

6 ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Как было показано выше, при совершенствовании технического уровня осушительно-увлажнительных систем, в качестве основной задачи реализуется внедрение комплексной автоматизации процесса регулирования факторов, непосредственно влияющих на жизнедеятельность растений.

Вопросам автоматизации осушительно-увлажнительных систем посвящены исследования С.Ю.Бочарова, Я.В. Бочкарева, М.С. Ганкина, П.И. Коваленко, В.П. Сельченка и др. [4, 21, 22, 44, 47, 48].

Средствами автоматизации непрерывно обеспечивается динамика УГВ в пределах оптимальной нормы осушения и рациональных, в смысле суммарного водопотребления растений, почвенных влагозапасов. При этом, гарантируется: незатопляемость полей летне-осенними паводками (с расчетным превышением вероятности); допустимая продолжительность затопления земель весенним половодьем; требуемые сроки понижения грунтовых вод после сброса поверхностных вод до предпосевной нормы осушения.

В настоящее время, на большинстве осушительно-увлажнительных систем в технологических процессах регулирования доминирует ручной труд на фоне значительной рассредоточенности по территории сетевых сооружений, отсутствия возможностей оперативного и комплексного управления сооружениями мелиоративных систем.

Низкая управляемость сооружений мелиоративных систем ограничивает возможности своевременного формирования адекватных погодным условиям режимов гидромелиораций, т. е. органичной смены технологического процесса осушения на увлажнение (орошение) и, наоборот, а это зачастую приводит к локальному переосушению или переувлажнению почв.

Кроме того, автоматизация технологических процессов на ГМС обеспечивает решение проблемы рационального использования водных ресурсов. Под автоматизацией, в широком смысле слова, понимается полное или частичное исключение ручного труда при управлении факторами развития растений, в узком техническом, - комплекс организационно-технических мероприятий, способствующих уменьшению или полному исключению участия человека в осуществлении производственных процессов.

Разумеется, проведение всех мероприятий на ГМС, в комплексе, служит:

- повышению эффективности использования мелиорированных земель;
- снижению негативного влияния мелиораций на прилегающие территории, с целью сохранения сложившихся природных экологических комплексов.

Основные принципы совершенствования осушительно-увлажнительных систем сформулированы учеными БелНИИМиЛ, и должны лежать в основе мероприятий по их автоматизации:

1. Создание предпосылок для получения максимально возможных программированных урожаев в любых природно-климатических условиях при минимальных денежно-трудовых затратах и максимальном сохранении сложившихся природно-экологических комплексов.

2. Обеспечение комплексного подхода к объекту мелиораций и водохозяйственному балансу региона на основе максимального аккумулирования и перераспределения стока, рационального использования водных ресурсов с учетом запросов всех отраслей народного хозяйства.

3. Регулирование водно-воздушного, теплового, пищевого и микробиологического режимов мелиорированных почв в оптимальных, для развития растений, пределах при рациональном использовании земельных ресурсов и неуклонном накоплении питательных веществ в деятельном слое.

4. Оптимальное комплексное управление режимами гидромелиорации на основе использования действующих моделей гидросферы региона.

5. Регулирование процессов разложения и накопления органического вещества и гумуса с целью постоянного увеличения плодородия почв и рационального использования торфяных запасов.

6. Создание эколого-экономически - совершенных систем, позволяющих оперативно регулировать водный режим Среды обитания растительных сообществ.

7. Механизация технологических процессов создания и эксплуатации совершенных (управляемых) гидромелиоративных систем.

8. Широкое внедрение средств автоматического регулирования технологических процессов и параметров при создании и эксплуатации ГМС.

С точки зрения сегодняшнего дня, возможно некоторое расширение и углубление ряда принципов совершенствования осушительно-увлажнительных систем за счет:

а) управления водно-воздушным режимом, осуществляемого независимо по полям севооборота;

б) применение средств автоматизации, исходя из реальных экономических расчетов.

Критерии совершенства мелиоративных систем, с точки зрения уровня их автоматизации, следующие:

$$K_z = \frac{\sum E_0}{\sum E_a}; \quad K_n = \frac{W_0}{W_a}; \quad K_d = \frac{P_0}{P_a}; \quad K_0 = \frac{Q_0}{Q_a}, \quad (6.1)$$

где E_0, W_0, P_0, Q_0 - соответственно, эксплуатационные затраты, объем продукции, срок службы и срок окупаемости с учетом экологических мероприятий на неавтоматизированных системах; E_a, W_a, P_a, Q_a - тоже, на комплексно автоматизированных системах.

Необходимо отметить, что увеличение плодородия почвы ($УПП_i$), сельскохозяйственные издержки ($СХИ_i$), капвложения (K_i) и воздействие на природу ($ОП_i$) также, в качестве составляющих, включены (косвенно) в принятую группу критериев.

Результирующий критерий совершенства мелиоративных систем можно представить как -

$$K_k = \frac{\sum (K_z + K_n + K_d)}{K_0}, \quad (6.2)$$

отметив, что чем меньше K_k , тем более совершенна мелиоративная система.

Практика показывает, что весьма существенным фактором снижения K_k является комплексная автоматизация процесса управления водно-воздушным режимом почв.

Системный анализ фактических материалов указывает на то, что:

- комплексная мелиорация земель сводится к управлению биогеологическим круговоротом воды и химических элементов с целью повышения плодородия (продуктивности) почв при недопущении ухудшения природной Среды;

- процессы массоэнергопереноса (влаги, соли, тепло, питательные вещества) на мелиорируемых комплексах взаимообусловлены процессами массоэнергопереноса локальной области (объект гидромелиораций, в целом; регион);

- недопустимо создание экологических (ландшафтно-мелиоративных) систем, при отсутствии их физико-математических моделей и гарантий обеспечения устойчивости естественных экосистем;

- качество и количество урожая сельскохозяйственных культур функционально связаны с используемым растением энергетическим потенциалом (солнечная радиация, удобрения, вода и др.);

- задача регулирования почвенно-мелиоративных биоприродных режимов - есть конкретная задача управления экосистемой на эксплуатируемой территории;

- методы управления факторами жизнедеятельности сельхозрастений (см. подсистему "Мелиоративный сельскохозяйственный объект") должны входить в целостно - генетическую структуру.

С учетом вышеизложенного, нами построена модель познания техноприродного объекта (рис.6.1), базирующаяся на связи между основными почвообразующими факторами - $\Pi = f(Kl, Org, M, q) \cdot t$ и влияниями на них прошлых и современных мелиораций, где Π - почва, Kl - климат, Org - организмы, M - рельеф, q - геология, t - время. Лимитирующими факторами являются - осадки (r), испаряемость (E_o), радиационный баланс (R), биопродуктивность (P_{ϕ}^x) В качестве зональных факторов и свойств приняты :

мический коэффициент - $D = \frac{L \cdot r}{R}$, где L - скрытая теплота парообразования, ккал/см³; r -

годовое количество осадков, мм; R - радиационный баланс поверхности, ккал/см² в год;

биоклиматические характеристики - E_o , P_n , r , $\frac{Q}{B}$, где E_o - испаряемость, мм/год; P_n - за-

траты энергии на почвообразование, ккал/см³ в год; $\frac{Q}{B}$ - отношение опада к биомассе;

водно-физические свойства - W, a, CBA, d , где W - влажность, a - аэрация, CBA - количество водопрочных агрегатов, d - мехсостав почвы; физико-химические свойства - D, Γ, ϕ , ППК, где D - степень доступности питательных веществ; Γ - содержание гумуса; ϕ - соотношение гуминовых кислот и фульвокислот; ППК - почвенный поглощающий комплекс. Необходимо и установление связей между почвенными (Π), локальными (L^0), и региональными (R_q) процессами, а также между режимами почвенно-природной Среды - водным, тепловым, питательным и солевым.

Не анализируя в комплексе режимов и процессов исследуемой Среды, в том числе динамики факторов почвообразования, их региональных (T_A) и зональных (T_B) взаимосвязей, обусловленных прошлыми и существующими мелиоративными режимами, в т.ч. новыми мелиоративными режимами и связями, учитывающими требования сельскохозяйственных культур к естественным условиям, охране природной Среды, следует отметить следующее:

- круг прогнозных задач при реализации на любом уровне методов и технических приемов регулирования определен матрицей типа (Π_A) -

$$\Pi_A = \left\{ \begin{array}{l} A_1, A_m \supset A_k \\ A_1, A_2, \dots, A_{m-1} \supset A_m \\ A_2, A_3, \dots, A_m \supset A_1 \\ A_1, A_2, \dots, A_m \supset a_1, a_2, \dots, a_m \\ \bar{A}_1, \bar{A}_2, \dots, \bar{A}_m \supset \bar{a}_1, \bar{a}_2, \dots, \bar{a}_m \\ a_1, a_2, \dots, a_m \supset \bar{A}_1, \bar{A}_2, \dots, \bar{A}_m \end{array} \right\}, \quad (6.3)$$

в которой A_i - состояние системы; a_i - элементы системы; $\bar{A}_i$ - переход системы в другое состояние; $\bar{a}_i$ - структура элементов системы;

- системная организованность факторов, свойств (X) и процессов (R_q, L^0), обуславливает схожесть и различие закономерностей локальных (T_A) и региональных (T_B), процессов, так и их различие;

-техничко-экономо-экологическая оптимизация реальна только на базе автоматизации всех или, по крайней мере, большинства основных технологических процессов и параметров;

-мелиорируемые территории, в совокупности с осушительно-увлажнительной сетью и водорегулирующими элементами, представляют собой сложные управляемые объекты, для которых необходимо оптимизировать водораспределение, с целью управления водным режимом почвы для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур при расчетном сочетании климатических факторов;

- автоматизация мелиоративных систем должна включать весь цикл водораспределения, при этом, предусматривается автоматическое управление как, собственно, объектом, так и управляющими устройствами.

Матрица позволяет решать шесть типов прогнозных задач, когда:

1 - известны начальное (A_1) и конечное (A_m) состояние системы. Необходимо определить состояние A_k , где $m > k > 1$. Реализация перехода системы в данное состояние осуществляется прогнозной интерполяцией во времени (T) или пространстве (X);

2 - известно множество последовательных состояний ($A_1, A_2, \dots, A_{m-1}$). Необходимо определить конечное состояние (A_m). Реализация осуществляется прогнозной экстраполяцией выявленных или предполагаемых закономерностей в поведении системы за пределы, допускаемые возможностями непосредственного наблюдения в пространстве (X) и во времени (T);

3 - известны промежуточные и конечное состояния системы ($A_2, A_3, \dots, A_m$) или только конечное состояние (A_m). Необходимо найти или начальное (A_1), или некоторые промежуточные состояния (A_i). Задача реализуется методами прогнозной ретроспекции;

4 - известны все состояния системы ($A_2, A_3, \dots, A_m$). Необходимо отыскать набор элементов системы $a_1, a_2, \dots, a_m$ и ее структуру $a_1 \Rightarrow a_2 \Rightarrow \dots \Rightarrow a_m$, что позволяет выявить основные закономерности поведения системы (ее диагноз) во времени (T) и пространстве (X);

5 - известен набор элементов системы $a_1, a_2, \dots, a_m$. Необходимо построить систему, поведение которой описывалось бы переходами из состояния в состояние, т.е. $A_1 \Rightarrow A_2 \Rightarrow \dots \Rightarrow A_m$, что требуется при решении задач, связанных с охраной природной Среды (конструирование систем);

6 - известен последовательный переход системы по состояниям ($A_1 \Rightarrow A_2 \Rightarrow \dots \Rightarrow A_m$). Необходимо отыскать структуры перехода состояний и основных элементов ($\bar{a}_1, \bar{a}_2, \dots, \bar{a}_m$), что позволяет решать любые кибернетические задачи с помощью теории распознавания образов.

Детализация общей схемы автоматического управления показана на рис.6.2^а, и она включает: ОУ - объект управления; ЗЭ - задающий, ЧЭ - измерительный, СЭ - сравнивающий, ПЭ - преобразующий, ИЭ - исполнительный, УЭ - усилительный элементы; КУ - местную, ГОС - главную обратную связи; РО - регулирующий орган объекта управления для борьбы с внешними возмущениями.

В принципе, основная задача автоматического управления заключается в формировании такого закона изменения управляющих входных воздействий и $(t)[x]$, при котором желаемое поведение объекта управления достигается независимо от изменения внешних возмущений $f(t)$.

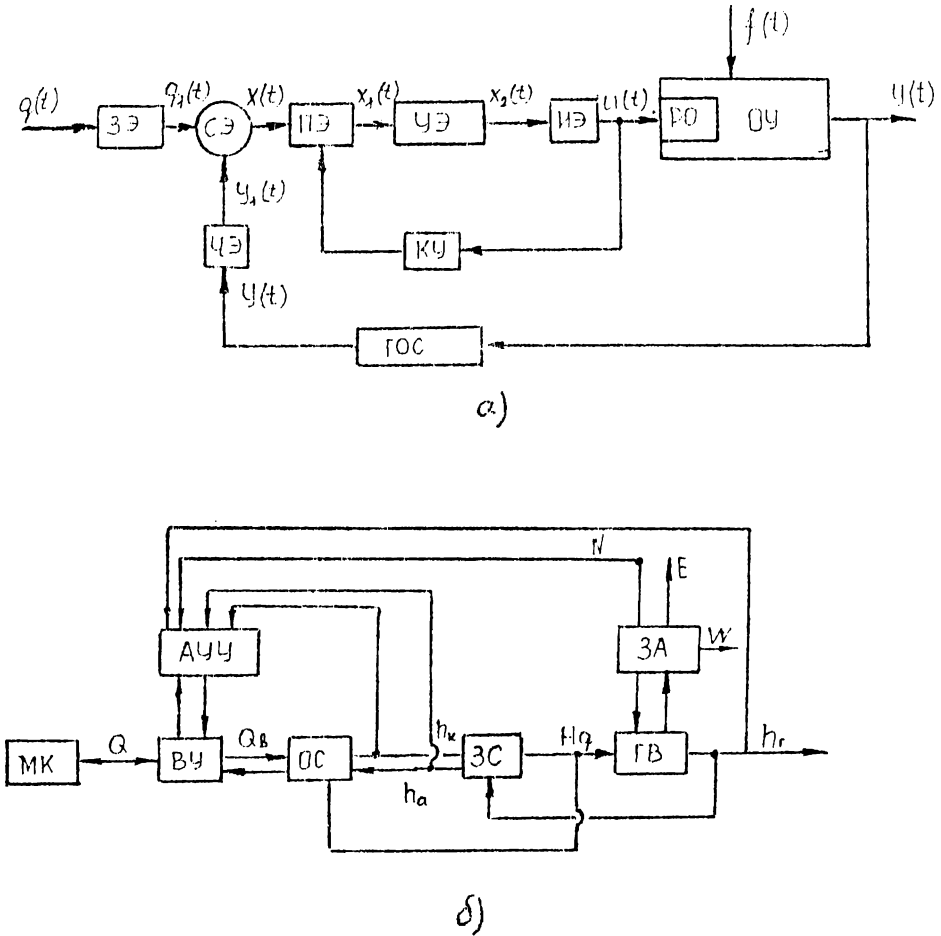


Рис.6.2 Принципиальная схема автоматизации процесса водораспределения (а) и структурная схема автоматизированного водорегулирующего комплекса (б): МК - магистральный канал; ВУ - водорегулирующий узел; АУУ - автоматическое управляющее устройство; ОС - открытая сеть; ЗС - регулирующая закрытая (дренажная) сеть; ЗВ - зона изменения УПВ; ЗА - зона аэрации; Q_a - расход подаваемой воды (при увлажнении); Q_c - расход сбрасываемой воды (при осушении); h_k - уровень воды в канале; h_a - уровень воды в аванкамере; H_d - напор в регулирующих дренах; h_r - УГВ в междренье; W - влагозапас активного слоя почвы; N - осадки; E - суммарное испарение; $q(t)$ - входные, $y(t)$ - выходные параметры; $f(t)$ - внешние возмущения (процессы).

Структурная (алгоритмическая) схема, по исследованиям Скрипникова О.В. [48] и др. [44, 45, 46], может быть представлена в виде последовательно соединенных динамических звеньев с распределенными параметрами: открытая (проводящая и распределительная) сеть (ОС); закрытая (регулирующая) сеть (ЗС); зона изменения грунтовых вод (ГВ); зона аэрации (ЗА) (рис.6.2^б).

На зону аэрации влияют стохастические возмущающие факторы - суммарное испарение, атмосферные осадки, а влагозапасы корнеобитаемого слоя почвы (W) зависят от УПВ (h_r), осадков (N), суммарного испарения (E) и водно-физических свойств почвы. Управляющими воздействиями являются водоподача (при увлажнении) - Q_v и сброс избыточной воды (при осушении) - Q_c , зависящие от разности уровней воды в открытой мелиоративной сети и УПВ на мелиорируемых землях, запасов влаги в почве и водно-физических свойств почвогрунтов.

Следует отметить, что основное требование, которому должна удовлетворять система автоматического регулирования (САР) - обеспечение устойчивой работы систем автоматики как при установившихся, так и при переходных режимах.

При этом, расчетная методика должна включать в себя способы регулирования в системе с определенными параметрами при заданном воздействии или возможности отыскания параметров и типов авторегуляторов, которые обеспечивают технологический процесс в соответствии с техническими условиями.

Сегодня исследования САР технологических процессов и параметров на осушительно - увлажнительных системах (ОУС) ведутся на самых различных уровнях: САР - факторов, влияющих на жизнедеятельность растений; характеристик отдельных звеньев САР; новых конструкций регуляторов уровней и расходов и др. Кроме того, автоматизация элементов осушительно-увлажнительных систем и процессов водорегулирования на водоприемнике - водоисточнике является комплексной задачей. При чем, автоматизация процессов водорегулирования в водоприемнике - водоисточнике осуществляется в первоочередном порядке.

Автоматические средства должны отвечать критериям надежности функционирования, обеспечивая пропуск паводков при минимально форсированных уровнях и гарантированный пропуск плавающих тел, включая твердый сток.

С учетом различий в технических требованиях к регуляторам водораспределения и регуляторам водоприемников-водоисточников, необходимо выделение самостоятельных блоков автоматизации (осушительно-увлажнительная сеть с сооружениями; водоприемник-водоисточник и т.п.).

Основными объектами автоматизации мелиоративных систем являются: открытая и закрытая сеть; регулирующие сооружения на открытой и закрытой сети; насосные станции; аккумулирующие емкости (пруды, водохранилища и т.д.).

При этом, воздействия носят активный и пассивный характер, т.е. средства автоматизации направлены на пассивное и активное управление водным режимом.

На мелиорированных землях также выделяются два основных способа управления (пассивного и активного) водным режимом: самотечный и с механическим водоподъемом.

Активное управление водным режимом мелиоративной системы осуществляется через: регулирующую сеть, проводящий канал, водохранилище, насосную станцию и регулирующие сооружения.

Пассивное управление - через регулирующую сеть, сетевые сооружения с различными затворами. В определенных рельефных условиях возможно наличие водохранилища в верховье осушаемого массива и водоподводящий канал, и подобную систему можно назвать полуактивной. Итак, если на мелиоративной системе осуществляется управление уровнями воды в сети и в почвогрунтах независимо от состояния уровней воды вне массива, включая в водоприемнике, а также от величины выпавших атмосферных осадков, ее можно отнести к системе с активным управлением уровнями.

В том случае, когда на осушенном массиве имеется возможность осуществлять водоподачу на цели орошения, а при осушении уровенный режим на полях зависит от горизонтов воды в водоприемнике, такая система относится к полуактивной. Самотечные системы, на которых нет водохранилищ, а уровенный режим на полях зависит от горизонтов воды в водоприемнике, можно отнести к системам с пассивным управлением водным режимом.

Выбор способа регулирования осуществляется, исходя из следующих требований:

- обеспечения своевременного отвода из корнеобитаемого слоя излишков воды при оптимальном планово - высотном размещении регулирующей сети и учете времени реализации возмущений в почве;
- обеспечения высокопроизводительного использования сельскохозяйственной техники;
- осуществления водоподачи к корнеобитаемому слою в засушливый период в оптимальные сроки;
- обеспечения оптимальной нормы осушения, в течение всего вегетационного периода, и определенного диапазона управления уровнями воды и влажностями почвогрунтов;
- независимого управления режимами по полям севооборотов;
- высокой надежности в эксплуатации автоматизированной ГМС.

И в целом, необходимо различать два периода регулирования технологических параметров: вегетационный и вневегетационный.

Ситуация, складывающаяся на объекте во вневегетационный период, также оказывает большое влияние на урожай. Цель управления в этот период - перевести управляющие параметры почвенного покрова из исходного состояния A_{i-1} в состояние A_i , отвечающего условиям получения максимально возможного урожая.

Управляющие воздействия сопряжены с понижением УПВ, возделыванием сопут-

ствующим и предшествующим культур, системой обработки почвы, внесением удобрений и т.д. Однако, физическая сущность процессов управления плодородием почвы изучена слабо, формализация этого процесса пока несовершенна, использование современных методов оптимального управления проблематично.

Вегетационный период управления начинается с момента внесения семян в почву. Цель управления - получить максимально возможный урожай с учетом сложившихся климатических условий и заданных ограничений. К управляющим воздействиям относятся: сброс и подача воды, режим которых определяет почвенные влагозапасы, температуру и минерализацию воды; включение и отключение насосов скважин вертикального дренажа и регулирующих насосных станций; внесение удобрений и др.

Управление уровнями воды на гидромелиоративных системах можно осуществлять двумя путями:

- отбором излишков воды и сбросом их за пределы территории;
- форсированным управлением (сбросом, с сохранением установленного минимального горизонта воды в сети, с учетом УПВ, влажности почвы, или без учета влажности и УПВ, но с закрытием затворов через фиксированное время). Реализовать эти задачи, можно, используя регуляторы.

В зависимости от используемого вида энергии регуляторы разделяются на две группы - гидравлические и электрические, но все они четко классифицируются по гидравлическому и механическому признакам.

По механическому признаку выделяются четыре их группы: прямого и непрямого действия (в зависимости от способа действия датчика) и непрерывного и прерывистого регулирования (в зависимости от характера воздействия регулирующего органа на регулируемый объект).

Управление УПВ, с использованием электрической энергии, позволяет, в некоторой степени, вести снижение горизонтов воды более интенсивно, что определяется глубиной канала, расстоянием между осушителями, коэффициентом фильтрации грунтов и т.д.

Функционально работу регуляторов можно описать в следующем виде -

$$T = f(i, k_{\phi}, \delta, B, V_1, V_2), \quad (6.4)$$

где T - время снижения уровня воды в почве до заданной величины, сут; i - гидравлический уклон грунтового потока между осушителями; k_{ϕ} - коэффициент фильтрации грунтов, м/сут; δ - коэффициент водоотдачи; B - расстояние между осушителями, м; V_1 - скорость снижения уровня воды в регулирующем канале, м/с; V_2 - скорость отвода воды из водоприемного канала, м/с.

На рис.6.3 представлены процессы управления различными регуляторами с использованием как электрической, так и гидравлической энергии. Из схем видно, что наименьшее время отвода воды из почвы обеспечивается при применении сооружений с

затворами непрямого действия и управлении по УПВ, а наибольшее - при применении регуляторов с пассивной водосливной кромкой.

В связи с тем, что у регуляторов непрямого действия (с электрическим или гидравлическим приводом) затвор будет открыт полностью, пропускная способность сооружения будет максимальной при данном перепаде уровней. Более того, так как датчик будет фиксировать УГВ, то время открытия затвора будет зависеть от скорости его снижения. Точно так же, снижение уровня будет происходить и при электрическом приводе, т.к. и в первом, и во втором случае происходит форсированный сброс воды.

Если применить схему управления уровнями воды, представленную на рис.6.3^а, то и в этом случае режим снижения уровней воды в почве и в канале будет форсированный, но время, необходимое на снижение уровня, будет отличаться на несколько часов от соответствующих значений по схемам 6.3^а и 6.3^б. Это зависит от количества воды, аккумулируемой в канале, степени открытия затвора и перепада уровней. Связь между пропускной способностью регуляторов прямого и непрямого действия можно записать в виде -

$$\frac{Q_n}{Q_p} = \frac{t_n}{t_p} = U, \quad (6.5)$$

где Q_p - расход, пропускаемый регулятором прямого действия, м³/с; Q_n - расход, пропускаемый регулятором непрямого действия м³/с; t_n и t_p - время, необходимое для пропуска равного объема воды регуляторами, соответственно, непрямого и прямого действия.

Число $1 \geq U > 0$ зависит от изменения уровня воды в бьефе, точности и чувствительность датчика уровня к изменению уровня воды в сети.

При установке поплавка (датчика уровня) в канале и при регулировании уровня воды в почве посредством управления уровнями воды в канале, градиент напора будет иметь меньшую величину, чем при непосредственном управлении УПВ. Соответственно, время, затраченное на снижение уровня воды в почве регуляторами верхнего бьефа (прямого или непрямого действия), будет больше, чем регуляторами с датчиками уровня грунтовых вод.

Отсюда следует, что по характеру регулирования они могут быть астатическими и статическими, т.е. не допускающими или допускающими некоторое отклонение регулируемой величины от заданного значения.

Принцип их действия может быть основан как на уравнивании моментов всех сил, действующих на них (с затворами вращательного типа), так и на уравнивании сил, действующих на их подвижные части (с затворами поступательно движущимися или свободно плавающими).

Автоматизация систем, или отдельных их звеньев, может осуществляться по следующим принципиальным схемам: регулирование по ВБ; регулирование по ВБ с ограничением НБ; регулирование по НБ; смешанное регулирование (рис.6.4).

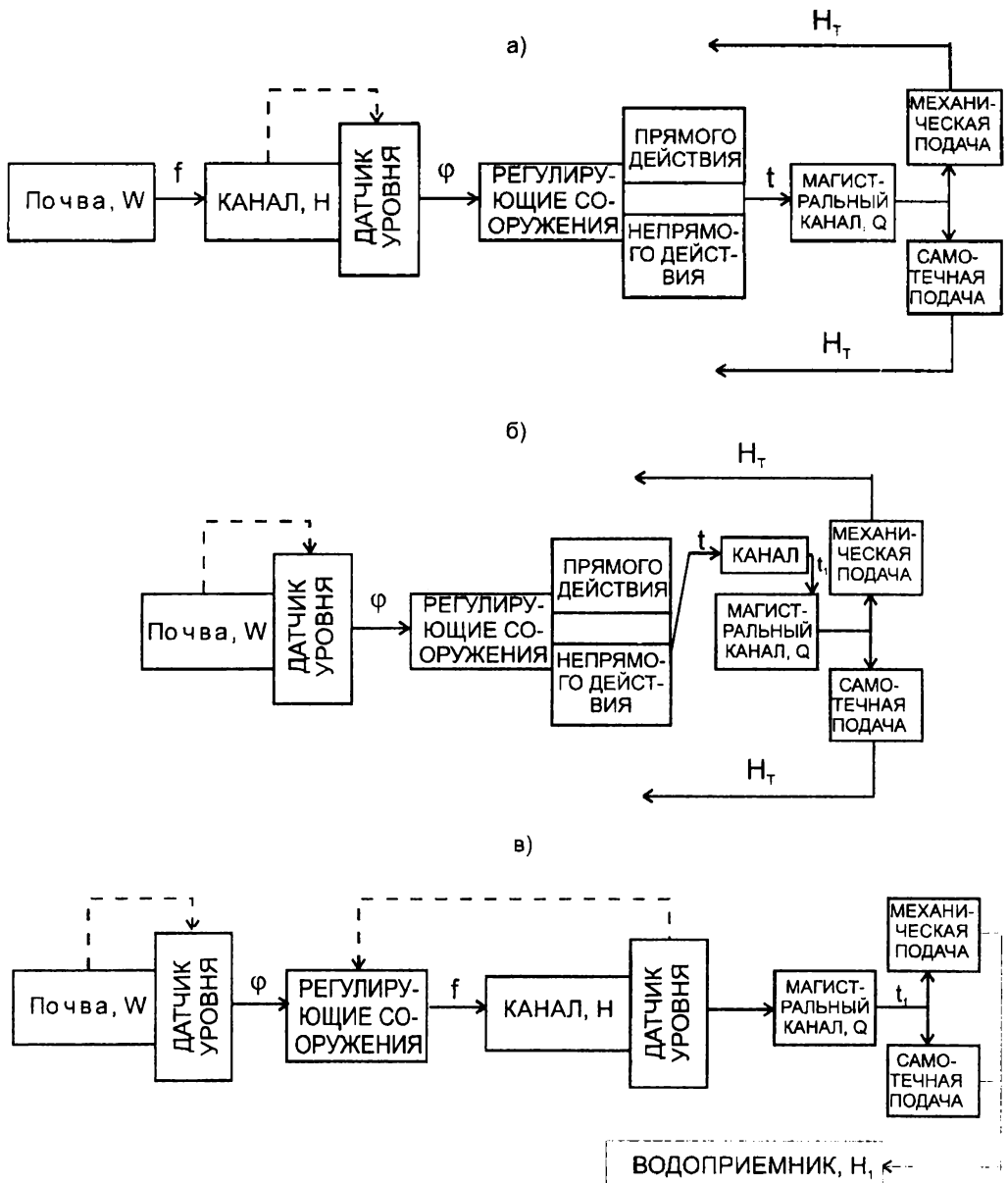


Рис.6.3 Схемы управления уровнями воды в почве: а - для регуляторов с датчиками уровня воды в канале; б - тоже, с датчиками УПВ в почве; в - тоже, с датчиками и в канале и в почве; $W, \varphi, f, H, t, N_1, Q, N_1, t_1$ - параметры управления и функции перехода.

При регулировании по ВБ в каналах открытой осушительной сети аккумулируются необходимые объемы воды для увлажнения, а отвод излишков осуществляется путем стабилизации уровней воды в ВБ перегораживающих сооружений. Колебания уровней воды в каналах происходят: между свободной поверхностью (при расчетном расходе Q_p) и горизонтальной поверхностью; при расчетном расходе (Q_p) и горизонтальной поверхностью на отметке нормальной глубины воды в конце ВБ.

При необходимости увеличения забора воды на увлажнение все, ниже расположенные, автоматические регуляторы уровня последовательно прикрываются, уменьшая поступающий ниже расход. При этом, надо иметь ввиду, что все, выше расположенные, регуляторы на изменение забора воды не реагируют.

Кроме открытой сети, регулирование по ВБ может применяться и на закрытых дренажных коллекторах при увлажнении путем фильтрации.

При этом, водорегулирование обеспечивается путем создания подпоров на участках коллекторов в регулируемых колодцах посредством стабилизации уровней регуляторами УГВ. При регулировании по ВБ система оснащается перегораживающими (подпорными) сооружениями с автоматическими регуляторами стабилизации уровня ВБ, или водосливными затворами, или устье-водовыпускными сооружениями на каналах, оборудованными затворами двустороннего действия.

В некоторых случаях, устья-водовыпуски оборудуются регуляторами НБ, которые работают только в режиме увлажнения.

При выборе типов автоматических регуляторов ВБ, необходимо учитывать возможность пропуска паводков, обеспечивая при этом полное открытие рабочего сечения сооружения и пропуск во время весеннего паводка льда и шуги. Сложные условия эксплуатации регуляторов во время пропусков весенних паводков определяют целесообразность оснащения регуляторов дублирующей (основной) системой ручного управления.

Регулирование по ВБ с ограничением НБ обеспечивает аккумуляцию необходимых объемов воды для увлажнения и отвод излишков, посредством стабилизации уровней воды в ВБ и ограничения минимальных и максимальных уровней воды в НБ перегораживающих сооружений. Уровни воды в бьефах каналов колеблются между свободной поверхностью (при расчетном расходе - Q_p) и горизонтальной поверхностью на отметке нормальной (подпертой) глубины в конце бьефа.

Забор воды или дефицит расходов приводит к понижению уровня воды в НБ перегораживающего сооружения ниже свободной поверхности при подпертом уровне. Однако, автоматический регулятор, независимо от уровня воды ВБ, открывается и стабилизирует минимальный уровень НБ, обеспечивая заданную величину водопотребления. При аварийных подъемах уровня воды ВБ автоматический регулятор открывается полностью и пропускает максимальный расход.

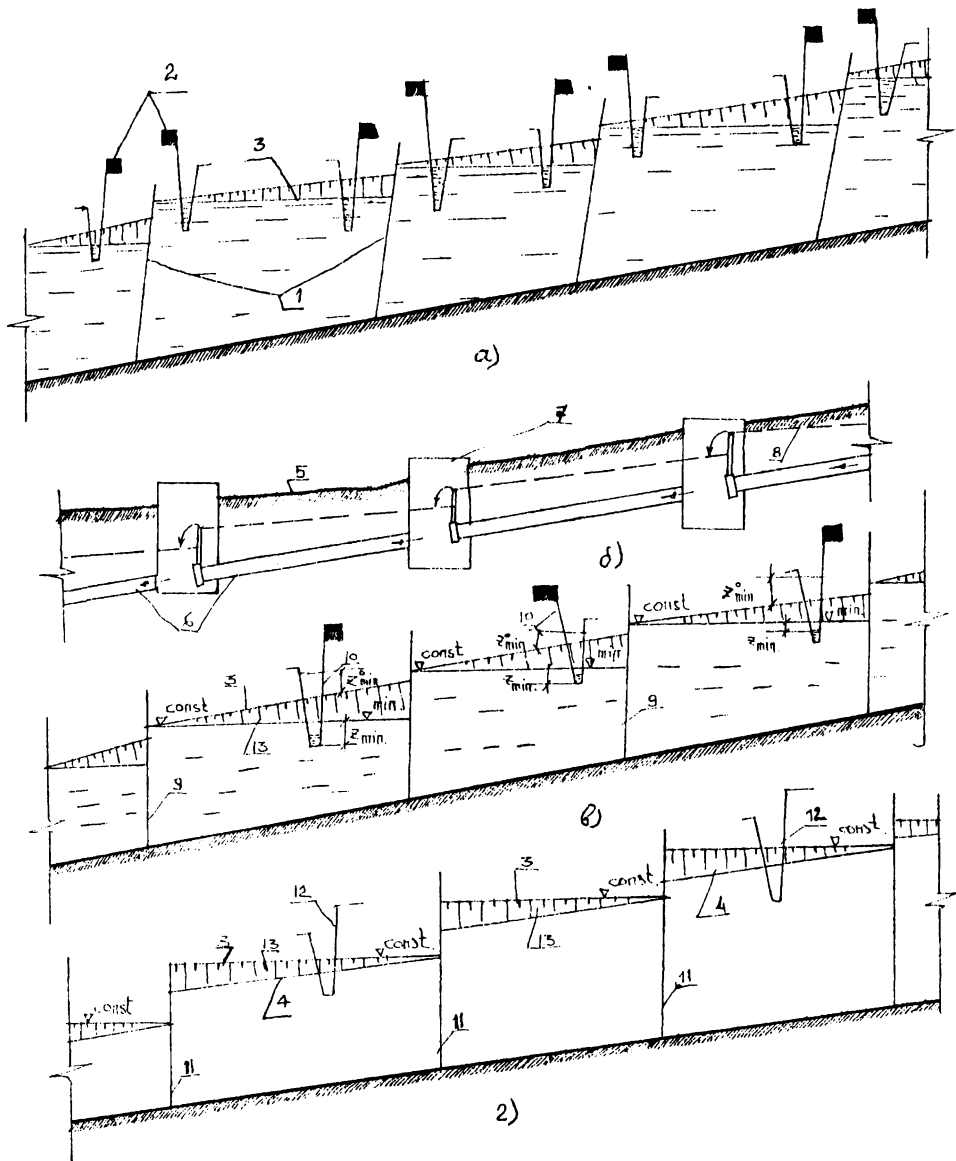


Рис.6.4 Принципиальные схемы автоматического регулирования по ВБ (а), по ВБ в закрытых дренажных коллекторах (б), с ограничением НБ (в) и со смешанным регулированием (г): 1 - подпорное сооружение с автоматическим регулятором ВБ; 2- устье-водовыпуск; 3 - свободная поверхность воды при $Q=0$; 4 - тоже, при $Q = Q_p$; 5 - поверхность земли; 6 - закрытый дренажный коллектор; 7 - коллектор с регулятором уровня; 8 - свободная по-

верхность УГВ; 9 - автоматический регулятор смешанного типа; 10 - осушительно-увлажнительный коллектор; 11 - подпорное сооружение с автоматическим регулированием НБ; 12- водовыпуск в увлажнительный канал; 13 - объем регулирования.

Основным достоинством регулирования по этой схеме является простота эксплуатации и обеспечение надежного водорегулирования при создании необходимого подпора для увлажнения земель и отвода излишков вод.

Регулирование по ВБ с ограничением НБ применяется на осушительно-увлажнительных (магистральных) каналах, при этом, на сети устанавливают перегораживающие (подпорные) сооружения с автоматическими регуляторами ВБ с возможностью автоматического переключения на стабилизацию НБ и устье-водовыпускные сооружения, оборудованные затворами двустороннего действия или специальными регуляторами уровня.

При соответствующем обосновании, могут устанавливаться регуляторы НБ, работающие только в режиме увлажнения. При этом, размещая в плане подпорные сооружения, необходимо стремиться к максимальному расстоянию между ними с учетом обеспечения командования над уровнем воды в увлажнителях (в режиме орошения) и обеспечения приема воды водопроводящими каналами из всех осушителей (в режиме осушения).

Регулирование по НБ на увлажнительных каналах обеспечивает подачу требуемых расходов посредством автоматической стабилизации уровней в НБ всех регулирующих сооружений, при наличии обратной связи через подпоры между сооружениями. Уровни воды в бьефах каналов колеблются между свободной поверхностью, при максимальном расчетном расходе, и горизонтальной поверхностью на отметке нормальной глубины в начале бьефа. Максимальные глубины воды в бьефах устанавливаются при минимальных расходах, а уровень воды в начале бьефа, при любых расходах, остается практически постоянным.

Характерной, для данной схемы регулирования, является возможность немедленного (практически мгновенного и всегда гарантированного) забора воды для увлажнения или орошения за счет имеющихся в бьефах объемов регулирования. При этом, наблюдаются следующие гидравлические процессы: снижение свободной поверхности в бьефе; увеличение открытия затвора вышерасположенного регулятора; сработка объема регулирования и, соответственно, понижение свободной поверхности в вышерасположенном бьефе; открытие, но в меньшей степени, затвора вышерасположенного регулятора и т.д. по описанному циклу.

При уменьшении водозабора в бьефе, происходит обратный процесс. Отсюда видно, что регулирование по НБ позволяет автоматически передать команду на увеличение или уменьшение расхода воды выше по системе, однако, обязательным является устройство аварийной защиты каналов от переполнения, в виде горизонтальных дамб вдоль их

линий.

Регулирование по НБ применяется на увлажнительных каналах, с оборудованием всех подпорных сооружений регуляторами НБ, при этом, обязательным является обеспечение командования расчетного уровня воды в бьефе, при пропуске максимального расхода, над расчетными уровнями воды в увлажнительных каналах младшего порядка не менее, чем на величину гидравлических потерь в водовыпусках.

Расстояние между подпорными сооружениями должно назначаться в зависимости от величины минимального регулирующего объема в бьефе, необходимого для обеспечения водой одновременно работающих потребителей (увлажнителей) в интервале времени от их включения до поступления в бьеф затребованного расхода, с учетом времени добегающего его до места отбора.

Смешанное регулирование на каналах открытой увлажнительной сети обеспечивает подачу воды на увлажнение в соответствии с требованиями водопотребителей, аналогично регулированию по нижнему бьефу, и автоматически ограничивает заданные максимальные уровни в ВБ перегораживающих сооружений.

Отличием схемы смешанного регулирования от схемы регулирования по НБ является автоматическое переключение на регулирование по ВБ при условиях эксплуатации, отклоняющихся от нормальных. Всегда, когда уровень воды в бьефе превышает расчетный, затвор нижерасположенного регулятора открывается, независимо от команды, полученной снизу, и стабилизирует заданный максимальный уровень ВБ.

Смешанное регулирование можно осуществлять и на закрытой оросительной сети с автоматизацией водораспределения в закрытых трубопроводах.

Смешанное регулирование применяется на каналах увлажнительной сети, которые должны оснащаться подпорными сооружениями с автоматическими регуляторами смешанного типа; водовыпуски из увлажнительного канала в увлажнители младшего порядка должны быть с автоматическими регуляторами НБ, а в конце увлажнительных каналов, выполняющих функции осушителей, должны быть установлены сбросы автоматического действия.

Степень автоматизации водорегулирования определяется сочетанием и согласованием принятых схем автоматического регулирования и средств автоматики.

Выделяются следующие степени автоматизации[22,44]:

- частичная автоматизация, когда ей охвачены только отдельные операции, а изменение режима водорегулирования осуществляется линейным эксплуатационным персоналом. Команды управления передаются неавтоматизированными средствами диспетчеризации. Контроль может быть местным и централизованным;

- комплексная автоматизация, обеспечивающая реализацию всего комплекса операций по водорегулированию в автоматическом режиме, за исключением функции определения оптимального режима работы системы и его осуществления. Режим водорегулирования реализуется без какого-либо участия постоянного персонала службы эксплу-

тации. Сбор и анализ информации и передача команд управления осуществляет диспетчер с помощью устройств телемеханики. Собственно, режим управления обычно устанавливается и осуществляется диспетчером. Если этот процесс автоматизирован, то диспетчер только контролирует, учитывает и принимает меры по устранению нарушений нормальных условий эксплуатации:

- полная автоматизация, когда весь процесс водорегулирования осуществляется автоматически и в оптимальном режиме. Человек непосредственно в управлении не участвует, а в его функции входит обслуживание вычислительных и управляющих машин и устройств.

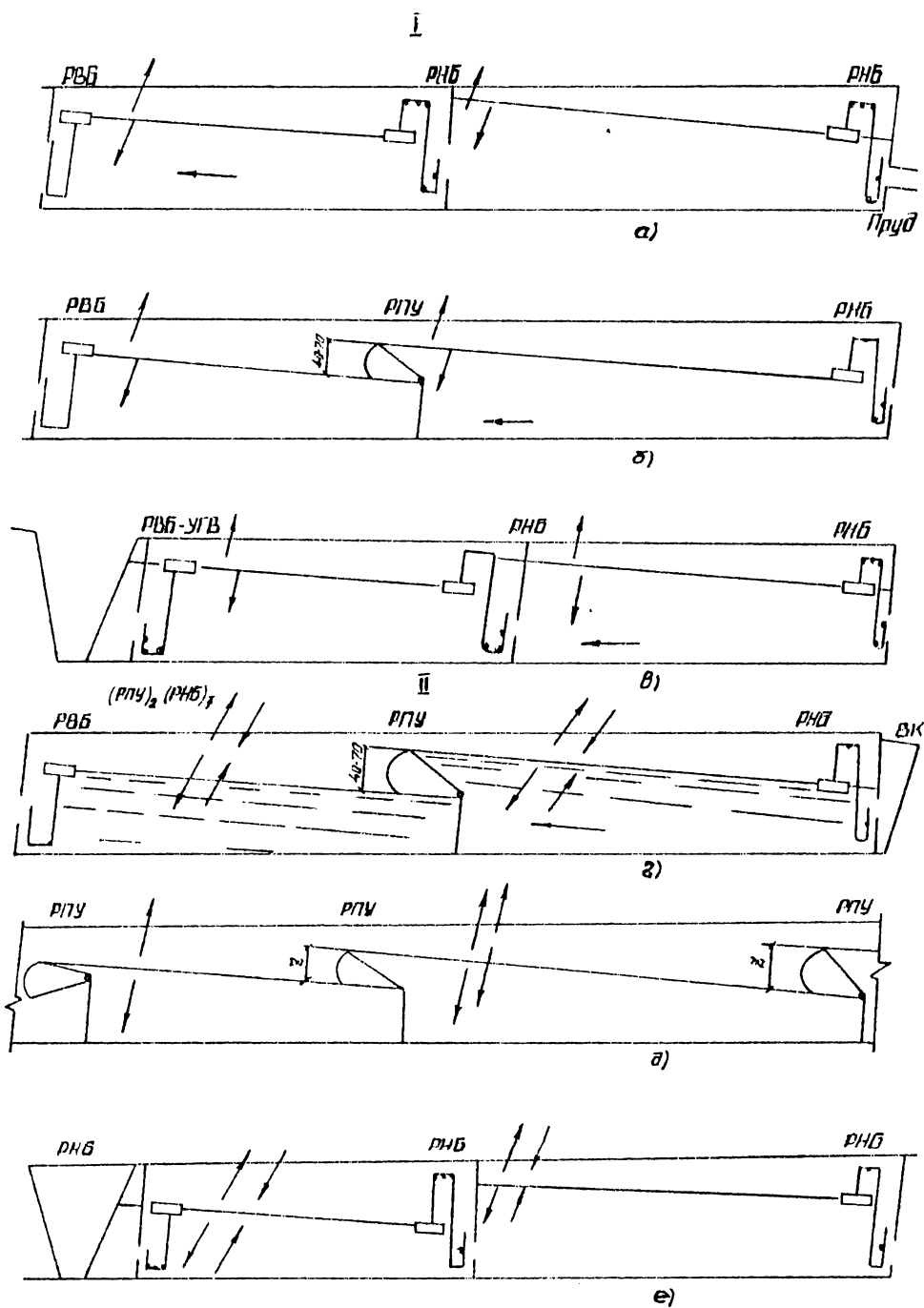
Отсюда характерны следующие категории средств автоматики, предназначенные для автоматического водорегулирования - для местной автоматики и для диспетчеризации. При этом, средства местной автоматики применимы только для автоматизации отдельных объектов системы (насосные станции, регулирующие сооружения, скважины и т.д.), а средства диспетчеризации - для осуществления централизованного контроля и управления.

При выборе степени автоматизации системы или отдельных ее звеньев необходимо учитывать: порядок сети (магистральные каналы, межхозяйственная и внутрихозяйственная сеть); назначение сети (осушительно-увлажнительная, увлажнительная, осушительная); тип системы (закрытая, открытая); метод подачи воды на увлажнение и отвода ее при осушении; способ увлажнения (дождевание, инфильтрация); схема регулирования (по ВБ, по ВБ с ограничением НБ, по НБ, смешанное).

Следует отметить, что при выборе степени автоматизации необходимо учитывать весь комплекс организационно-хозяйственных факторов с учетом перспективы эксплуатации системы (не менее 10...15 лет).

Основными средствами местной автоматики на осушительной и осушительно-увлажнительной сети являются автоматические регуляторы и различные устройства, обеспечивающие поддержание заданных технологических режимов и автоматическую стабилизацию необходимых параметров (напоров, уровней и перепадов). Выбор средств местной автоматики производится в зависимости от принятой схемы автоматического водорегулирования и степени (этапа) автоматизации системы, с учетом следующих факторов и параметров: вида используемой энергии (гидравлические и электрические регуляторы); принципа действия и особенностей конструктивного решения, местных условий (возможностей создания гидравлических перепадов, необходимых для работы регулирующих сооружений гидравлического действия); технической возможности и экономической целесообразности электроснабжения объектов автоматизации; работоспособности регулирующих сооружений при затоплении их паводковыми водами.

На рис.6.5 приведены различные схемы компоновки водоподводящего тракта (осушительного и водосбросного) регулируемыми сооружениями.



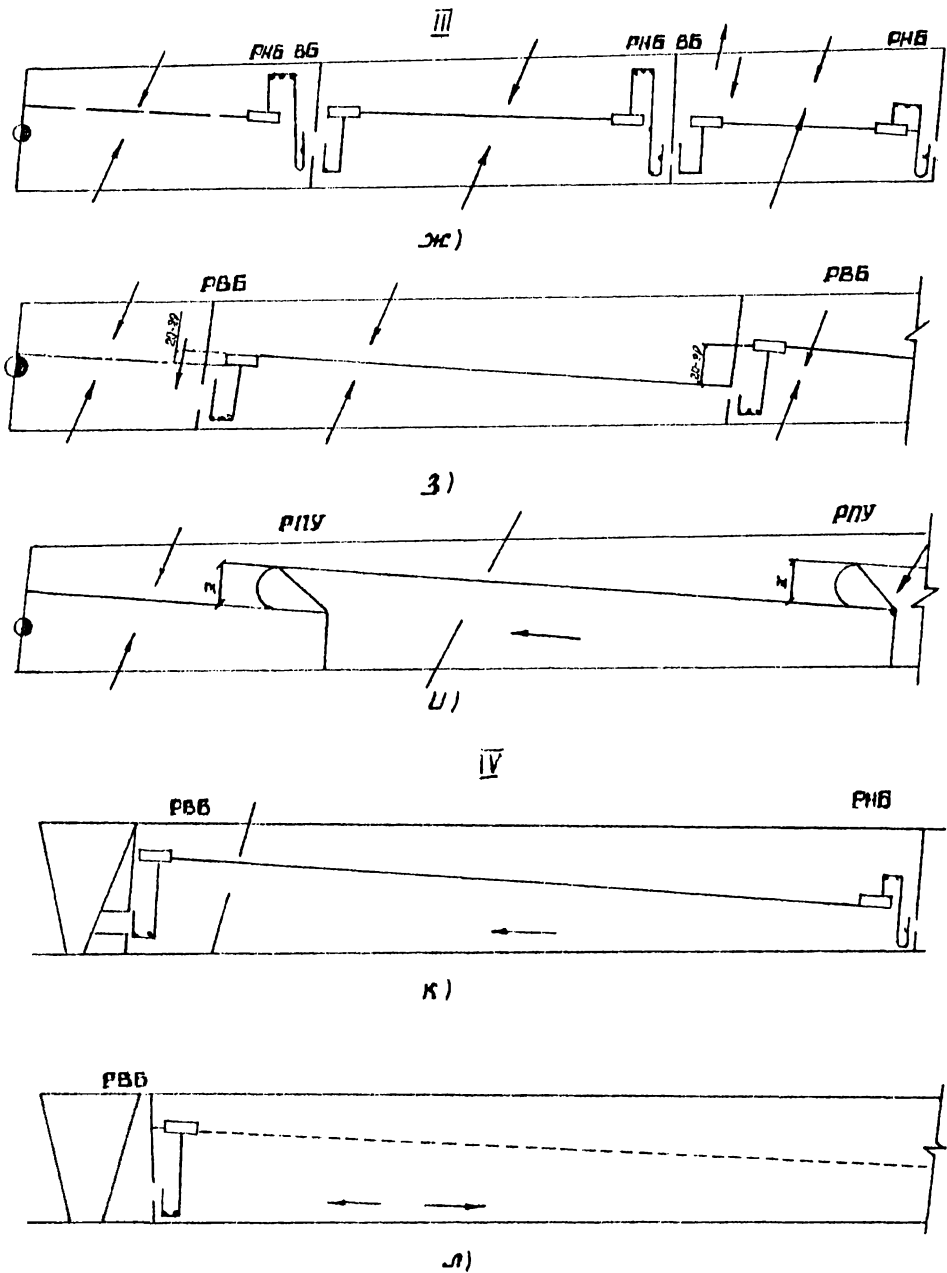


Рис.6.5 Принципиальные схемы компоновки мелиоративной сети различными средствами автоматизации: I - водоподводящего канала; II - магистральных каналов; III - дренажа; а - регуляторами верхнего (РВБ) и нижнего (РНБ) бьефов; б - регуляторами перепада уровня (РПУ);

в - регуляторами (РНБ) и регуляторами верхнего бьефа и уровня грунтовых вод (УГВ); г - регуляторами (РВБ) и перепада уровней (РПУ); д - регуляторами (РПУ); е - регуляторами (РВБ) и (РНБ); ж - регуляторами (РНБ) и регуляторами верхнего и нижнего бьефов (РНБ-ВБ); з - регуляторами (РВБ); и - регуляторами (РПУ); к - регуляторами (РВБ) и (РНБ); л - регуляторами (РВБ); $\rightarrow\downarrow\leftarrow$ - работа на осушение; $\leftarrow\downarrow\rightarrow$ - работа на орошение; $\downarrow\uparrow$ $\leftarrow$ - работа на осушение и орошение.

Преимущества и недостатки армирования каналов различными сооружениями изложены в табл.6.1.

При дистанционном управлении сокращается число обслуживающего персонала, но, при этом, нарушается, по некоторым схемам управления, принцип независимого регулирования по полям севооборота, т.к. при откачке воды из магистрального канала регуляторы НБ и перепада уровней (РПУ) включаются в работу.

При проектировании автоматизированных систем привязку различных регулирующих сооружений необходимо осуществлять с учетом режима работы каждого канала. Поля, которые расположены ближе к насосной станции, армируются регуляторами ВБ, магистральный канал (в верховье) армируется регуляторами верхнего бьефа, при учете притока со стороны.

Используются осушительно-увлажнительные автоматизированные системы двух типов - с гарантированным водообеспечением и без гарантированной водоподачи.

Таблица 6.1 Схемы компоновки мелиоративной сети регулируемыми сооружениями, их достоинства и недостатки

№ пп	Наименование автоматизированного канала	Тип сооружений, которыми армируется канал	Достоинства принятой схемы	Недостатки принятой схемы
1	2	3	4	5
1	Водопроводящий	Регуляторы НБ	Отсутствуют холостые сбросы воды, немедленная реакция на заявки потребителей, наличие обратной связи	Невозможность ограничения водопотребления, эксплуатации по отдельным звеньям и управления дискретно по участкам
2	Водопроводящий	Регуляторы ВБ	Возможность поддержания максимальных уровней и аккумуляции воды по независимым участкам	Неизбежность холостых сбросов, дистанционного или каскадного управления, невозможность дистанционно менять вставку
3	Водопроводящий	Регуляторы перепада уровней (РПУ)	Возможность дистанционного управления, смены вставки, а также величины расхода	Невозможность производить отключение какого-то участка (при управлении).

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4	5
4	Регулирующая сеть от тракта водоподдачи до тракта водосброса	У истока регулятор НБ, в устье регулятор ВБ	Осуществляется независимое управление сооружениями на поле	Отсутствие связи для дистанционного управления, невозможность оперативного управления уровнями воды в сети и в почве
5	Регулирующая сеть от тракта водоподдачи до тракта водосброса	У истока РНБ, в устье РНБ	Возможность оперативного управления, имеется обратная связь	Невозможность поддержания заданных уровней при управлении с соседними полями
6	Регулирующая сеть от тракта водоподдачи до тракта водосброса	У истоков РПУ, в устье РВБ	Осуществляется независимое управление, возможность аккумуляции местного стока	Недостатки те же, что и в п.4
7	Регулирующая сеть от тракта водоподдачи до тракта водосброса	У истоков РПУ, в устье РПУ	Возможность оперативного управления с изменением дистанционной вставки и сохранением определенного мертвого горизонта в канале	Невозможность отключения от работы при снижении уровней воды на других полях, наличие холостых сбросов
8	Магистральные каналы, тракт водосброса	Регуляторы ВБ	То же, что в п.1	То же, что в п.1
9	Магистральные каналы, тракт водосброса	Регуляторы НБ	То же, что в п.2	То же, что в п.2
10	Магистральные каналы, тракт водосброса	Регуляторы перепада уровней	То же, что в п.3	То же, что в п.3
11	Магистральные каналы, тракт водосброса	Регуляторы верхнего и нижнего бьефа	Возможность дистанционного управления и сброса в форсированном режиме	Наличие холостых сбросов, невозможность управления отдельно по участкам

Важнейшими элементами мелиоративных систем первого типа являются насосная станция, пруд (река), проводящая и регулирующая сеть, регулирующие сооружения. Для второго типа - регулирующая и проводящая сеть, а так же регулирующие сооружения. При дистанционном автоматическом управлении от насосной станции необходимо применить на водоподводящем тракте схему (б), на регулирующей сети - схему (г) или (д), на магистральном канале - схему (з) или (и). Управление сооружениями и уровнями воды при данной компоновке сети можно осуществлять от насосной станции. В этом варианте достаточно только один раз произвести настройку гидроавтоматов на требуемый перепад уровней.

В схеме возможны два варианта работы сооружений в автоматическом режиме. В первом варианте включаются схемы (б, г, и), при этом, гарантируется аккумуляция определенного минимального объема воды в сети; второй вариант - с включением схем (б, д,

з), используется в случае, когда насосной станцией можно произвести полную откачку воды из каналов.

В том случае, когда по проектному решению невозможно осуществить подачу воды в осушительно-увлажнительную сеть, необходимо применять следующие схемы компоновки сети: (е)_{1,2,3}, (ж) или - (е)_{1,2,3}, ; (ж) или (з), или (и).

Когда приток воды в сеть будет $Q_{пр.з} \leq (Q_{испар.} + Q_{филтр.})$, тогда наиболее приемлемы схемы (е)₁, (ж). С целью управления уровнями воды в магистральном канале дистанционно, можно применить схемы (е)_{2,3}, (з) или (и).

На осушительно-увлажнительных системах, с применением дренажа, автоматическое управление можно осуществить по следующим трем вариантам. При наличии гарантированного водоисточника, применяются схемы (а) или (б), (в) или (к), (ж) или (з), или (и). При отсутствии гарантированного источника необходимо применить схемы (л) или (м), (ж) или (и).

Возможны и другие схемы компоновки каналов регулирующими сооружениями, но это зависит от конкретного мелиоративного объекта (конфигурации площади, рельефа, размера водосборной площади, наличия гарантированного водоисточника и др.).

Следует отметить, что обоснование способа автоматического регулирования требует поэлементного анализа всех соответствующих: принципиальной схемы мелиоративной системы и режима ее работы в нормальных и аварийных условиях; достоинств и недостатков системы; экономической оценки, с учетом гидравлических параметров; водомерности: достижения автоматического соответствия приходно-расходных статей водохозяйственного баланса в голове канала.

В качестве обобщенного, при выборе способа автоматического регулирования, используется критерий, учитывающий по определенным рангам - минимум затрат на строительство, уровень автоматизации, телемеханизации и эксплуатации систем, коэффициент полезного действия, коэффициент быстроедействия системы и некоторые другие технико-экономические, технологическо-конструктивные и эколого-мелиоративные характеристики. На рис.6.6 приведена классификация автоматизированных мелиоративных систем по следующим признакам: методу управления; способу автоматизации; степени автоматизации; средствам автоматики; способу регулирования технологического режима; тракту управления; типу управления; характеру управления и типам регулирующих органов.

Особенности классификационных признаков мелиоративных автоматизированных систем специфичны, они будут по мере необходимости детализироваться в дальнейшем, в частности, при рассмотрении гидролого-климатических основ автоматизации мелиоративных систем.

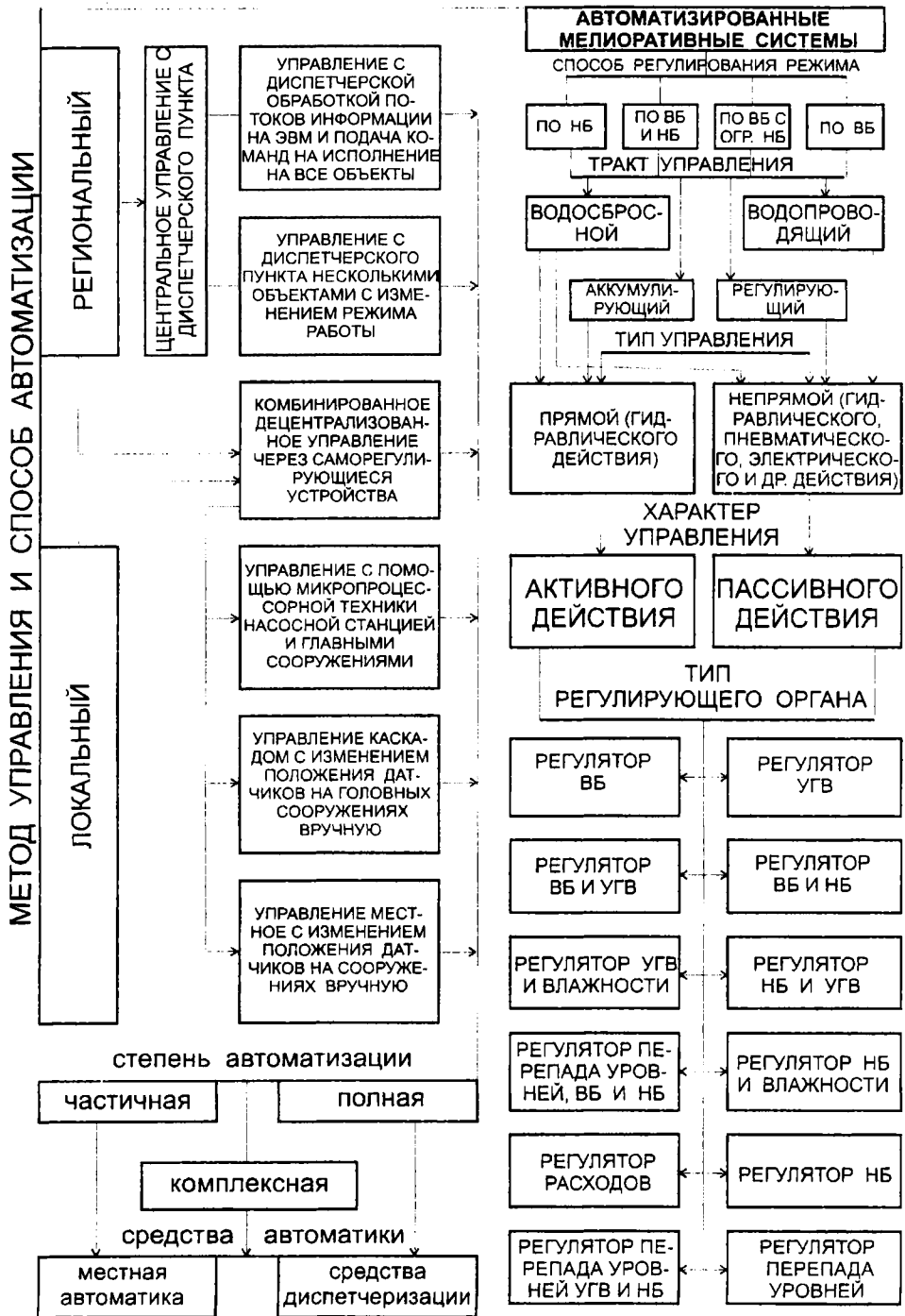


Рис.6.6 Классификационная схема мелиоративных автоматизированных систем.