с орошением по дренам, объединенным открытыми коллекторами (г), с групповыми дренами и закрытыми оросителями (д): 1 - осушительный канал; 2 - устье коллектора; 3 - коллектор; 4 - дрена; 5 -регулирующий колодец; 7 - низконапорный трубопровод; 8 - водозабор; 9 - подпорное сооружение; 10 - водоисточник; 11 - дополнительные закрытые увлажнители; 12 - транспортирующий собиратель-распределитель; 13 - шлюз-регулятор; 14 - подводящий канал; 15 - дороги; 16 - дамба; 17 - границы полей севооборота; 18 - датчики уровней; 19 - водовыпуск; 20 - автоматизированный водовыпуск; 21 - групповой коллектор; 22 - трубчатый регулятор; 23 - насосная станция; 24 - транспортирующий трубопровод; 25 - закрытый ороситель; 26 - сбросной коллектор; 27 - групповой ороситель.

Система позволяет регулировать водный режим на небольших площадях, что важно при малых размерах землепользований и полей севооборота, особенно, в фермерских хозяйствах.

При волнистом рельефе мелиорируемой территории может быть применено двустороннее примыкание дрен к коллектору. По мнению Зубца В.М. и Еськова А.И.[18], наиболее рационально осушительно-увлажнительную сеть размещать по схеме, представленной на рис.9.2<sup>а</sup>, где расстояние между открытыми каналами диктуется длиной коллекторов и оросителей. На участках с большими уклонами проектируется одностороннее впадение дрен в коллекторы с объединением дрен в группы и непосредственное соединение дрен с оросителем и коллектором, а при малых уклонах - двустороннее впадение в коллекторы.

Подпорные сооружения и колодцы с задвижками размещаются с учетом необходимости делать промывку сети и осуществлять увлажнение как отдельных участков, так и всей мелиорируемой площади.

Ивицким А.И. [15], в итоге обобщения многолетних экспериментальных данных, полученных на ряде болотных массивов, а также в ходе теоретических исследований, предложены несколько схем осушения заболоченных земель Полесья, где почвы подстилаются мощным слоем хорошо водопроницаемого песка.

Для болот с большой водопроницаемостью подстилающего песка ( $>2...3\text{м/сут.}$ ), где расстояния между открытыми каналами, согласно расчету, должны быть не менее 400 м, применима техническая схема, приведенная на рис.9.3<sup>а</sup>. Дрены выполняются с уклоном  $0,0003...0,0005$ , глубиной  $0,8...1,2\text{ м}$ .

Для мелкозалежных болот с водопроницаемостью подстилающего песка меньше  $2\text{ м/сут.}$ , где расстояние между открытыми каналами, согласно расчету, должно быть  $200...300\text{ м.}$ , наиболее приемлема техническая схема, представленная на рис. 9.3<sup>б</sup>.

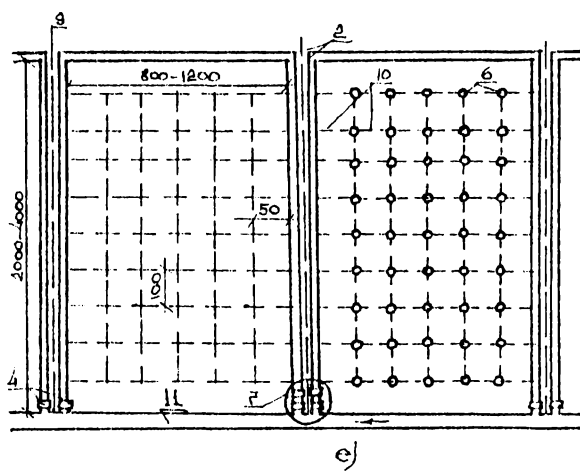
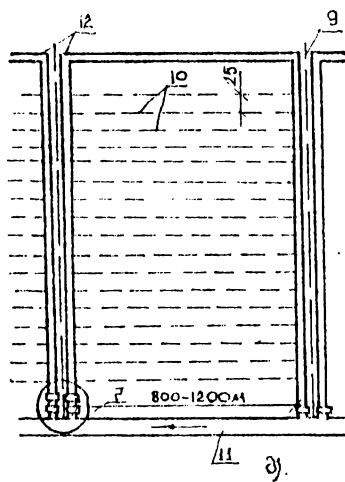
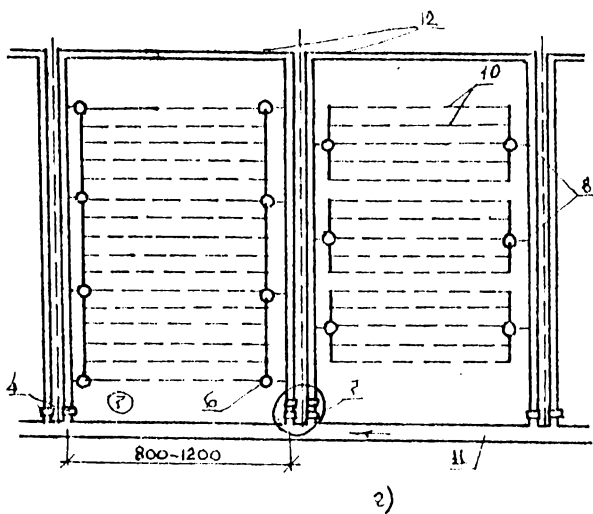
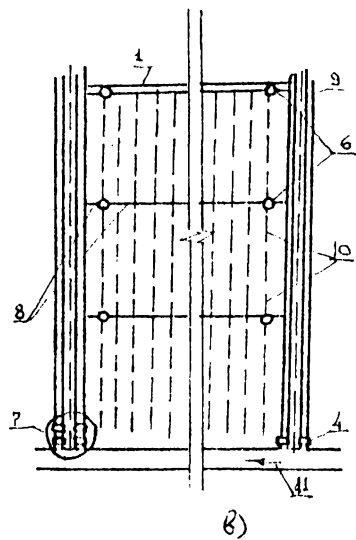
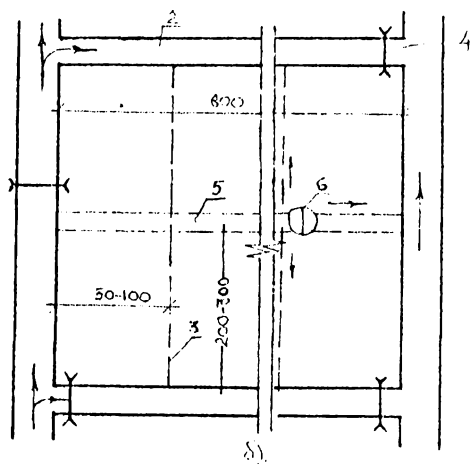
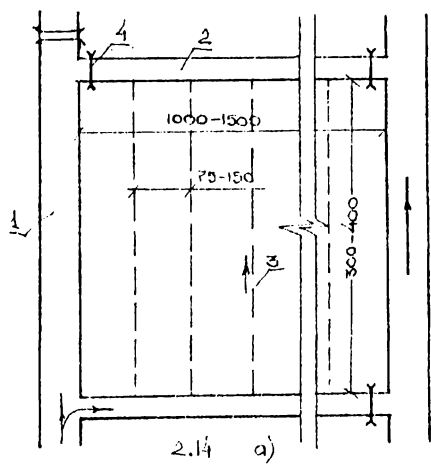


Рис.9.3 Принципиальные схемы осушительно-увлажнительных систем на болотах, подстилаемых сильноводопроницаемым песком (а), тоже, слабоводопроницаемым грунтом (б), с безуклонным дренажем и закрытыми коллекторами (в), тоже, но с групповой работой дрен (г), с одиночными сквозными дренами (д), с перекрестным безуклонным дренажем (е): 1 - проводящий и 2 - регулирующий каналы; 3 - малоуклонные дренаы; 4 - шлюз-регулятор; 5 - осушительная дрена большого диаметра; 6 - колодцы-регуляторы; 7 - водорегулирующий узел; 8 - коллекторы выводные и собирательные; 9 - дорога; 10 - дренаы; 11 - магистральный канал; 12 - транспортирующие собиратели.

Открытые каналы, глубиной 1,4...1,6 м и длиной около 800 м, прокладываются на расстоянии 400...600 м друг от друга, а между ними, параллельно, закладываются дренаы-осушители большого диаметра с уклоном 0,0003...0,0005. Расстояние между открытыми каналами можно увеличить в 2...3 раза и более, заменяя их дренами-осушителями большого диаметра. Перпендикулярно открытым каналам и дренам-осушителям закладываются регулирующие дренаы обычного диаметра с уклоном 0,0003...0,0005 на расстоянии 50...100 м одна от другой с подключением каждой из них к открытому каналу.

В системе, изображенной на схеме 9.3<sup>в</sup>, регулирующие дренаы проектируются из труб диаметром 50...75 мм. Диаметры коллекторов принимаются по расчету (100...200 мм); коллекторно-дренажная сеть в схеме 9.3<sup>г</sup>, как и в схемах 9.3<sup>е</sup> и 9.3<sup>д</sup>, может устраиваться их труб увеличенных диаметров.

При этом, схемы с взаимоперекрестным расположением регулирующей сети являются самыми надежными из-за закольцованности всех регулирующих дрен и двойного их выхода в открытые каналы. Диаметры дрен составляют 100...150 мм. В то же время, эти сложные схемы, особенно, для производства работ из-за увеличенного количества стыковочных соединений и повышенных требований к качеству работ.

В принципе, конструктивная схема безколлекторной дренажной сети из сквозных дрен (схема 9.3<sup>е</sup>) является самой простой, удобной в строительстве и не менее надежной. Некоторым недостатком этой схемы является увеличение числа устьев, хотя это, с другой стороны, положительно, поскольку увеличивается, в целом, надежность работы дренажа.

Общим для всех этих схем является устройство двух, рядом расположенных, каналов, что, в какой-то мере, позволяет создавать различные водные режимы на смежных картах (полях севооборотов). С другой стороны, поддержание в смежных каналах перепада уровней до 0,5...0,7 м, обусловленного разницей в УПВ на смежных картах, приводит к большим градиентам напора и, соответственно, - интенсивным фильтрационным перетокам из одного канала в другой и, в конечном итоге, к непроизводительным потерям воды, выщелачиванию почв. Применение соответствующих противофильтрационных мероприятий на каналах, соответственно, снижает их осушительное и увлажнительное

ное действие, учет которого при расчете параметров регулирующей осушительно - увлажнительной сети дает определенный экономический эффект.

Приведенные выше схемы, конечно, не исчерпывают всего многообразия предложенных различными разработчиками конструкций регулирующей сети, но являются наиболее характерными из применяющихся или рекомендуемых к применению в настоящее время.

Кроме того, разработаны для условий Белорусского Полесья принципиальные схемы регулирующей сети автоматизированных осушительно - увлажнительных полдерных систем:

- с коллекторно-дренажной сетью на базе закрытого дренажа (рис.9.4<sup>а,б,в</sup>);
- с одиночными сквозными дренами (рис.9.4<sup>г,д</sup>);
- с одиночными тупиковыми дренами и открытой сетью (рис.9.4<sup>е,ж</sup>).

Для этих схем характерно полное совмещение осушительной и увлажнительной регулирующей сети. Проводящая сеть, за исключением водоподводящего канала, также выполняет осушительно-увлажнительную функцию. Дренаж может быть как малоуклонным, так и с нормативными уклонами. Дрены устраиваются длиной как до 1000 м, так и более. В зависимости от рельефа местности впадение дрен в коллекторы может быть двусторонним или односторонним.

В схеме 9.4<sup>а</sup>, в отличие от схемы 9.4<sup>б</sup>, предусмотрены дополнительные коллекторы с колодцами-регуляторами, позволяющие поддерживать различные водные режимы по площади внутри карты, ограниченной открытыми каналами, а также обеспечивающие регулирование уровня режима по площади внутри карты, ограниченной открытыми каналами, хотя достигается это сбросом лишней воды, и, следовательно, менее экономным ее расходом.

Из схем с одиночными сквозными дренами (рис.9.4<sup>г,д</sup>), наибольшие возможности для независимого регулирования водного режима на смежных картах имеют те, где предусмотрены дополнительные каналы и регуляторы на них.

При устройстве регулирующей сети по схеме с одиночными тупиковыми дренами (рис.9.4<sup>е</sup>), границы смежных полей севооборотов должны проходить через истоки дрен. При этом, естественно, возможности управления водным режимом будут расти по направлению к открытым коллекторам.

На границах между смежными полями севооборотов уровень режим не всегда отвечает потребностям сельскохозяйственных культур.

Схема с открытой регулирующей сетью (рис.9.4<sup>ж</sup>) дает возможность управления водным режимом почв, но, очевидно, будет экономически эффективна при больших расстояниях между открытыми осушителями (400...500 м и более). Для этой схемы характерна подача воды в устья осушителей против уклона. Подача воды на увлажнение по уклону в истоки осушителей потребовала бы устройства на каждом осушителе трубчатого регулятора с переездом, что приводит к значительному удорожанию строительства.

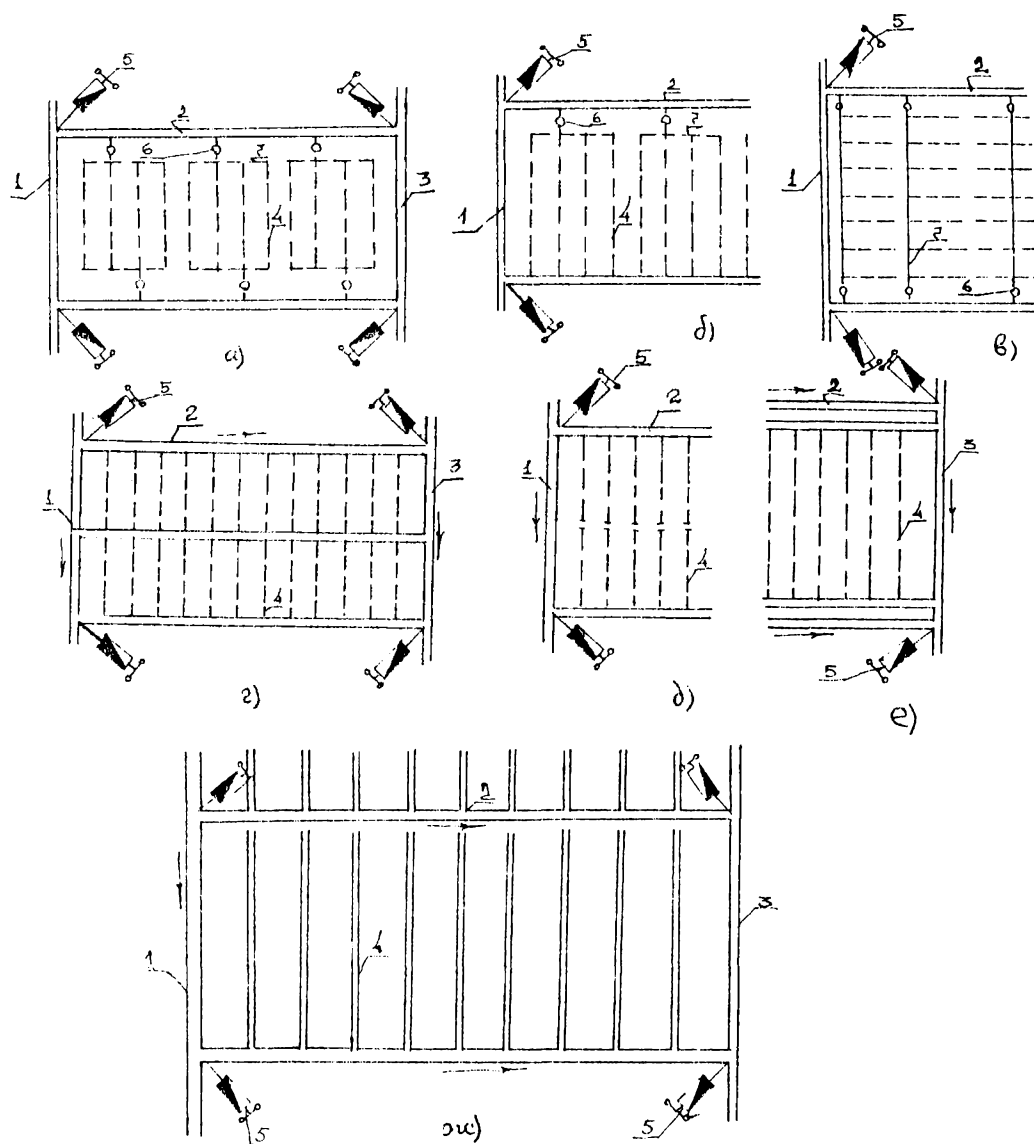


Рис.9.4 Принципиальные схемы осушительно-увлажнительных систем с коллекторно-дренажной сетью (а, б, в), с одиночными дренами (г, д, е), с открытой сетью (ж): 1 - водоподводящие каналы; 2 - открытые коллекторы; 3 - проводящие каналы; 4 - дренаи; 5 - регуляторы на открытой сети; 6 - колодцы-регуляторы; 7 - закрытые коллекторы.

Для всех схем общей является установка автоматических регуляторов в устьях и истоках открытых коллекторов.

Учитывая то, что в настоящее время имеется возможность отслеживать динамику УГВ на протяжении предпосевного-посевного и вегетационного периодов в условиях различных сельскохозяйственных культур и почв, пока, представляются наиболее целесообразными такие конструкции регуляторов на открытой и закрытой сети, которые работают по УГВ. Причем регуляторы, установленные в истоке коллекторов, обеспечивают управления УГВ через посредство регулирования количества подаваемой воды (регуляторы нижнего бьефа - НБ), а установленные в устье коллекторов - посредством сброса воды (регуляторы верхнего бьефа - ВБ).

Все, приведенные выше конструкции регулирующей сети, удовлетворяют, примерно в равной степени, основным требованиям, за исключением условия независимого управления водным режимом по полям севооборота.

В зависимости от того, насколько предлагаемые конструкции удовлетворяют условию автономности управления водным режимом по полям севооборота, их можно разделить на три группы:

- полностью удовлетворяющие данному условию (схема 9.4<sup>а</sup>);
- полностью удовлетворяющие требованию автономности при невысокой проницаемости почвогрунтов, когда действие открытых каналов распространяется на незначительное расстояние. В противном случае, потребуются противифльтрационные мероприятия на каналах или данное условие будет выполняться частично, вне зоны влияния открытых проводящих каналов (рис. 9.4<sup>б, в, д, ж</sup>);
- требования автономности водного режима выполняются лишь в зоне влияния открытых коллекторов, при условии проведения границ полей севооборота посередине между открытыми коллекторами (схема 9.4<sup>е, г</sup>).

Исходя из условий сельскохозяйственного производства, а также с учетом конструктивных особенностей регулирующей сети, формируются требования, предъявляемые к конструкции автоматических регуляторов для целей автоматического регулирования водного режима мелиорируемых территорий.

Отсюда требования к конструкции регуляторов уровней грунтовых вод и уровней в проводящей сети, применительно к выбранным техническим схемам ГМС, следующие:

- на открытой регулирующей сети с коллекторно-дренажной сетью регуляторы должны работать по уровням воды в канале. Регуляторы, установленные на входе в канал, работают по нижнему бьефу, а на выходе - по верхнему бьефу. Точность регулирования должна находиться в пределах  $\pm(1...2 \text{ см})$  от оптимального положения. При увлажнении регуляторы не должны допускать подъема уровней воды в каналах выше 0,3...0,5 м от бровки, а при осушении - их снижения на величину, превышающую принятую при фильтрационном расчете дренажа;
- регуляторы на закрытой сети должны работать по УГВ. Диапазон регулирования

должен быть обеспечен в пределах 0,5...1,2 м. Конструкция регулятора должна обеспечить его включение в работу при изменении УГВ на 0,04...0,05 м от горизонта стабилизации;

- для систем с коллекторно-дренажной сетью, регуляторы на открытой сети должны работать по УГВ на мелиорируемых полях и по уровням воды в каналах. Регуляторы, расположенные на входе в открытые каналы, являются регуляторами УГВ и нижнего бьефа, а на выходе - УГВ и верхнего бьефа. Конструкция регулятора не должна допускать подъема уровня воды в канале выше 0,3...0,5 м от бровки, а также, - ниже заданного уровня или опорожнения канала. Максимальное снижение уровней воды в канале при работе в режиме осушения должно быть равно принятому значению при фильтрационном расчете регулирующей сети. Точность регулирования уровней воды в канале должна быть  $\pm (1...2 \text{ см})$ . Диапазон регулирования УГВ должен быть обеспечен в пределах 0,5...1,2 м. Регулятор должен включаться в работу при изменении УГВ на 0,04...0,05 м от оптимального положения;

- для систем с коллекторно-дренажной сетью, регуляторы на закрытой сети должны работать по УГВ и уровню воды в канале. В зависимости от положения уровня воды в рядом расположенном канале, через регулятор осуществляется управление УГВ, сбросом воды или подачей ее из рядом расположенного канала. Диапазон регулирования УГВ должен находиться в пределах 0,5...1,2 м. Конструкция регулятора должна обеспечивать поддержание уровней воды в коллекторе не менее 0,3...0,5 м от поверхности земли (верхний предел при увлажнении) и не ниже расчетной величины снижения, принятой при фильтрационном расчете сети. Регулятор должен включаться в работу при изменении УГВ на 0,04...0,05 м от оптимального положения;

- регуляторы в составе мелиоративных систем должны обладать способностью усиления в заданное число раз движения грунтовых вод на сброс или пополнения их запасов с целью обеспечения управления сроками переходных процессов, после появления возмущений;

- перенастройка регуляторов на различные горизонты стабилизации, в зависимости от периодов вегетации растений, должна быть автоматизирована;

- регуляторы должны быть, по возможности, простыми по конструкции, долговечными, надежными и удобными в эксплуатации.

Требования к конструкции регулирующей сети и регуляторам сформулированы, исходя из требований к мелиоративным системам, в целом, - как объектам автоматического регулирования.

Несколько специфична проблема автоматизации польдерных осушительно-увлажнительных систем, где нужно осуществлять поэтапное автоматическое управление уровнями на:

- участке автоматизации водоподачи, где осуществляется забор воды из водохранилища или реки, подача потребителю и поддержание необходимых уровней в канале;

- участке автоматического управления водно-воздушным режимом почвы, когда осуществляется забор воды, подача ее на мелиорируемую площадь, сбор и отвод излишков воды в водоприемник-водоисточник.

- участке управления уровнями воды в сбросном канале; при этом, понижается сброс излишков воды из регулирующей сети, поддерживаются заданные уровни воды в сети, используются самотечный способ сброса или при помощи насосной станции.

Необходимыми элементами автоматизированных мелиоративных систем являются открытая или закрытая сеть, ограждающие дамбы, аккумулирующая емкость или гарантированный водоисточник, сетевые сооружения, автоматически регулирующие уровни и объемы воды, насосные станции, вспомогательные сооружения.

Компоновка технологической схемы автоматизированной системы осуществляется так, чтобы обеспечивалось автономное регулирование водного режима почвы по полям севооборотов, независимый сброс избыточной воды и подача воды на увлажнение каждого поля по каналам высших порядков, с учетом конфигурации и размеров мелиорируемой площади, рельефа местности, местоположения водоприемника-водоисточника.

Принципиальная техническая схема автоматизированной системы с расположением насосной станции, водоприемника-водоисточника в устье магистрального канала приведена на рис.9.5<sup>а</sup>. На ней магистральный осушительный канал "О" располагается в нижней части, а магистральный увлажнительный - "У", проходит от водоисточника по верхней части объекта. Осушительные и увлажнительные каналы второго порядка чередуются между собой (О-1, У-1, О-2, У-2...), что позволяет разбить территорию между ними на модульные участки, на которых регулирование водного режима обеспечивается с помощью гидроавтоматов.

Расстояния между осушительными и увлажнительными каналами второго порядка назначаются, исходя из оптимальных форм и размеров полей севооборота. Осушительная проводящая сеть высших порядков армируется регуляторами уровней воды верхнего бьефа, а увлажнительная - нижнего бьефа или перепада уровней.

Принципиальная техническая схема с расположением насосной станции, водоприемника-водоисточника в средней нижней части объекта приведена на рис. 9.5<sup>б</sup>. В этом случае, длина пути движения воды от модульных участков до насосной станции сокращается по сравнению с предыдущей схемой. Аналогично сокращается длина пути подачи воды на увлажнение.

Регулирование водного режима возможно на одной части объекта с помощью гидроавтоматов и насосной станции, а на другой - только насосной станцией. Принципиальная техническая схема такой системы приведена на рис.9.5<sup>в</sup>. Она отличается от предыдущих схем тем, что для обеспечения независимого регулирования уровней режимов на обеих частях объекта необходимо устройство двух аванкамер. Территория с гидроавтоматами, также как и в предыдущих схемах, разбивается на модульные участки с независимым подводом и отводом воды.

Для малых рек с узкими поймами принципиальная схема автоматизированной системы представлена на рис.9.5<sup>г</sup>. Для обеспечения экологического стока реки в меженный период на ней устраиваются шлюзы. Магистральный осушительный канал располагается вдоль русла, разделяя повышенную притеррасную часть от пониженной пойменной. В нижней части участка, между магистральным каналом и рекой, подача воды на увлажнение осуществляется непосредственно из реки. В верхнюю притеррасную часть вода подается на модульные участки с верхних бьефов шлюзов по увлажнительным каналам У-1, У-2. При очень узких поймах магистральный канал прокладывается вдоль ограждающей дамбы, а увлажнение осуществляется по увлажнительному каналу от верхнего шлюза. Осушительная и увлажнительная сеть проводящих каналов армируются регуляторами верхнего бьефа, нижнего бьефа и перепада уровней.

Подача воды на увлажнение может осуществляться по напорному трубопроводу. Такая схема приведена на рис.9.5<sup>д</sup>. Она применима при выраженном поперечном уклоне объекта мелиораций.

На модульных участках предусматриваются осушительная, увлажнительная коллекторная и регулирующая сеть, гидроавтоматы. Принципиальные схемы мелиоративной сети, располагаемой на модульных участках, приведены на рис.9.6. При использовании схемы 9.6.<sup>а</sup> применяются гидроавтоматы регулирования УГВ на закрытой сети: со стороны осушителей - по верхнему бьефу, со стороны увлажнителей - по нижнему бьефу. Закрытая коллекторно-дренажная сеть выполняет, в зависимости от необходимости, осушительную и увлажнительную функции.

В схеме 9.6.<sup>б</sup> используются автоматические регуляторы на открытой коллекторной сети, а сами коллекторы и регулирующая сеть выполняют осушительную или увлажнительную функции.

На схеме 9.6.<sup>в</sup> регулирующая сеть состоит из сквозных дрен, соединенных одной стороной с открытым увлажнительным, а другим - с осушительным коллектором. Для независимого регулирования водного режима на смежных полях, в этом случае, осушительные и увлажнительные коллекторы располагаются рядом. Регуляторы устанавливаются на открытых коллекторах.

На схеме 9.6.<sup>г</sup> регулирующая сеть представлена открытыми осушителями. Коллекторы здесь выполняют осушительно-увлажнительную функцию.

На схеме 9.6.<sup>д</sup> закрытые дрены входят непосредственно в открытый увлажнительный коллектор, а со стороны осушительного - объединены в отдельные системы закрытыми коллекторами, которые через гидроавтоматы соединены с осушительным открытым коллектором. По данной схеме для регулирования водного режима на модульном участке требуется один гидроавтомат по нижнему бьефу на открытом увлажнительном канале и несколько - на закрытых коллекторах.

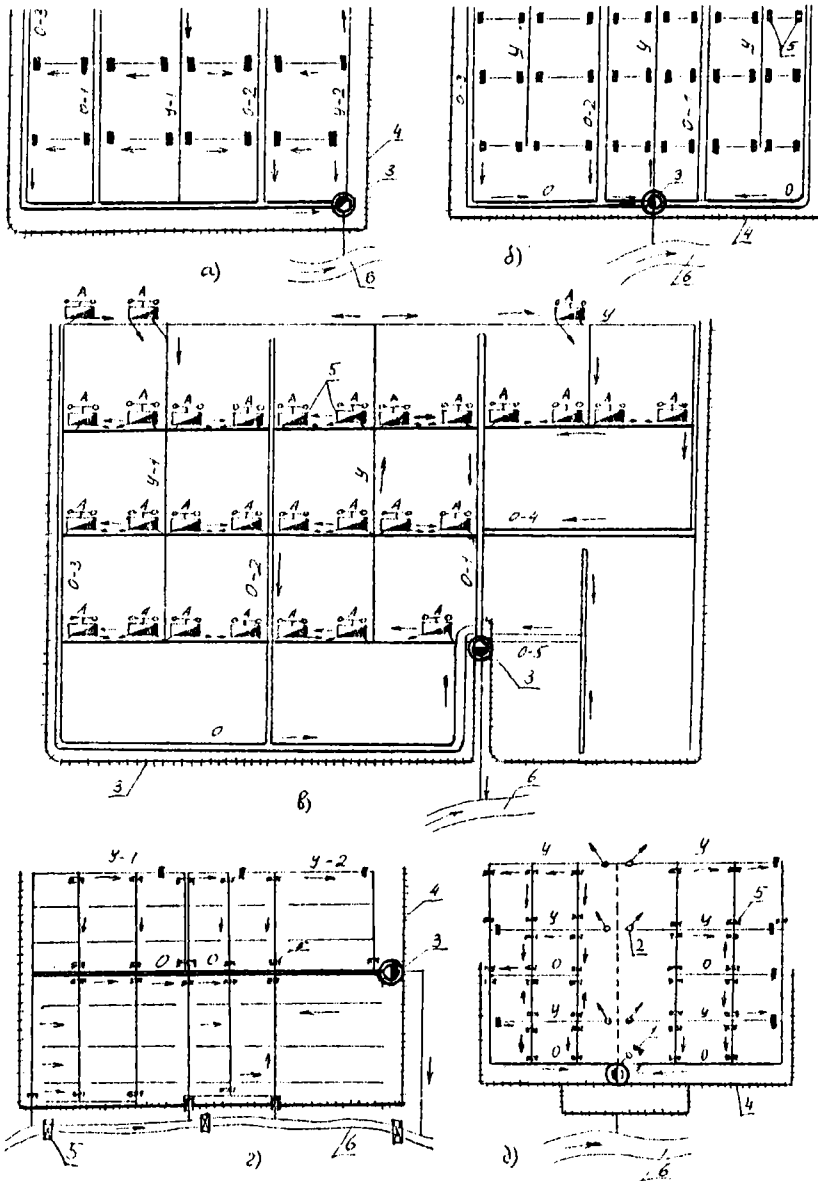
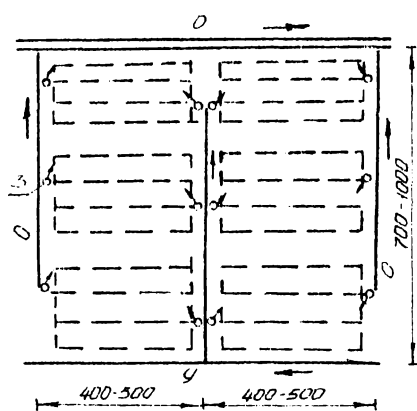
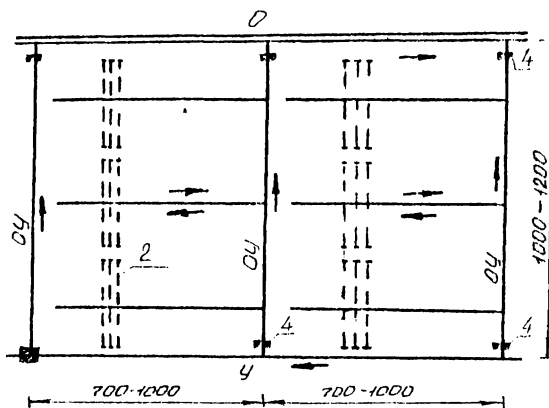


Рис.9.5. Технические схемы автоматизированных польдерных систем: а - с размещением насосной станции в устье магистрального канала; б - тоже, но в средней части; в - с управлением водным режимом на части площади с помощью насосной станции; г - в условиях узкой поймы; д - с напорным трубопроводом на осушаемой территории с уклоном местности  $i < 0,0005$ ; 0 - осушитель; У - увлажнитель; 1 - дюкер; 2 - водовыпуск в закрытую сеть; 3 - насосная станция; 4 - дамба; 5 - регуляторы различного назначения; 6 - река.

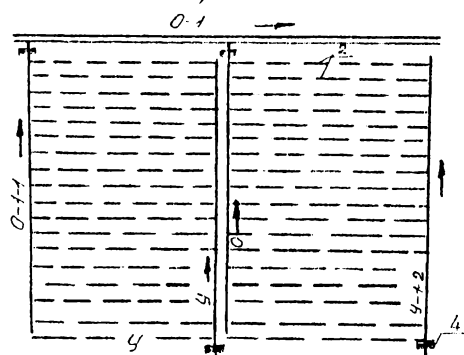
# Выбор оптимальных технических схем регулирующей сети



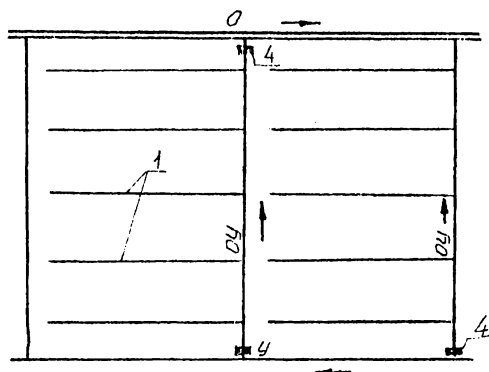
а)



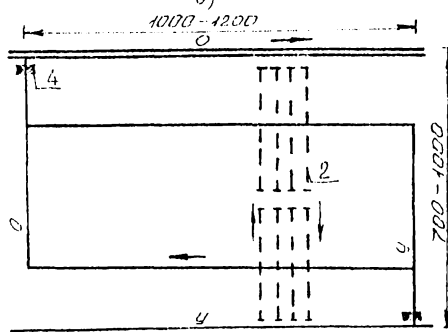
б)



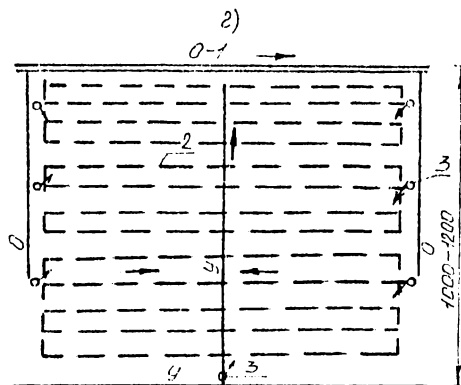
в)



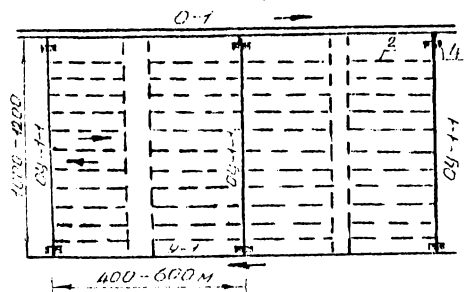
г)



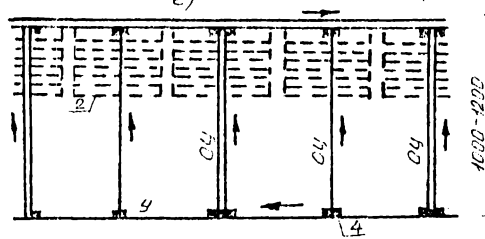
д)



е)



ж)



з)

Рис.9.6 Принципиальные схемы расположения регулирующей сети и гидроавтоматов на модульных участках: а - коллекторно-дренажная сеть с гидроавтоматами на закрытой сети; б - открытые коллекторы, тупиковые дрены с гидроавтоматами на осушительно-увлажнительных коллекторах; в - открытые коллекторы со сквозными дренами с гидроавтоматами на открытых коллекторах; г - открытая осушительно-увлажнительная сеть с гидроавтоматами на открытой сети; д- открытые коллекторы, тупиковый дренаж с гидроавтоматами на открытой сети; е - коллекторно-дренажная сеть с односторонним выходом дрен в открытый коллектор; ж - открытые осушительно-увлажнительные коллекторы, тупиковые дрены с гидроавтоматами на открытых коллекторах; з - коллекторно-дренажная сеть с гидроавтоматами верхнего и нижнего бьефа на сети; 1 - открытая осушительная сеть; 2 - тоже, но закрытая; 3 - регуляторы ВБ или НБ на закрытой сети; 4 - регуляторы на каналах различного назначения; О и У - проводящая и регулирующая сеть.

Схема 9.6\* включает в себя закрытые дрены, непосредственно впадающие в открытые осушительно-увлажнительные коллекторы, которые армируются гидроавтоматами по верхнему и нижнему бьефам. При этом, автономное регулирование водного режима осуществляется на участке, пересеченном в средней части открытым каналом.

На схеме 9.6<sup>3</sup> регулирующая сеть размещена аналогично, как на схеме 9.6\*, а открытые коллекторы через один дополнены параллельными каналами. Это позволяет осуществлять укрупнение полей севооборота без увеличения числа пересекающих их каналов.

В зависимости от технологической схемы проводящей и регулирующей сети, в качестве автоматических регуляторов применяются регуляторы уровней в открытой сети верхнего бьефа, регуляторы уровней нижнего бьефа, регуляторы перепада уровней, смешанные регуляторы, на закрытой сети - регуляторы верхнего бьефа, нижнего бьефа и перепада уровней.

Плановое размещение регулирующих сооружений должно сочетаться с требованиями по независимому управлению уровнями воды на каждом поле севооборота. Исходя из сложившейся структуры севооборотов, в Беларуси каждое поле занимает площадь около 40...90 га.

Исходя из данных размеров, необходимое количество регулирующих сооружений на поле должно быть не менее двух, из которых одно служит для подачи воды, а другое - для поддержания заданного уровня воды в осушительно - увлажнительной сети.

Польдерные системы в Беларуси строились в среднем по 1000....3000 га, но отдельные из них занимают площадь 5000 га и более. Это обусловлено экономической целесообразностью, как с точки зрения использования насосных станций, так и эффективной эксплуатации мелиоративных систем, в целом.

Поймы рек Белорусского Полесья по своим гидрогеологическим параметрам и мощности подстилающих средне - и крупнозернистых песков наиболее приемлемы для автоматического управления УГВ, т.к. имеются возможности оперативного управления через них водно-воздушным режимом почвенного покрова.

Коэффициент фильтрации подстилающих грунтов, при которых возможно применение гидроавтоматов, должен быть не менее 0,7 м/сут.

При обосновании схемы и выборе конструкции регулирующей сети большое значение уделяется возможности оптимального планового и высотного расположения регулирующих сооружений.

Принципиальные технические схемы водооборотных систем представлены на рис.9.7 (а, б, в, г, д, ж). В них сконцентрирован опыт создания технически совершенных (управляемых) гидромелиоративных систем, применяемых длительный период времени в Беларуси.

Анализ наиболее типичных и перспективных конструктивных схем ГМС показал, что для систем с открытой сетью максимальное количество гидроавтоматов на 1000 га - 20 шт., для систем с дренажной сетью - колодцев - регуляторов - до 70 шт., а гидравлических регуляторов на каналах - до 15шт. В исключительных случаях количество сооружений на каналах может быть увеличено до 50 шт., на дренажной сети (объект "Путь коммунизма") - до 70 шт.

Количество сооружений, как видно из схем, определяется не из расчета максимально допустимых расстояний между сооружениями (типично для орошения), а исходя из применяемого севооборота и обеспечения каждому участку "независимо" - регулируемых уровенных режимов (см. табл.9.1).

Таблица 9.1 Потребное количество сооружений при создании автоматизированных водооборотных осушительно - увлажнительных систем

| Наименование<br>Объекта | Способ<br>осушения | Площадь<br>объекта,<br>га | Количество сооружений,<br>шт. |                     | Требуемое количество соору-<br>жений на 1000 га, шт. |                     |
|-------------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------|---------------------|
|                         |                    |                           | на откры-<br>той сети         | на закрытой<br>сети | на открытой<br>сети                                  | на закрытой<br>сети |
| Типовой                 | Открытая сеть      | 2000                      | 34                            | --                  | 17                                                   | --                  |
| Типовой                 | Открытая сеть      | 2250                      | 28                            | --                  | 12                                                   | --                  |
| "Ракитно-VI"            | Закрытая сеть      | 1830                      | 22                            | 10                  | 12                                                   | 8                   |
| "Путь к<br>коммунизму"  | Закрытая сеть      | 200                       | 10                            | 12                  | 50                                                   | 60                  |
| Типовой                 | Закрытая сеть      | 1200                      | 13                            | 49                  | 11                                                   | 42                  |
| Типовой                 | Закрытая сеть      | 550                       | 8                             | 37                  | 14                                                   | 67                  |
| "Выгоноши"              | Открытая сеть      | 1200                      | 16                            | --                  | 14                                                   | --                  |
| "Бережцы"               | Закрытая сеть      | 5914                      | 36                            | 19                  | 20                                                   | 16                  |

На магистральном канале устанавливаются регуляторы с учетом регулирования уровней по участкам, что обеспечивает минимальные потери и исключает непроизводительные сбросы воды.

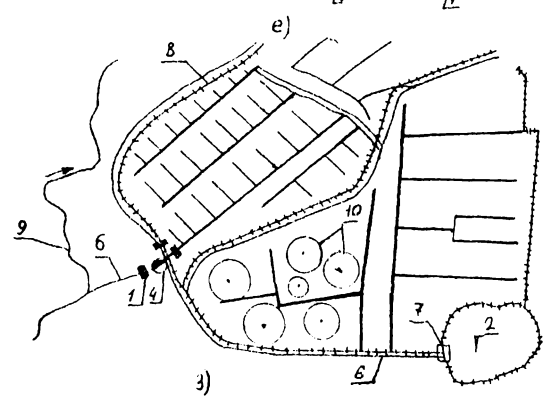
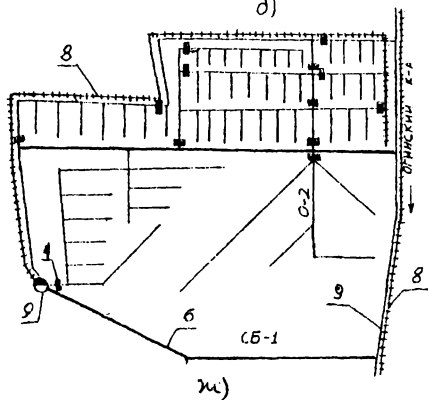
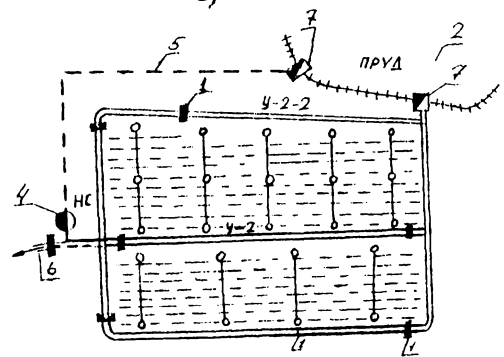
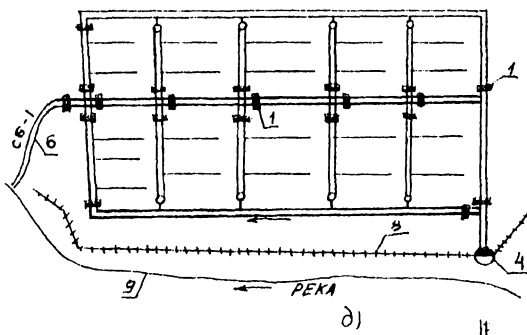
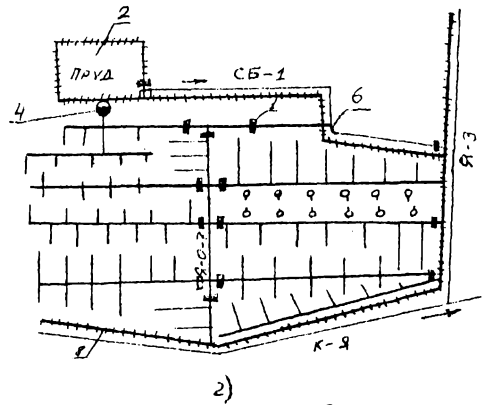
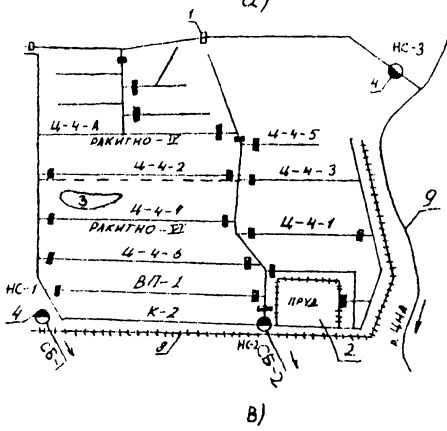
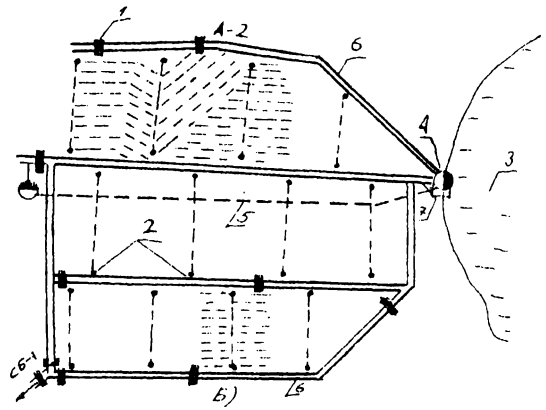
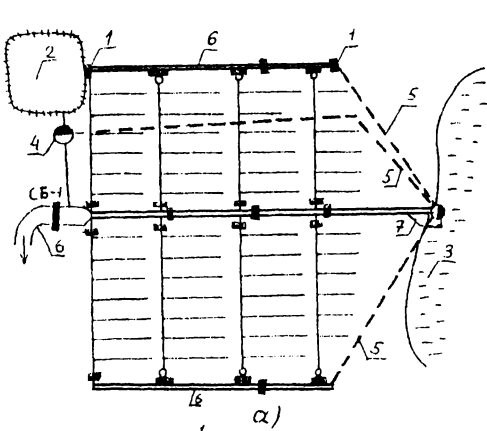


Рис.9.7 Принципиальные схемы водооборотных систем:

а - проектный вариант с открытой сетью; б - тоже, с закрытой сетью; в - объект "Ракитно-УІ"; г - проектный вариант польдерной системы; д - проектный вариант с открытой сетью; е - тоже, с открытой сетью; ж - объект "Выгонощи"; 1 - автоматические регуляторы различного назначения; 2 - наливные пруды; 3 - водоемы и водохранилища; 4 - насосная станция; 5 - водоводы; 6 - водоподводящие и сбросные каналы; 7 - водосбросы и водовыпуски; 8 - ограждающие дамбы; 9 - водоприемник; 10 - дождевальные установки.

В зависимости от назначения сети применяются различные типы гидроавтоматов: регулятор нижнего бьефа (РНБ); регулятор верхнего бьефа (РВБ); регулятор смешанного действия (РСД); регулятор перепада уровней (РПУ).

Для подачи воды из водоподводящего канала в коллекторную сеть, требуется регулятор нижнего бьефа (РНБ). Для сброса излишков воды из коллекторной сети можно устанавливать регулятор верхнего бьефа (РВБ) или перепада уровней (РПУ).

При применении схемы управления по верхнему бьефу, сооружения могут работать только при повышении уровней воды в канале перед регулятором. По данной схеме осуществляется строгая стабилизация уровней воды в сети, однако, невозможно дистанционное управление сооружениями.

При применении схемы управления уровнями по нижнему бьефу осуществляется контроль за горизонтами воды, сооружениями, установленными в каскаде. По этой схеме можно производить дистанционное регулирование уровней воды в сооружениях ГМС и УГВ на сельскохозяйственных полях. Применение схемы регулирования по перепаду уровней также позволяет осуществлять дистанционное управление; при этом, полный сброс воды из сети не допускается. Анализ работы проводящей сети показывает, что на магистральных каналах необходимо применять регуляторы с высокой чувствительностью к изменению уровней  $\pm (1...2 \text{ см})$ , на других элементах осушительной сети - чувствительность регулятора должна быть в пределах  $\pm (3...5 \text{ см})$ .

Второй особенностью регуляторов, установленных на магистральных каналах, является их минимальное влияние на сужение потока, т.е. коэффициент полезного действия сооружений должен быть достаточно высоким. Эти требования исходят, прежде всего, из условий времени освобождения пахотного горизонта от влаги (согласно РПИ-82, время понижения уровней грунтовых вод в пахотном горизонте (до 30 см) принимается для различных культур следующее: зерновые - 24...48, овощные - 24...36, травы - 48...72 часа).

Таким образом, режим работы сооружений мелиоративных систем должен обеспечивать строго регулируемый сброс воды из сети в периоды избытков почвенных влагозапасов и ее подачу в мелиоративную сеть при иссушении почвы до критических значений, согласно фаз развития сельскохозяйственных культур.