

10 РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ ГИДРОАВТОМАТИЗАЦИИ

10.1 Обоснование системы оценочных критериев

Совершенство любой технической системы возможно оценить рядом коэффициентов, интегрирующих в себе основные ее научно-технические, конструкторско-технологические, эксплуатационные, экономические, экологические и др. показатели.

На рис.10.1 приводится блок-схема связи оценочных коэффициентов, которые укладываются в три основные направления. *Первое направление* - отражает совершенство конструкций элементов мелиоративной сети. *Второе направление* - учитывает влияние мероприятий по совершенствованию системы, в целом, на получение максимальной результативности (продукции). *Третье направление* - оценивает влияние нововведений на эксплуатационные характеристики системы.

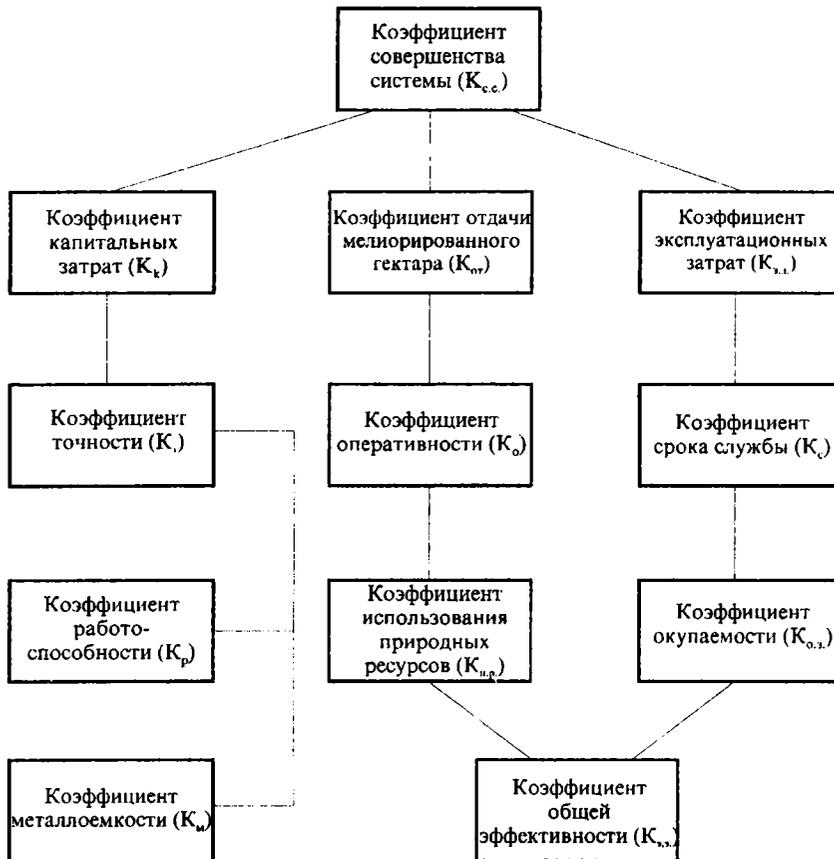


Рис.10.1 Функциональная связь оценочных коэффициентов.

Например, коэффициентом точности учитывается сама конструкция регулятора (прямого или непрямого действия с гидравлическим или электрическим приводом). Установлена связь коэффициента точности с коэффициентами пропускной способности и расхода материала на $1 \text{ м}^3/\text{с}$ пропускаемого расхода. Все регуляторы непрямого действия достаточно металлоемки, о чем свидетельствуют их конструктивные характеристики. Более того, регуляторы с электроприводом самые капиталоемкие, поэтому, коэффициентом капитальных затрат учитывается используемая энергия для привода затвора.

Подобные взаимосвязи обнаруживаются при оценке отдачи мелиорированного гектара и эксплуатационных затрат. Математическое описание оценочных коэффициентов дается ниже.

Так, коэффициент капитальных затрат может быть представлен следующей зависимостью

$$K_k = \frac{\sum E_{\text{факт.}}}{\sum E_{\text{треб.}}} \cdot K_T, \quad (10.1)$$

где $E_{\text{факт.}}$ - вкладываемые средства (фактические, проектные); $E_{\text{треб.}}$ - необходимые средства для создания совершенной (управляемой) системы; K_T - коэффициент точности.

Коэффициент оперативности управления определяется из соотношения

$$K_o = \frac{T_{0\text{факт.}}}{T_{0\text{треб.}}}, \quad (10.2)$$

где $T_{0\text{факт.}}$ - время, фактически затрачиваемое на отведение или подачу воды, сут; $T_{0\text{треб.}}$ - нормативное время, согласно биологическим особенностям растений, предусмотренное на водоотведение или подачу воды, сут.

Для автоматизированного управления режимами гидромелиораций наиболее важным показателем является коэффициент точности поддержания заданного горизонта воды

$$K_T = \frac{\Delta H_{\text{треб.}}}{\Delta H_{\text{факт.}}} \cdot K_n \cdot K_m, \quad (10.3)$$

где $\Delta H_{\text{треб.}}$ и $\Delta H_{\text{факт.}}$ - изменение уровней воды от заданных величин, соответственно, при требуемой и фактической точности; K_n - коэффициент пропускной способности сооружений, определяемый как

$$K_n = \frac{Q_{\text{треб.}}}{Q_{\text{факт.}}}, \quad (10.4)$$

где $Q_{\text{треб.}}$ - требуемая пропускная способность при изменении уровня на величину ΔH ; $Q_{\text{факт.}}$ - фактическая пропускная способность при изменении уровня на величину ΔH ; K_m - коэффициент расхода материала на 1 м^3 пропускаемого расхода воды или, в частном случае, коэффициент металлоемкости -

$$K_m = \frac{G_{\text{треб.}} / Q_{\text{треб.}}}{G_{\text{факт.}} / Q_{\text{факт.}}}, \quad (10.5)$$

где $G_{\text{треб.}}$ - вес конструкций затвора (требуемый); $G_{\text{факт.}}$ - фактический вес конструкций затвора.

Косвенно на совершенство мелиоративной системы указывает коэффициент отдачи мелиорированного гектара

$$K_{\text{от.}} = \frac{J_{\text{факт.}}}{J_{\text{мах.воз.}}} \cdot K_0 \cdot K_{\text{и.р.}}, \quad (10.6)$$

где $J_{\text{факт.}}$ и $J_{\text{мах.воз.}}$ - выход продукции, соответственно, фактический и максимально возможный; $K_{\text{и.р.}}$ - коэффициент использования природных ресурсов, например, водных ресурсов оценивается как

$$K_{\text{и.р.}} = \frac{\Sigma W_{\text{факт.}}}{\Sigma W_{\text{исп.мах.ур.}}}, \quad (10.7)$$

где $\Sigma W_{\text{факт.}}$ - фактически потребляемое количество влаги с учетом суммарного испарения - нетто; $\Sigma W_{\text{исп.мах.ур.}}$ - количество влаги, необходимое для получения максимально возможного урожая с учетом суммарного испарения - нетто.

Оценка системы по эксплуатационным показателям (издержкам) возможна с использованием зависимости

$$K_{\text{э.з.}} = \frac{\Sigma \Theta_{\text{факт.}}}{\Sigma \Theta_{\text{треб.}}} \cdot K_c \cdot K_{\text{о.з.}}, \quad (10.9)$$

где $\Sigma \Theta_{\text{факт.}}$ и $\Sigma \Theta_{\text{треб.}}$ - соответственно, фактические и требуемые эксплуатационные затраты (издержки); K_c - коэффициент срока службы сооружений, определяемый как

$$K_c = \frac{T_{\text{факт.}}^c}{T_{\text{нор.мах.}}^c}, \quad (10.10)$$

где $T_{\text{факт.}}^c$ и $T_{\text{нор.мах.}}^c$ - соответственно, фактический и нормативно максимальный срок службы сооружения; $K_{\text{о.з.}}$ - коэффициент окупаемости затрат; определяется из соотношения

$$K_{\text{о.з.}} = \frac{t_{\text{факт.}}}{t_{\text{нор.}}}, \quad (10.11)$$

где $t_{\text{факт.}}$ и $t_{\text{нор.}}$ - срок окупаемости затрат (фактический и нормативный).

Из соотношения коэффициентов отдачи мелиорированного гектара ($K_{\text{от.}}$) и эксплуатационных затрат ($K_{\text{э.з.}}$) оценивается общая эффективность системы

$$K_{\text{э.з.}} = \frac{K_{\text{э.з.}}}{K_{\text{от.}}}, \quad (10.12)$$

и, далее, рассчитывается коэффициент совершенства мелиоративной системы

$$K_{с.с.} = \frac{K_k}{K_{э.э.}} \quad (10.13)$$

Как видно, совершенство ($K_{с.с.}$) мелиоративной системы, в целом, зависит от ее капитальности, понимаемой в широком смысле, и работоспособности (K_k ; K_m , K_p), точности регулирования (K_T) и оперативности управления водно - воздушного режима почв под сельскохозяйственными культурами (K_o), зависящей, в свою очередь, от технического совершенства и срока службы составных элементов (K_c), обеспеченности технологических процессов водными ресурсами ($K_{и.р.}$), отдачи каждого мелиорированного гектара ($K_{от}$, $K_{о.э.}$, $K_{э.э.}$) и др.

$$K_{с.с.} = f(K_k, K_m, K_{от}, K_{э.э.}, K_T, K_o, K_c, K_p, K_{и.р.}, K_{о.э.}, K_{э.э.}) \quad (10.14)$$

Анализ изменения частных значений, определяющих совершенство ГМС, коэффициентов показывает, что увеличение капитальных затрат ($K_k > 1$), как правило, приводит к перерасходу средств, увеличению сроков строительства, себестоимости продукции, эксплуатационных издержек и снижению эффективности капвложений и, наоборот, снижение капитальных затрат ($K_k < 1$), влечет за собой снижение оперативности управления, повышение себестоимости сельхозпродукции, снижение сроков службы мелиоративной сети, и, в итоге, - отдачи мелиорированного гектара.

Следует отметить, что любое сооружение мелиоративной системы, в определенной степени, влияет на точность регулирования водного режима почв, отдачу мелиорированного гектара, капитальные эксплуатационные затраты, сроки строительства и сроки службы ГМС, окупаемость капитальных вложений и др.

В наших исследованиях особое внимание уделено влиянию на эти показатели конструктивных особенностей затворов (величин отказов, стоимости конструкции, потерь воды через сооружения, пропускной способности, коэффициента металлоемкости и др.).

Если в уравнение (10.14) подставим значения исследуемых коэффициентов, то получим

$$K_{с.с.} = \frac{\sum E_{факт} \Delta H_{тр} G_{тр} \sum \Delta_{тр} T_{н}^c t_{нор} T_{о-факт} \sum W_{факт}}{\sum E_{треб} \Delta H_{факт} G_{факт} \sum \Delta_{факт} T_{факт}^c T_{о-тр} J_{макс} \sum W_{факт} t_{факт}}, \quad (10.15)$$

и приняв срок службы, коэффициенты окупаемости, отдачи мелиорированного гектара и использования водных ресурсов равными единице, будем иметь

$$K_{с.с.} = \frac{\sum E_{факт} \Delta H_{тр} G_{тр} \sum \Delta_{тр}}{\sum E_{треб} \Delta H_{факт} G_{факт} \sum \Delta_{факт}} \quad (10.16)$$

Возникает вопрос, какие расчетные показатели указывают на то - совершенна или несовершенна система. В уравнении (10.16) совершенство сооружений гидромелиоративных систем определяется из условия, что прочие показатели оптимальны. Однако,

расчеты необходимо выполнять, исходя из максимальной отдачи мелиорированного гектара, учитывая балл бонитета почвы, сорт растений, количество вносимых удобрений, воды и др.. По максимальной урожайности определяется коэффициент отдачи земли, сравнивается со средним многолетним, затем, определяется коэффициент использования водных ресурсов и т.д.

Для оценки совершенства сооружений используется уравнение (10.16), где $\Delta H_{\text{пр}}$ необходимо принять для ведущей (самой требовательной) культуры.

Согласно данным Емельянова Л.Г. [12] по выживаемости растений, в зависимости от сроков затопления поверхности сельскохозяйственных полей, потери всхожести можно оценить по уравнению

$$U = \frac{\sqrt{0,0001 - 0,0012 \cdot (1,45 - t)}}{0,0006} - 0,01, \quad (10.17)$$

где U - изреженность посевов, %; t - длительность затопления поверхности поля, сут.

На основании уравнения (10.17), можно оценивать коэффициенты оперативности управления сооружениями мелиоративных систем, исходя из допустимых сроков затопления земель (отвода воды). Как видно из полученных уравнений, для работы регулирующих сооружений задается не точность поддержания необходимого уровня, а время отвода излишков воды из почвогрунтов.

Для установления точности поддержания требуемого уровня можно использовать формулу Ивицкого А.И. [15], отвечающую условию параллельного опускания депрессионной кривой. Решая это уравнение относительно времени, получим

$$T = \frac{E^2 \cdot (\delta \cdot H_p + N - V)}{4 \cdot K \cdot \alpha \cdot (t - H - h_0) \cdot (t - U + h_0 + 2 \cdot a)}, \quad (10.18)$$

где E - расстояние между регулируемыми дренами (каналами); δ - водоотдача расчетного слоя почвогрунтов, определяемая по зависимости

$$\delta = 0.116 \cdot \sqrt[8]{K^3 \left(4\sqrt{H_p^3} - \frac{U}{H_p} 4\sqrt{U_p^3} \right)}; \quad (10.19)$$

H_p и U_p - расчетные УГВ, соответственно, в конце и начале времени T , которое задается для различных культур в пределах 10...15 сут.; N - атмосферные осадки, просочившиеся до УГВ за время T , м; V - суммарное испарение (водопотребление растений) за счет грунтовых вод за время T , м; K - коэффициент фильтрации, м/сут.; α - коэффициент высыхания дренажа, определяемый по зависимости

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot a}{E} \cdot 2,94 \cdot \lg \frac{1}{\sin \frac{\pi \cdot d}{2 \cdot a}}}, \quad (10.20)$$

в которой глубина залегания водоупора ниже дна канала ($a, м$) приближенно оценивается как $a = \frac{b_0}{2} + h$, при b_0 - стандартной ширине канала по дну ($м$) и h - бытовой глубине воды в нем ($м$); t - глубина заложения дрен, $м$; H - уровень грунтовых вод, необходимый в конце расчетного периода T , $м$; U - УГВ в начале расчетного периода T ; h_0 - слой воды в канале в конце расчетного периода T , считая от его дна, $м$.

Исходя из оптимальных уровней грунтовых вод, обеспечивающих рациональный режим почвенных влагозапасов, в пределах допустимых потерь урожайности сельскохозяйственных культур, можно установить допустимые величины их отклонений

$$[\Delta h]_{\text{зад.}}^{\text{УГВ}} = H_{\text{зад.}} - H_{\text{факт.}} \quad \text{или} \quad [\Delta h]_{\text{зад.}}^{\text{УГВ}} = U_{\text{зад.}} - U_{\text{факт.}}, \quad (10.21)$$

где $[\Delta h]_{\text{зад.}}^{\text{УГВ}}$ - допускаемая величина отклонения УГВ при управлении; $H_{\text{зад.}}$ и $U_{\text{зад.}}$ - рациональные для данного случая управления уровни грунтовых вод, соответственно, в конце и начале расчетного периода T .

Обозначив $E^2 (\delta N_p + N - V)$ через M , и выразив его относительно $[\Delta h]_{\text{зад.}}^{\text{УГВ}}$, с учетом выражения (10.18), получим:

$$[\Delta h]_{\text{зад.}}^{\text{УГВ}} = \frac{M - 4 \cdot K \cdot T \cdot \alpha [(t - H_{\text{зад.}} - h_0)(t - H_{\text{зад.}} - h_0 + 2 \cdot a)]}{4 \cdot K \cdot T \cdot \alpha [(t - H_{\text{зад.}} - h_0)]}. \quad (10.22)$$

Решая уравнение (10.22) методом подбора, можно для каждого конкретного случая определить допускаемую величину отклонения УГВ. Подобное же можно сказать и об уровнях воды в канале, если там будет установлен регулятор верхнего бьефа. Проведенные наблюдения на объекте "Плещицы" в 1984...1985г.г. показали, что в открытой мелиоративной сети уровни воды при работе регулятора прямого действия снижаются до заданной отметки в течение 2,5...3 часов. На основании проведенных, одновременно опытов был сделан вывод о том, что для осушительно - увлажнительной сети не имеет существенного значения каким типом регулятора это достигается (прямого или непрямого действия). Однако, регулятор непрямого действия более металлоемок нежели прямого и, следовательно, дороже.

Расчетами подтверждено, что регуляторы с управлением по УГВ, а тем более по влажности почвы, наиболее приемлемы, чем регуляторы, работающие по уровням воды в канале. Кроме того, для каждого объекта величину допускаемого отклонения уровней грунтовых (подземных) вод наиболее точно можно определить опытным, а не расчетным путем.

10.2 Технологическая, технико-экономическая и надежность оценка регулирующих сооружений

Показатель совершенства конструкции того или иного сооружения (оборудования), в первую очередь, зависит от технологичности их изготовления и мон-

тажа. Так как затворы изготавливаются на опытно-экспериментальных заводах, то для оценки совершенства сооружений, оборудованных ими, достаточно коэффициентов металлоемкости и пропускаемого расхода. Во-первых, из графика, представленного на рис.10.2, видно, что чем меньше пропускная способность, тем выше расход металла на $1\text{ м}^3/\text{с}$ расчетного расхода. Второе - у регуляторов непрямого действия расход металла значительно выше, чем у регуляторов прямого действия (в среднем, в 1,75...2,7 раза). Наименьшую металлоемкость на $1\text{ м}^3/\text{с}$ пропускаемого расхода имеют затворы типа АРД, которые применяются для открытой мелиоративной сети, т.е. $G/Q = 50...130$. В табл.10.1 приводятся данные, которые характеризуют пропускаемый расход воды, точность, трудоемкость, вес затвора, ряд сравнительных показателей, необходимых для управления уровнями воды в сети. Очевидно, что каждый затвор имеет как положительные, так и отрицательные особенности, заключенные в основных характеристиках. Например, автоматические регуляторы испытывают на себе отрицательное влияние растительных остатков, коробчатые - нет. При оценке технологичности конструкции учитывается сложность изготовления затворов, качество изделия, требования к различным материалам, кроме того, потребность в квалифицированных специалистах для их изготовления. В табл.10.2 приводятся технологические и конструктивные показатели регуляторов.

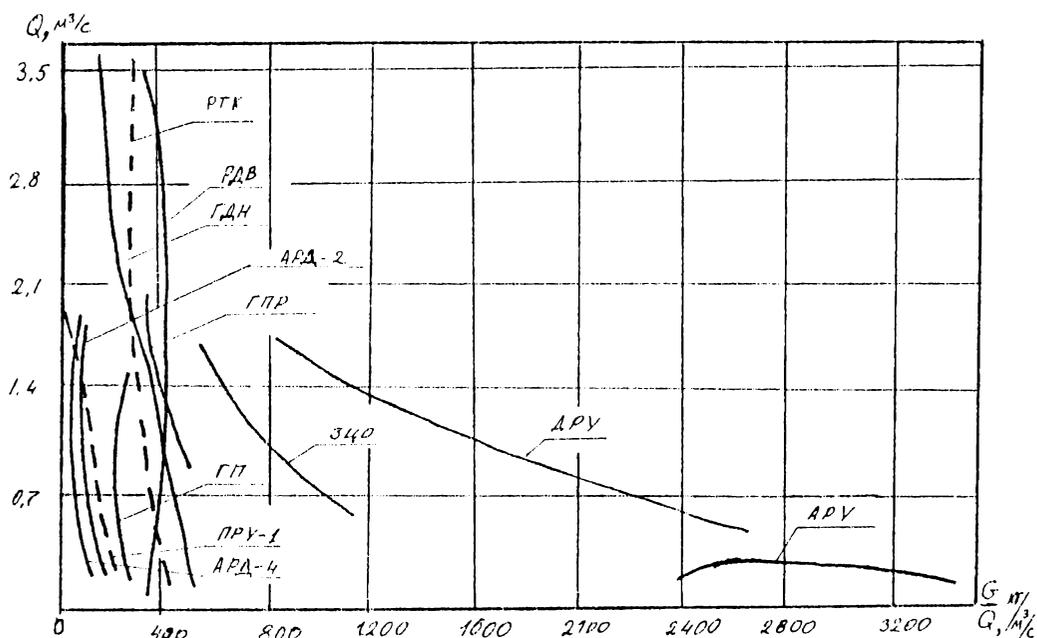


Рис. 10.2 График зависимости $G/Q = f(Q)$ для различных типов затворов.

Из 18 широко используемых регуляторов наиболее металлоемкими оказались секторный, коробчатый, плоский и сифонный типы, которые применяются на открытой мелиоративной сети, а из затворов, применяемых для закрытой сети, самым металлоемким является АРУ.

Наибольшее количество металла расходуется на $1 \text{ м}^3/\text{с}$ пропускаемого расхода у сифонного регулятора, наименьшее - у АРД-5, бетона - для монтажа секторного затвора ($5,4 \text{ м}^3$). Наиболее трудоемкими в изготовлении являются - сифонный, диафрагменный и секторный регуляторы. Наибольшие эксплуатационные затраты необходимы для секторного, сифонного, коробчатого затворов, наименьшие - для цилиндрического (РУ 4) и АРД-3. Самый высокий диапазон автоматического управления у регуляторов типа АРД, низкий - у плоского, сифонного и секторного. В табл.10.3 приведены данные по трудозатратам, на изготовление затвора, а также показатели, отнесенные к одной тонне веса изделия и к $1 \text{ м}^3/\text{с}$ пропускаемого расхода. Наибольшие трудозатраты у секторного, коробчатого, сифонного и плоского регуляторов. Для закрытой мелиоративной сети применяются двухклапанные (ВРДК) регуляторы - с наибольшими трудозатратами и КОРД (с гибким шлангом) - с наименьшими трудозатратами. С точки зрения пропускаемого расхода, наибольшие трудозатраты у сифонного, АРС и диафрагменного затворов, наименьшие - у КОРТ, РУЧ. Сами по себе, затраты не указывают на совершенство конструкций, однако, чем меньше трудозатраты, отнесенные на 1 кг изделия, тем проще конструкция. Например, у регуляторов РУЧ-20x150 - самые низкие трудозатраты (0,18), у ВРДК (двухклапанных) - самые высокие (0,35), т.к. при их изготовлении применяется высокая степень обработки металла по кривой поверхности.

С целью поиска наиболее приемлемого регулятора для осушительно-увлажнительной сети, может выполняться оценка сооружений по коэффициентам максимальности, которые определяются при делении любых значений показателей на их максимальные величины. В табл. 10.4 приводятся значения этих коэффициентов.

Первый из них - коэффициент расхода металла (K_m), т.е. вес любой конструкции делится на максимальный вес другой конструкции. Для нашего случая, это вес регулятора ЗАС 2,5 x 1,0 - 583 кг.

Коэффициент металлоемкости определяется как

$$K_m = \frac{G_i / Q}{G_{\max} / Q_{\max}}, \quad (10.23)$$

где G_i - вес любой конструкции затвора; Q - пропускаемый расход этим же затвором, $\text{м}^3/\text{с}$; G_{\max}/Q_{\max} - отношение соответствующих максимальных величин.

Коэффициент стоимости $1 \text{ м}^3/\text{с}$ пропускаемого расхода определяется как и первый, т.е.

$$K_Q = \frac{E_i}{0,707}, \quad (10.24)$$

Таблица 10.1 Технико-экономические показатели затворов

NN п.п.	Шифр регулятора	Вес, кг			Общий вес, кг	Расход ж/б, м ³	Стоимость регулятора, тыс.\$	Расход металла на 1 м ³ пропускаемого расхода, кг	Диапазон автоматичес- кого управления, м	Пропускаемый расход, при H=0,5 м, м ³ /с
		рама	затвор	подъем- ник винтовой						
1	АРД-1	72,0	112	40,5	224,5	0,29	0,421	0,214	1,5...2,0	1,55
2	АРД-5	72,0	258	--	330	1,6	0,077	0,15	1,8	1,55
3	АРС-200	--	98	--	98	--	0,102	0,245	2,0	0,114
4	АРД-7Н	83,2	47,8	--	167	--	3,0	0,157	1,5...2,0	1,53
5	АРД-7М	83,2	46,8	--	166	--	3,0	0,156	1,5...2,0	1,53
6	АРУ-200	17,0	15	--	32	--	0,11	2,467	1,5	0,101
7	КОРТ-20-160	--	30	--	27	--	0,142	0,03	2,0	0,095
8	ВРДК	--	30	--	30	--	0,142	0,026	2,0	0,077
9	ЗЗНАРВ	--	44,5	--	44,5	--	0,086	0,045	2,0	0,084
10	АРД-200	--	271	--	27	--	0,107	0,254	1,5...2,0	0,097
11	ЗАС 2.5*1.0	11	572	--	583	2,6	0,107	0,583	2,0	1,55
12	АРД-4	--	121	--	121	0,29	0,186	0,142	1,7	1,55
13	АРД-3	--	265	--	265	--	0,278	0,663	1,7	0,40
14	Сифонный	198	63	68	352	--	0,208	3,29	0,5	0,120
15	ПРУ-1	185	160	140	485	1,5	0,132	0,097	1,65	1,65
16	РУЧ-20-150	--	36	--	36	--	0,391	0,036	2,0	0,5
17	Коробчатый	107	225	88	420	--	0,441	0,223	2,0	1,65
18	РУД-1 диафрагмов.	--	40,5	--	40,5	--	0,134	0,060	1,5	0,108

Таблица 10.2 Технические характеристики регуляторов

№ п.п	Наименование показателей	Шифр затвора																	
		Открытая сеть Т - 8						Открытая сеть Т - 8					Открытая сеть Т - 9, Т - 10, Т - 12, Т - 12 - 2						
		АРД-1	АРД-5	АРС-200	АРД-7Н	АРД-7М	АРУ-200	КОРТ-20-160	ВРДК	ЗЭН АРВ	АРД-200	ЗАС--25х1	АРД-4	АРД-3	Сифонный	ПРУ-1	РУЧ-20-150	Коробчатый	РУД-1 днаф
1	Расход металла, кг	214	330	98	167	169	28	20	26	4,5	27	583	193	190	352	485	36	482	59,5
2	Расход металла на 1 м ³ /с пропускаемого расхода воды, кг	138	212	859	110	112	280	210	337	53	278	376	321	316	2933	294	564	292	583
3	Стоимость регулятора в тыс. \$ по данным завода	0,421	0,404	0,102	0,250	0,262	0,11	0,142	0,156	0,086	0,107	0,707	0,186	0,320	0,480	0,343	0,072	0,441	0,134
4	Диапазон автоматического управления, м	1,6	1,5	1,5	1,8	1,8	1,2	0,9	1,5	1,0	1,5	0,6	1,5	1,5	0,5	0,4	0,8	0,5	0,5
5	Точность поддержания заданного уровня, см	10	6	4	2	2	2	2	3	2	3	2	6	4	1,5	7	0,2	2,5	4
6	Величина максимального отклонения уровня от заданного значения, м	0,5	0,4	0,1	0,04	0,04	0,1	0,15	0,11	0,12	0,11	0,1	0,4	0,3	0,02	0,07	0,02	0,5	0,04
7	Время, необходимое на настройку, мин	1	1	1	1	1	1	2-3	5	1	1	4	1	1	10...15	3	1	30...40	1
8	Коэффициент расхода в автоматич. режиме работы	0,65	0,65	0,84	0,71	0,71	0,54	0,6	0,48	0,67	0,65	0,78	0,65	0,65	0,92	0,82	0,55	0,45	0,47
9	Необходимость демонтажа в зимнее время	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	необ.	нет	нет	нет	нет	необ.	нет	необ.
10	Влияние растительных остатков на работу сооружения	воз.	нет	нет	воз.	воз.	нет	нет	нет	нет	нет	воз.	воз.	воз.	воз.	нет	нет	нет	воз.
11	Срок службы по нормативу при нормальном уходе, лет	22	22	22	20	20	22	20	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	20
12	Эксплуатационные затраты в \$ (ориентировочные)	19,0	18,1	4,6	12,5	13,1	5,0	7,1	7,0	3,9	4,9	39,0	8,4	14,4	2,6	6,0	3,2	19,8	6,7
13	Количество управляемых автоматических параметров	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1
14	Требуемое дополнительное количество ж/б конструкций для затвора, м ³	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	5,4	0,82	-	-	1,16	0,65	-	-

Перспективные средства гидроавтоматизации

Таблица 10.3 Трудозатраты на изготовление регулирующих сооружений

NN п.п.	Марка или шифр затвора	Расход металла, т	Общая стоимость конструкции в \$ по приведенным затратам (на ед. веса конструкции)	Зарплата, \$	Трудозатраты в чистом виде, ч/час	Трудозатраты, отнесенные на 1 кг изготовленной продукции, ч/час	Трудозатраты, отнесенные на 1 м ³ /с пропускного расхода, ч/час
1	АРУ-1, регулятор ВБ	0,214	224,7	46,1	64,2	0,30	32,3
2	АРУ-200, регулятор НБ	0,250	26,3	5,4	7,75	0,31	58,4
3	КОРТ-20-160, регулятор НБ	0,200	21,0	4,3	5,2	0,26	10,5
4	ВРДК, регулятор НБ	0,260	27,3	5,6	9,1	0,35	79,2
5	ЗЗНАРВ, регулятор НБ	0,450	46,7	9,6	9,79	0,22	123,8
6	АРД-200, регулятор НБ	0,270	28,4	5,8	5,67	0,21	64,9
7	АРС-200, регулятор ВБ	0,980	102,9	21,1	20,58	0,21	200,9
8	АРД-5, регулятор УГВ ВБ	0,330	346,6	71,1	82,5	0,25	49,8
9	АРД-7, регулятор ВБ	0,167	175,4	35,9	46,76	0,28	25,5
10	ЗАС 2.5*1.0, регулятор ВБ,НБ	0,583	612,1	125,5	209,88	0,36	88,0
11	РУЧ-20-150, регулятор НБ	0,360	37,8	7,7	6,48	0,18	16,8
12	АРД-4, регулятор НБ	0,193	202,7	41,5	44,39	0,23	29,2
13	АРС-400, регулятор ВБ	0,265	278,3	57,1	55,65	0,21	155,0
14	ПРУ, регулятор ВБ	0,485	509,3	104,4	145,5	0,30	68,8
15	РУД-1, регулятор НБ	0,595	62,5	12,8	17,85	0,30	128,7
16	Сифонный регулятор НБ	0,352	369,6	75,8	112,64	0,32	806,9
17	Коробчатый регулятор ВБ	0,482	506,3	103,8	154,30	0,32	68,4
18	АРД-7М, регулятор ВБ	0,169	174,3	35,7	47,32	0,28	25,3

Таблица 10.4 Оценка совершенства сооружений по сумме минимума коэффициентов

№ п.п.	Наименование показателей	Шифр затвора																	
		Открытая сеть Т - 8					Открытая сеть Т - 8					Открытая сеть Т - 9, Т - 10, Т - 12, Т - 12 - 2							
		АРД- -1	АРД- -5	АРС- -200	АРД- -7Н	АРД- -7М	АРУ- -200	КОРТ- 20- -160	БРДЖ	З НАРВ	АРД- -200	ЗАС- -25х1	АРД- -4	АРД- -3	От- фон- ный	ПРУ- -1	РУЧ- -20 -150	Ко- роб- че- тый	РУД- -1 дифр.
1	Коэффициент расхода металла, K_m	0,367	0,566	0,168	0,286	0,290	0,048	0,034	0,044	0,008	0,046	1	0,331	0,326	0,604	0,832	0,062	0,826	0,102
2	Коэффициент металлоемкости, K_m^1	0,047	0,072	0,293	0,037	0,038	0,095	0,072	0,115	0,018	0,095	0,121	0,109	0,107	1	0,1	0,192	0,099	0,199
3	Коэффициент стоимости 1 м ³ /с пропускаемого расхода, K_Q	0,595	0,571	0,144	0,353	0,37	0,155	0,2	0,221	0,121	0,151	1	0,263	0,452	0,679	0,187	0,101	0,624	0,189
4	Коэффициент стоимости металла, $K_G = G_i / E_i$	0,508	0,816	0,961	0,668	0,628	0,254	0,141	0,167	0,052	0,252	0,841	1,04	0,593	0,733	1,26	0,5	1,099	0,444
5	Коэффициент диапазона управления, K_n (h=2 м)	1,25	1,33	1,33	1,111	1,111	1,67	2,233	1,333	2,03	1,33	3,333	1,333	1,333	4,0	5,0	2,5	4	4
6	Коэффициент точности поддержания уровней, K_r^{dh}	0,4	0,24	0,16	0,08	0,08	0,08	0,08	0,12	0,08	0,12	0,08	0,24	0,16	0,06	0,28	0,08	1	0,16
7	Коэффициент эксплуатационных затрат, $K_{з.з.} = Z_n / Z_{max}$	0,487	0,464	0,118	0,32	0,336	0,128	0,192	0,18	0,1	0,123	1	0,215	0,369	0,553	0,153	0,082	0,507	0,172
8	Коэффициент универсальности, K_u	1	0,5	1	1	0,25	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1
9	Коэффициент грузозатрат, $K_{гр} = T_z / T_{max}$	0,305	0,393	0,098	0,222	0,224	0,001	0,025	0,043	0,047	0,027	1	0,211	0,201	0,537	0,693	0,031	0,734	0,085
10	Коэффициент надежности $K_n = \Sigma D / 100$	0,34	0,3	0,34	0,34	0,43	0,37	0,15	0,21	0,18	0,24	0,54	0,25	0,25	0,63	0,21	0,15	0,49	0,34
11	Сумма коэффициентов, ΣK_i	5,299	5,252	4,615	4,17	3,395	3,729	4,284	3,434	3,606	3,384	4,398	4,992	4,791	9,742	9,215	4,698	10,373	6,692
12	Коэффициент металлоемкости 1 м ³ /с расхода $K_m^Q = G_i / Q_i$	0,138	0,212	0,859	0,11	0,112	0,28	0,21	0,337	0,053	0,278	0,376	0,321	0,316	2,933	0,294	0,564	0,292	0,583
Итого:		6,427	5,464	5,474	4,28	4,502	4,009	4,494	3,771	3,659	3,662	9,774	5,323	5,107	12,675	9,509	5,262	10,665	7,285

Перспективные средства гидравтоматизации

где - E_i стоимость затвора, тыс. \$; 0,707 - максимальная стоимость затвора ЗАС 2,5x1,0, тыс. \$.

Коэффициент стоимости металла, т.е.

$$K_G = \frac{G_i}{E_i}, \quad (10.25)$$

где обозначения те же, что и в выше приведенных формулах.

Коэффициент диапазона управления (K_y) определялся путем деления средней глубины сети ($H_{cp} = 2,0$ м) на фактический диапазон управления в автоматическом режиме.

Коэффициент точности поддержания уровней определяется так же, как и первый коэффициент, т.е.

$$K_r^{\Delta h} = \frac{\Delta h_i}{25}, \quad (10.26)$$

где Δh_i - точность поддержания заданного уровня в сети, см; 25 - максимальное колебание уровней воды, см.

Коэффициент эксплуатационных затрат определяется как и предыдущие коэффициенты. Таким же образом, определяется коэффициент универсальности, затрат.

Коэффициент надежности определяется из следующего уравнения

$$K_H = \frac{\sum D}{100}, \quad (10.27)$$

где $\sum D$ - количество деталей; 100 - максимальное число деталей.

Чем больше деталей, тем меньше надежность безотказной работы. Число 100 принято для гидроавтоматов, и не является константой. Сумма всех коэффициентов дает объективную оценку преимущественности конструкции. Для регуляторов, применяемых на закрытой сети, наиболее предпочтителен регулятор АРД-7М (двустворчатый). При оценке по десяти показателям, наиболее неприемлемыми явились сифонный и коробчатый затворы. Однако, при введении дополнительных коэффициентов, картина несколько меняется. В нашем случае, введен коэффициент металлоемкости на 1 м³/с пропускаемого расхода, т.е.

$$K_m^Q = \frac{G_i}{Q_i}, \quad (10.28)$$

где G_i - вес конструкции затвора, т.; Q_i - пропускаемый расход, м³/с.

В данном случае, наиболее приемлемым для закрытой сети оказывается ЗЗНАРВ (конструкции института "Белгипроводхоз") - регулятор по нижнему бьефу; для открытой сети - АПД-7Н. Наибольшее суммарное значение коэффициентов ($\sum K_i$) - у затворов коробчатого и сифонного типов. На рис. 10.3 представлены оценочные коэффициенты всех затворов. Подобное изображение позволяет наглядно оценить ту или иную конструкцию затвора. Однако, эта оценка не является определяющей, т.к. она выполнена по одной

ветви эффективности сооружения. Согласно ранее изложенным предпосылкам, требуется дополнительная оценка по эксплуатационным показателям и отлаче с одного мелиорированного гектара.

Тесные математические зависимости обнаруживаются между трудозатратами, металлоемкостью и пропускаемыми регуляторами расходами.

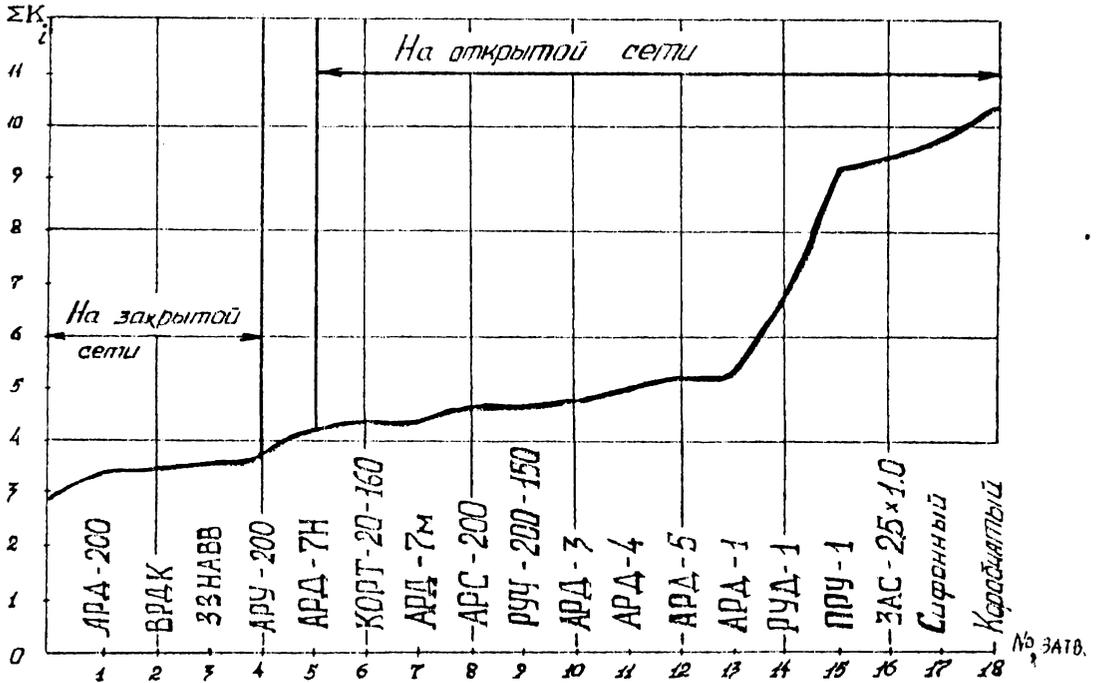


Рис.10.3 График оценки совершенства регуляторов по суммарному коэффициенту (ΣK_i).

На рис.10.4 показаны связи трудозатрат (Т_{тр.}) и веса затворов в зависимости от их пропускной способности (коэффициент корреляции - r = 0,99)

$$G = 0,01 + 4,27 T_{тр.} \quad (10.29)$$

где G - вес изготавливаемой конструкции, т; Т - трудозатраты, чел./час.

Пропускаемый расход и трудозатраты, необходимые на изготовление затвора, увязываются между собой как

$$Q = 0,0357T_{тр.} - 0,000195 T_{тр.}^2 + 0,08, \quad (10.30)$$

при коэффициенте корреляции - $r = 0,812$.

Необходимо отметить, что, с увеличением пропускной способности, трудозатраты значительно возрастают при расходах воды от 0,01 до 1,5 м³/с, затем их рост замедляется. Необходимо отметить, что эти выводы касаются в основном затворов, которые устанавливаются на межхозяйственной сети.

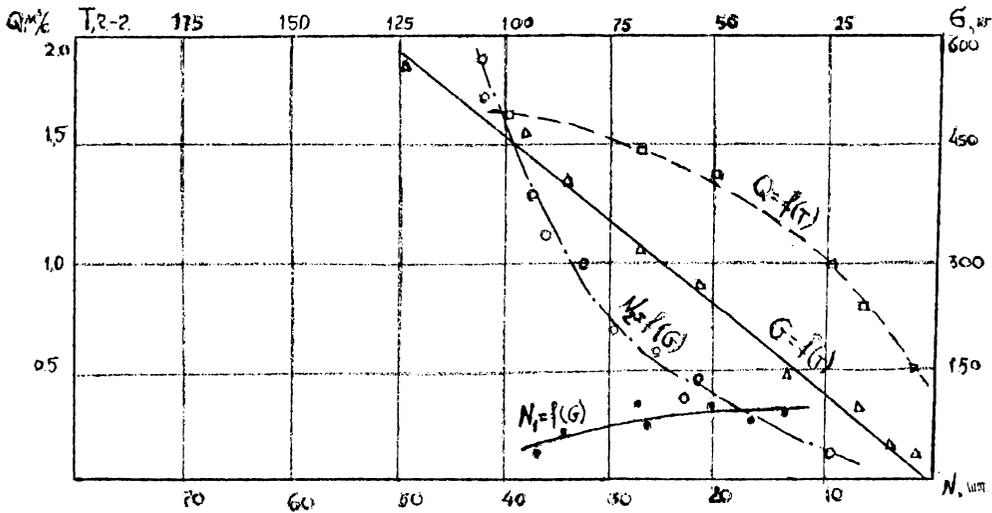


Рис.10.4 Графики зависимостей веса регулятора от трудозатрат $G=f(T)$, пропускаемого расхода от трудозатрат $Q=f(T)$ и количества деталей затвора от его веса на открытой $N_1=f(G)$ и закрытой $N_2=f(G)$ сети.

Количество деталей ($\Sigma Д$) и вес затворов (G), применяемых на мелиоративной сети, находятся в определенной взаимосвязи:

а) на закрытой сети -

$$\Sigma Д = 4119,6 G^{-1,47} + 0,02; \quad (10.31)$$

б) на открытой сети -

$$\Sigma Д = 0,1426 \cdot G - 0,00017 \cdot G^2 + 12,796. \quad (10.32)$$

Приведенные зависимости характеризуются высокой степенью тесноты связи, соответственно, $r = 0,96$ и $r = 0,929$. Уравнение (10.31) применимо при $50 > G > 25$. Анализ зависимостей для регуляторов, применяемых на закрытой сети показывает, что с увеличением веса затвора, уменьшается количество деталей, снижается стоимость затвора и повышается его надежность.

Зная возможные неисправности регуляторов различных конструкций (табл. 10.5), можно судить о их надежности, в принципе.

В соответствии с теорией надежности, можно считать, что сооружение надежно, если

$$P(t) = P(T_1), \quad (10.33)$$

где $P(t)$ - срок безотказной работы; $P(T_1)$ - фактическое время непрерывной безотказной работы.

На основании статистических данных надежная работа сооружений (срок безотказной работы) определяется из условия

$$\bar{P}(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}, \quad (10.34)$$

где N_0 - число элементов в начале испытаний; $n(t)$ - число отказавших элементов за время испытаний t ; $\bar{P}(t)$ - статистическая оценка, выражающая безотказность работы сооружения.

Анализ уравнения (10.34) показывает, что самое безотказное сооружение будет то, где $\bar{P}(t) = 1$. В случае, если $\bar{P}(t) = 0$, - сооружение неработоспособно. Для определения частоты отказов за определенный промежуток времени - $\bar{a}(t)$ воспользуемся следующим уравнением

$$\bar{a}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N \cdot \Delta t}, \quad (10.35)$$

где $n(\Delta t)$ - число отказавших элементов (n) в интервале времени Δt (от $t - \Delta t/2$ до $t + \Delta t/2$); N - общее число элементов конструкции, подвергаемых испытаниям.

Уравнение (10.35) характеризует частоту отказов в единицу времени. Частота отказов несет в себе полную информацию о времени безотказной работы. Для того, чтобы знать степень надежности сооружений, необходимо выявить интенсивность отказов в единицу времени. С этой целью используем уравнение

$$\lambda(t) = \frac{n'(\Delta t)}{N_{cp} \cdot \Delta t}, \quad (10.36)$$

где $N_{cp} = \frac{N_i^1 + N_{i+1}}{2}$ - среднее число исправно работавших элементов в интервале времени Δt ; N_i - число элементов, исправно работающих в начале интервала времени Δt ; N_{i+1}

- число элементов, сохранивших работоспособность в конце интервала времени Δt ; $n'(\Delta t)$ - число элементов, исправно проработавших в данном отрезке времени.

Для оценки надежности сооружений воспользуемся уравнением

$$P(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) \cdot dt\right], \quad (10.37)$$

где $\lambda = \frac{n}{T_{ср.}}$; $T_{ср.} = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} t_i}{N_0}$ - средняя наработка до первого отказа; n - количество отказов за проработанное время t ; N_0 - число элементов в начале испытаний.

На основании действующих технических указаний, средний срок службы регулирующих сооружений составляет 40 лет. Но этот срок касается только бетонных элементов, а не металлоконструкций.

Однако, механическое и электротехническое оборудование имеют средний срок службы 20 лет. Исходя из того, что гарантийный срок службы сооружений на мелиоративной сети установлен два года, показатель интенсивности отказов в этот период принимаем равным нулю ($\lambda(t)=0$). Для оценки числа отказов необходимо знать количество деталей и узлов по каждому сооружению.

Кроме данных о возможных неисправностях (табл.10.5), при выполнении статистических оценок, необходимо иметь дополнительную информацию по действующим на каждом объекте сооружениям (см. табл.10.6), включая сведения по их привязке, обслуживаемую каждым сооружением площадь, вес, количество деталей и узлов по каждому затвору, а также практическую надежность конструкций. Уместно заметить, что к неисправностям, кроме перечисленных в табл.10.5, необходимо отнести и потери воды через уплотнения. Как ранее отмечалось, потери воды через уплотнения не должны превышать 0,6...1,3 л/с. При превышении этих расходов сооружение можно отнести к неисправным. Величина потерь воды через уплотнения принята из условия, что в летний период дренажный сток составляет около 0,05 л/с с 1 га для самотечных систем.

Исходя из опыта проектирования, строительства и уровня автоматизации мелиоративных систем, известно, что одно регулирующее сооружение обеспечивает управление водным режимом на площади 50...75 га, при $q_{прит.} \gg \sum q_{потерь}$. В среднем, при перепаде уровней в 1 м, фильтрационные потери составляют 0,006 л/с на погонный метр сети. К примеру, на объекте "Кривичи-II" эти потери составили 0,0025 л/с на 1 п.м. сети. Таким образом, регуляторы, которые способны удерживать и регулировать местный сток, можно отнести к работоспособным, а их уплотнения считать исправными.

Если сооружение не обеспечивает оптимальный водный режим на обслуживаемой территории или частота отказов ($\dot{a}(t)$) не отвечает требованиям мелиоративной науки и практики, то можно считать данное сооружение технически несовершенным или ненадежным.

Таблица 10.5 Возможные неисправности регуляторов различных конструкций

№ п.п.	Наименование неисправностей	Коробчатый затвор	Дроссельный регулятор НБ АРД-4	Дроссельный регулятор ВБ и УГВ	Регулятор двустороннего действия АРУ-1	Плоский регулятор ПРУ-1	Дроссельный регулятор АРД-2
1	Перекоз пазовой рамы	+	--	--	--	--	--
2	Перекоз затвора	+	--	--	--	--	--
3	Обрыв уплотнения	+	+	+	+	+	+
4	Отсутствие шандора	+	--	--	--	+	--
5	Обрыв шарнирного соединения затвора с подъемником	+	+	+	--	--	+
6	Дефект, заусеница винта	+	--	--	--	--	--
7	Перекоз червячного винта	+	--	--	--	--	--
8	Отсутствие смазки в редукторе червячных передач	+	--	--	--	--	--
9	Пробивка поплавка затвора (разгерметизация)	--	+	+	+	--	+
10	Поломка опоры оси дросселя	--	+	+	+	+	+
11	Перекоз рычага	--	+	--	+	--	--
12	Поломка шарнира соединения, тяг, блоков	--	+	--	+	+	--
13	Обрыв троса	--	--	--	--	+	--
14	Деформация рычага тяги	--	+	+	--	--	+
15	Закупорка трубопровода	--	--	+	+	--	--
16	Обрыв контргруза	--	--	--	+	+	--
17	Разукомплектовка или срыв винтов крепления троса	+	--	--	+	+	+
18	Перекоз ползунка	--	--	--	+	--	--

Таблица 10.6 Привязка гидроавтоматов по объекту "Кривичи-II" Пинского района

NN п.п.	Шифр регулятора	Наименование канала	Регулируемый бьеф	Расход при H=0,5 м, м ³ /с	Площадь увлажнения га	Вес затвора, кг	K ₀	Количество деталей	Количество узлов	K _н совершенства
1	ЗАС 2.5*1.0	Т-9	ВБ,НБ	1,5	200	583	0,388	54	11	3,58
2	АРУ-200	Водовод В-1 от ВП-1	НБ	0,101	100	32	0,316	37	9	2,91
3	КОРТ-20-160	В-1 вос-8К-ЛТ-8	НБ	0,095	20	27	0,284	15	5	2,61
4	ВРДК	В-1 вос-6К-ЛТ-8	НБ	0,077	20	30	0,389	21	8	3,58
5	ЗЗНАРВ	В-1 вос-4К-ЛТ-8	НБ	0,084	20	45	0,529	18	5	4,86
6	АРД-200	В-1 вос-2К-ЛТ-8	НБ	0,097	20	27	0,278	24	6	2,55
7	АРС-200	ОС-8, к-л Т-8	ВБ	0,114	20	98	0,859	24	8	7,89
8	АРД-5	ОС-6, к-л Т-8	УГВ-ВБ	1,55	20	330	0,212	30	9	1,95
9	АРД-7М трехст. двухст. 7Н	ОС-4, к-л Т-8	ВБ	1,55	20	167	0,108	34	4	1,00
		ОС-2, к-л Т-8	ВБ	1,53	20	166	0,108	43	5	0,90
10	АРД-1	Т-8	ВБ	1,55	100	224,5	0,144	34	8	1,33
11	РУЧ-20-150	Т-9	НБ	0,062	180	36	0,572	15	6	5,25
12	ПРУ	Т-12	ВБ	1,65	75	485	0,293	21	4	2,70
13	АРД-4	Т-10	НБ	1,55	100	121	0,078	25	5	0,72
14	АРД-3	Т-10	ВБ	0,4	190	265	0,662	24	8	6,08
15	Сифонный	Т-12-2	НБ	0,12	80	352	1,375	63	12	12,62
16	Коробчатый	Т-12-2	ВБ	1,650	80	420	0,254	49	5	2,34
17	РУД-1	Т-12	НБ	0,108	75	40,5	0,375	34	6	3,44

10.3 Методика исследований средств гидроавтоматизации

Для определения работоспособности различных конструкций регуляторов, а также для оценки точности поддержания заданных уровней воды как в канале, так и в почвогрунтах на объектах "Плещицы" и "Кривичи -II" Пинского района проведены производственные испытания наиболее перспективных конструкций гидроавтоматов (технические схемы ГМС представлены на рис.10.5 и 10.6).

Объект "Плещицы" входит в умеренно-теплую климатическую зону. Средняя годовая температура воздуха составляет (+6,9°)С, среднемесячная температура января (-5,2°)С, минимальная температура достигает (- 35°)С.

Переход среднесуточной температуры через 0°С и разрушение устойчивого снежного покрова в среднем наблюдаются во второй декаде марта. Для весеннего перехода характерны ночные и утренние заморозки, которые прекращаются в III-ей декаде апреля. Однако, заморозки могут наблюдаться даже в I-ой декаде июня. Среднемесячная температура самого теплого месяца (июля) составляет (+18,6°)С. Максимум может достигать (+36°)С. Конец лета и наступление осени, переход среднесуточной температуры через (10°)С и начало заморозков на поверхности почвы наблюдаются в конце сентября. Переход среднесуточной температуры через 0°С отмечается в III-ей декаде ноября.

Продолжительность безморозного периода составляет 169 дней. Среднегодовое количество осадков (норма) с учетом поправочных коэффициентов на ветровой недоучет и на смачивание осадкомерного ведра составляет 703 мм. Сумма осадков за период активной вегетации растений составляет в среднем 220 мм. Продолжительные засухи наблюдаются редко, но сухие перепады в теплое время года, продолжительностью 10...15 дней, в среднем наблюдаются 2...3 раза, 16...20 дней - 1 раз и один раз в период свыше двадцати дней. Сухие периоды, чаще всего, наблюдаются в IV-V и IX-X месяцах, реже - в июле.

Суточное количество осадков меняется в широких пределах, достигая раз в сто лет 86 мм, при средней величине 38 мм.

Максимальная интенсивность осадков по метеостанции Пинск за пятиминутный интервал времени равна 2,4 мм/мин. Наибольшая ливневая деятельность характерна для июля-августа. Годовая величина суммарного испарения с подстилающей поверхности в среднем составляет 575 мм.

Температура поверхности почвы в среднем за год составляет (+8°)С. Абсолютный наблюдаемый минимум составляет (-38°)С, максимум - (+59°)С. Заморозки на поверхности почвы начинаются в I-ой декаде октября, заканчиваются в I-ой декаде мая.

Безморозный период на поверхности почвы на 20 дней короче, чем в воздухе. Средняя его продолжительность составляет 149 дней. Устойчивое промерзание почвы отмечается со II-ой декады декабря. Средняя глубина промерзания почвы 50 см, максимальная - 110 см. Полное оттаивание почвы происходит в I-ой декаде апреля.

При инженерно-геологических изысканиях на исследуемой территории выявлены следующие виды почвогрунтов: торф, песок заторфованный озерных и болотных образований, песок пылеватый, мелкий и средний нерасчлененных аллювиальных отложений поймы и первой надпойменной террасы Припяти.

Мощность торфа колеблется в пределах 0,3...2,6 м, подстиляется он пылеватыми песками и по ботаническому составу осоковотростниковый, гипновотростниковый, степень разложения - слаборазложившийся (25...30%) и среднеразложившийся (35%). Естественная влажность торфа составляет 74,8...90,4%, зольность 13,67...41,8%. Плотность торфа изменяется от 0,64 до 1,03 г/см³, коэффициент пористости от 9,2 до 13,0, коэффициент фильтрации по вертикали изменяется от 0,068 до 0,652 м/сут., при среднем значении 0,32 м/сут., по горизонтали - от 0,04 до 1,139 м/сут., при среднем значении 0,512 м/сут.

Песок заторфованный встречается реже, залегает с поверхности до глубины 1,0...1,2 м и подстиляется пылеватым песком. Песок пылеватый имеет повсеместное распространение. Залегает он как первым от поверхности земли, так и под торфом, заторфованным песком и песком мелким на глубинах от 0,3 до 6,0 м. Средний диаметр частиц песка 0,18 мм. Коэффициент фильтрации его изменяется от 0,5 до 4,1 м/сут., при среднем значении 3,2 м/сут, естественная влажность составляет 14,6...21,2%, удельный вес равен 2,64 г/см³. Плотность при естественном сложении изменяется от 1,98 до 1,53 г/см³. Сквозность и коэффициент сквозности выше УГВ, соответственно, равны 34...38% и 0,52...0,61. Угол естественного откоса пылеватого песка в воздушно сухом состоянии равен 32...33 °, под водой - 28...29 °. Для мелкого песка, который встречается реже, коэффициент фильтрации составляет от 3,8 до 6,0 м/сут.

Песок средней крупности на исследуемой территории имеет значительное распространение. Залегает на 1,5 м от поверхности земли, а под пылеватым песком - на глубине 3,0...6,0 м. Средний диаметр частиц равен 0,33 мм. Коэффициент фильтрации песка средней крупности изменяется от 2,2 до 12 м/сут.

Согласно схеме, представленной на рис.10.5а, на объекте "Плешицы" регуляторы ВБ и УГВ предусмотрены в начале каналов 1-10Д и 1-11Д, а регуляторы НБ - в их концах.

Водный режим почв здесь формируется под влиянием атмосферных осадков, суммарного испарения, притока грунтовых вод из внепольдерной территории и др.

Работа насосной станции в определенной степени влияла на величины испарения и притока грунтовых вод из внепольдерной территории к осушаемому массиву.

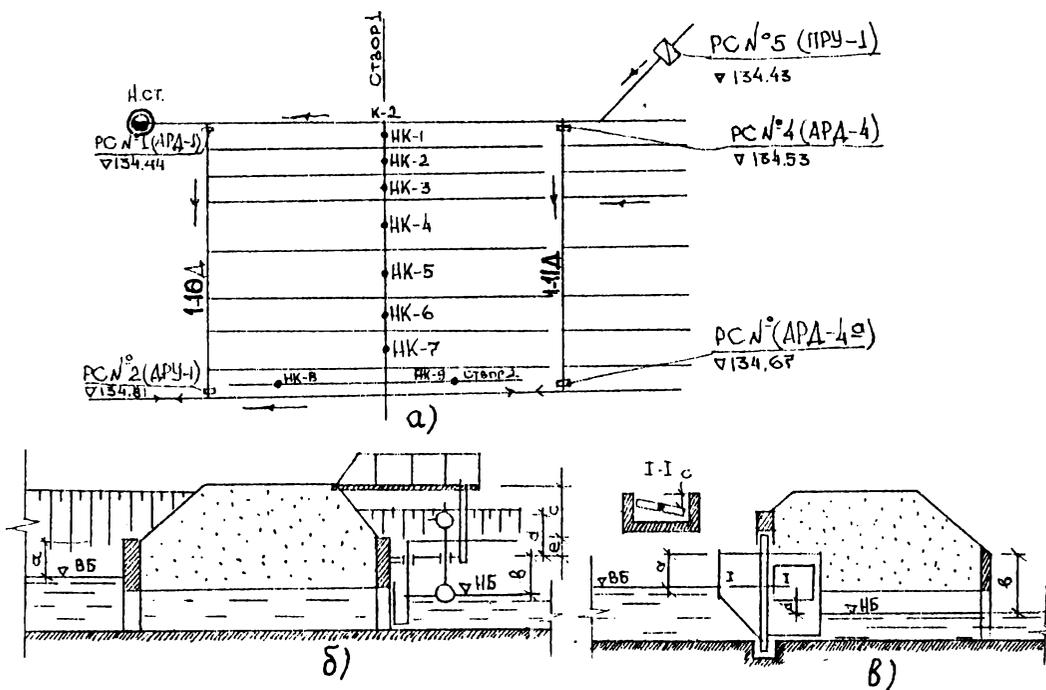


Рис.10.5 Техническая схема осушительно - увлажнительной системы "Плещицы" с привязкой наблюдательного створа (а) и регулирующих сооружений (б; в): РС - регулирующее сооружение; НК - наблюдательные колодцы; б - регуляторы уровней воды в НБ (АРД-4); в - регуляторы уровней воды в ВБ (ПРУ-1).

На водный режим мелиорируемого участка оказывает влияние насосная станция, которая обеспечивает водой летний польдер. Кроме этого, определенное влияние на подпитку мелиорируемой территории оказывают грунтовые потоки. Согласно проведенным замерам, направление грунтового потока было с юго-запада на северо-восток. Так, только в течение июля через сооружение ПРУ, где в затворе предусмотрено сбросное отверстие, пропуск составил 612 тыс.м³, с учетом подкачки водоподающей насосной станцией.

По данным Галковского В.Ф., испарение за период с октября 1983 г. по октябрь 1984 г. составило 564 мм с поверхности земли, хотя режим выпадения атмосферных осадков не способствовал формированию оптимального водного режима на объекте мелиорации. С 1 марта до 8 мая осадков выпало меньше нормы. В этот период более благоприятные условия сложились для проведения посевной. С 25 мая, когда в течение одного дня выпало 29 мм осадков, на некоторых пониженных участках, особенно, в северной части объекта наблюдалось переувлажнение почв, тем более, что насосная станция

была до 4 июля на ремонте.

Неблагоприятное влияние на водный режим оказало фактическое конструктивное решение водопроводящей и осушительной сети. Анализ профилей мелиоративных каналов показывает, что они выполнены не с проектной глубиной, что обуславливает замедление сбросов воды как из сети, так и из почвы. Недоборы до проектных глубин составили до 50...60 см. Вторым фактором, влияющим на своевременный сброс воды с осушаемых земель, явилось невыполнение проектного решения по строительству насосной станции и водопроводящего канала 1-1Д. Дно канала 1-1Д выполнено с недобором 50...70 см от ПК 0 до ПК 0+20 и отметка оси насосных агрегатов завышена на 55см. Недостатком проектного решения явилось строительство водоподводящего канала 1-1Д по центру осушаемого массива. В процессе опытов невозможно было заполнить его водой из-за подтопления прилегающих к каналу территорий.

Территория объекта "Кривичи-II" приурочена к юго-западной части Припятского Полесья и представляет собой аллювиальную равнину, расположенную в бассейне Припяти. Уклон поверхности составляет 0,00005, с общим направлением в сторону Ясельды. Рельеф равнинный, только в юго-восточной ее части встречаются минеральные бугры. Водоприемниками являются Припять и Ясельда. Долина Припяти на участке объекта пойменная, склоны очень пологие. В половодье, при высоких дождевых паводках, пойма покрывается слоем воды 0,3...1,0 м. Русло свободно - меандрирующее. Освоено площадей только в 1988 году около 400 гектаров. Распаханные площади выровнены, но в районе дамб обвалования имеются понижения, которые образованы при строительстве.

Осушаемая территория представлена, в основном, торфяными почвами, мощностью 0,8...0,9 м. Подстилаются торфяники песчаными грунтами, в которых встречаются прослойки (линзы) супеси. В западной части объекта встречаются торфяники, подстилаемые сапропелею, глубиной до двух метров. Коэффициент фильтрации сапропели 0,06 м/сутки. Осушение объекта осуществляется открытой сетью. Осушители проложены через 200 м. Как отмечалось выше, наблюдения за уровнями воды на объекте "Кривичи-II", а также на внепольдерной территории проводились по стандартной методике. Кроме того, использовались данные наблюдений за уровнями воды в Припяти и Ясельде. На рис.10.6 дано расположение гидроавтоматов на объекте "Кривичи-II".

С целью выявления экономии водных ресурсов при помощи средств гидравтоматизации на объекте "Кривичи-II", исследовался режим работы насосных станций и по объему откачиваемой воды и величине приточности из внепольдерной территории определялась оперативность водоуправления. Кроме того, фиксировались температуры воздуха и количество атмосферных осадков. В табл.10.7 приводятся обобщенные данные по регуляторам гидравлического действия, работающим в реальных условиях объекта "Кривичи-II".

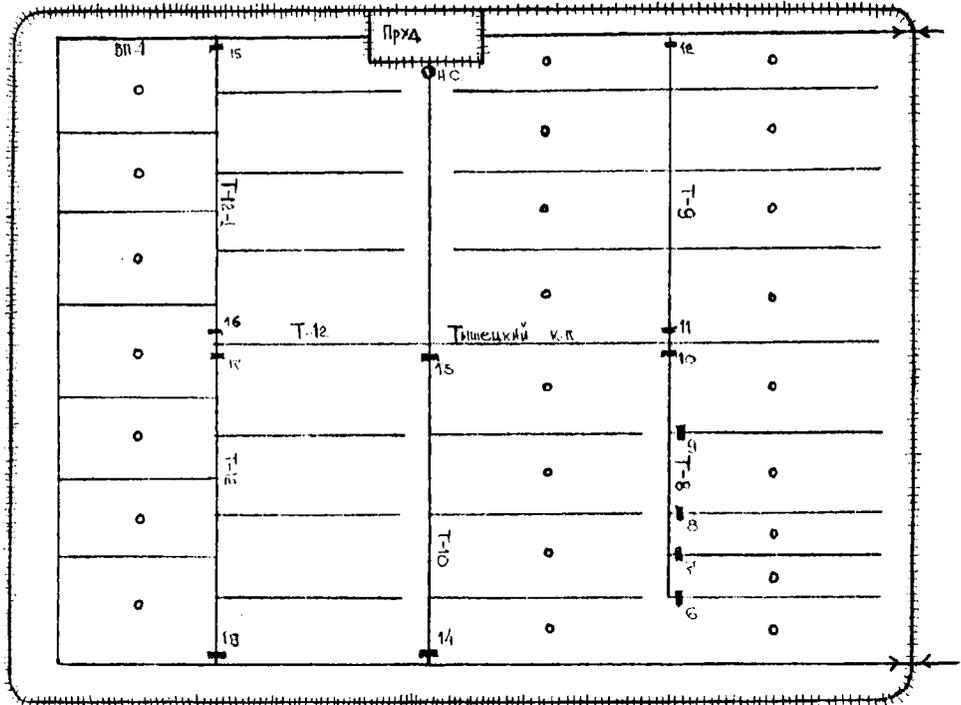


Рис. 10.6 Техническая схема осушительно-увлажнительной системы "Кривичи-II"

10.4 Исследование работы плоских регуляторов с вертикальной осью вращения (ПРУ-I)

Регулятор верхнего бьефа ПРУ-I (плоский регулятор уровней с вертикальной осью вращения) установлен на объекте "Плещицы". Площадь обслуживания регулятором - 228 гектаров. Регулятор состоит из прямоугольного щита, имеющего вертикальную ось вращения, которая разделяет щит на две неравные части. Одна, большая половина, имеет вырез (окно), нижняя водосливная кромка которого расположена на высоте 70 см от дна. Глубина регулирования уровней - 1,3 м. Для возврата затвора в исходное положение, после его открытия, служит возвратный механизм. Принцип работы регулятора заключается в следующем. При установлении горизонта воды в верхнем бьефе на 10...15 см (величина превышения уровня над водосливной кромкой устанавливается расчетом и является для каждого отдельного сооружения неизменной) выше нижней кромки "окна", происходит изменение величин гидростатического и гидродинамического давления на половинки щита, т.е. $P_{л} > P_{п}$. В результате изменения этих сил, затвор поворачивается вокруг вертикальной оси. По мере уменьшения горизонта воды, происходит изменение

действия сил, т.е. $P_n > P_n$ и закрытие затвора. С целью перенастройки регулятора на новый горизонт регулирования, необходимо в пазы "окна" вставить шандоры, высота которых определяется требуемым горизонтом регулирования. При полностью закрытом "окне" затвор работает как переливная стенка.

На рис. 10.7 приведены графики хода уровней воды в верхнем и нижнем бьефах регулятора ПРУ-1, а также величина выпавших атмосферных осадков, среднее значение температуры воздуха и время (час.) работы насосов в течение суток. Полное открытие затвора происходило с 23 апреля до 2 мая. Остальное время затвор находился в закрытом состоянии. Максимальный перепад уровней был зафиксирован 14 июня, который равнялся 28 см. Средняя величина перепада уровней равнялась 8...10 см. За вегетационный период, с апреля по сентябрь включительно, через сооружение было пропущено 340 тыс.м³ воды, что составляет слой воды в 179 мм с обслуживаемой сооружением площади. При выпадении 13,6 мм осадков, вода в канале поднялась на 20 см в течение одних суток, а чтобы снизить уровень до первоначального значения пришлось затратить 7 суток. За это время, насосной станцией откачано воды 141,12 тыс.м³ и через затвор пропущено 24,27 тыс.м³. При средней величине откачиваемого насосной станцией слоя 2,5 мм, уровни воды в канале снижались до 20 мм в сутки. Подъем уровней воды в канале, при различной интенсивности дождя и длительности выпадения его, имел различную величину, которая зависела и от длительности работы насосной станции.

При регулировании уровней воды в канале сооружением с пассивной водосливной кромкой, возмущения реализовывались в течение 5...7 суток. За этот период, уровень в канале понижается на 15...20 см. В случае, если бы насосная станция работала в более интенсивном режиме, скорость снижения уровней воды в канале была бы значительно выше.

Таким образом, оперативное управление уровнями воды в сети и в почве зависит от уровня режима в магистральном канале и работы насосной станции. На рис. 10.7^а видно, что перепад уровней у сооружения колебался в пределах от 15 до 4 см, что недостаточно для увеличения скорости сброса воды из сети.

Необходимо заметить, что с мая по сентябрь уровень воды в канале колебался в пределах ± 10 см. Таким образом, в год со средним количеством осадков, регулирование уровней воды в осушительно-увлажнительной сети можно производить регуляторами с пассивной водосливной кромкой.

По результатам наблюдений (1984...1985 г.г.; 1987...1988 г.г.) видно, что на оперативное управление уровнями воды в мелиоративной сети и в почве в основном влиял режим работы насосной станции, хотя уровеньный режим на осушительно-увлажнительных системах, в целом, зависит от работы всех сооружений (дрен, каналов, регуляторов, насосных станций и т.д.). Однако, выявлены и отрицательные качества затвора (уплотнение недостаточно хорошо держит воду; контргруз меняет свое усилие; плохая фиксация троса-блока; наличие съемных шандор и др.).

Таблица 10.7 Привязка гидроавтоматов на трубчатых регуляторах по объекту "Кривичи-II"

№ п.п.	Наименование канала	ПК	Отметка дна канала, м		Отметка уровня воды, м		Регулируемый бьеф	Расход, л/с	Площадь увлажнения, га	Типоразмер гидроавтом., мм	Марка затвора по ТП
			ВБ	НБ	УВБ	УНБ					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Водовод В-1 от ВП-1	67+30	131,70	132,14	132,90	132,40	НБ	60	100	200	АРУ-200
2	В-1, в ОС-8 к-л Т-8	2+00	132,14	132,14	132,40	132,20	НБ	15	20	200	КОРТ-20-160
3	В-1, ОС-6 к-л Т-8	4+00	132,14	132,14	132,40	132,20	НБ	15	20	200	ВРДК
4	В-1, ОС-4 к-л Т-8	6+00	132,14	132,14	132,40	132,20	НБ	15	20	200	ЗЗНАРВ
5	В-1, ОС-2 к-л Т-8	8+00	132,14	132,14	132,40	132,20	НБ	15	20	200	АРД-200
6	ОС-8 к-л Т-8	0+20	131,50	131,50	133,00	131,80	НБ	40	20	200	АРС-200
7	ОС-6 к-л Т-8	0+10	131,40	131,40	133,00	131,80	ВБ-УГВ	400	20	600	АРД-5
8	ОС-4 к-л Т-8	0+10	131,30	131,30	133,00	131,80	ВБ	400	20	600	АРД-7М
9	ОС-2 к-л Т-8	0+10	131,20	131,20	133,00	131,70	ВБ	400	20	600	АПД-7М
10	к-л Т-8	0+21	131,00	131,00	133,60	131,40	ВБ	600	100	1000	АРД-1
11	к-л Т-9	0+21	131,00	131,00	132,90	132,50	ВБ	450	200	600	ЗАС-2,1*1,0
12	к-л Т-9	12+51	131,79	131,25	133,30	131,50	НБ	320	180	600	АПД-4
13	ОС-2 к-л Т-9	0+10	131,20	131,20	--	--	--	400	200	600	Облегченный
14	ОС-4 к-л Т-9	0+10	131,40	131,40	--	--	--	--	20	--	ТПО-1-60

Продолжение таблицы 10.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15	ОС-6 к-л Т-9	0+10	131,60	131,60	--	--	--	--	20	-"-	ТП-60
16	ОС-8 к-л Т-9	0+10	131,80	131,80	--	--	--	--	20	-"-	ТП-60
17	ОС-10 к-л Т-9	0+10	131,80	131,80	--	--	--	--	10	-"-	ТП-60
18	к-л Т-10	9+36	131,10	131,00	132,90	131,50	НБ	800	190	600	РУЧ-200
19	к-л Т-10	0+21	131,81	131,30	133,10	131,50	ВБ	400	190	600	АРД-3
20	к-л Т-12-2	9+10	131,86	131,40	132,90	131,60	НБ	120	80	600	Сифонный
21	к-л Т-12-2	0+13	131,20	131,20	132,90	131,70	ВБ	400	80	600	Ковшовый
22	к-л Т-12	9+40	131,18	131,18	132,90	132,20	ВБ	400	75	600	ПРУ, металл, изготовл. в ПКО
23	к-л Т-12	1+16	131,50	131,50	133,00	132,50	НБ	40	75	300	РУД-1
24	к-л Т-12, ОС-2	0+10	131,20	131,20	--	--	--	--	--	600	--
25	ОС-4	0+10	131,30	131,30	--	--	--	--	--	600	--
26	ОС-6	0+10	131,40	131,40	--	--	--	--	--	600	--
27	ОС-8	0+10	131,45	131,45	--	--	--	--	--	600	--

Перспективные средства гидроавтоматизации

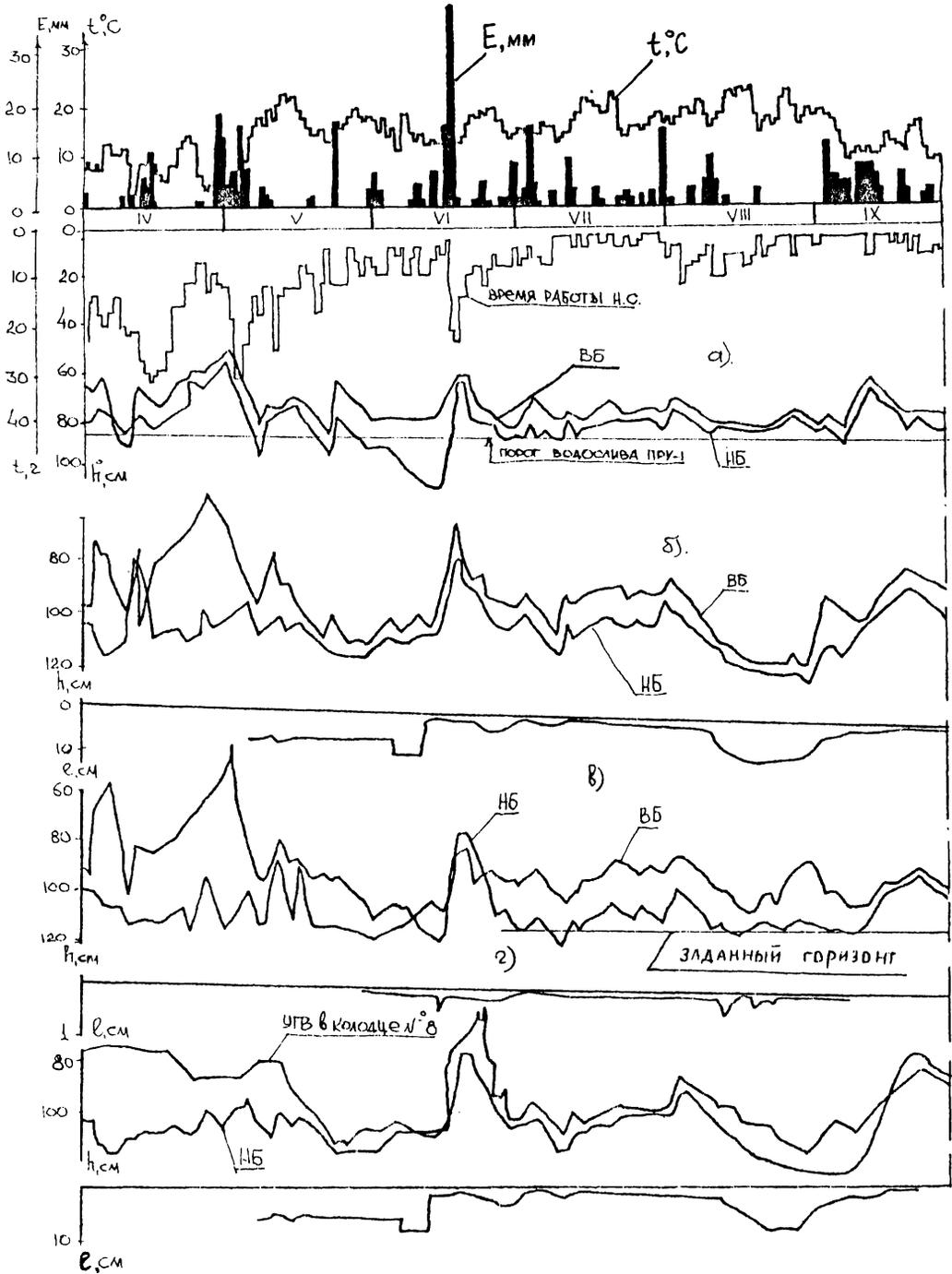


Рис.10.7 Графики работы регуляторов по управлению уровнями воды в каналах: ПРУ-1 (а), АД-4, NI (б), АД-4, N4 (в) и ход уровней воды в нижнем бьефе и межканальном пространстве (г), в связи с работой насосной станции (h_0), температурой воздуха (t° С, величиной атмосферных осадков (Е) на объекте "Плешицы".

Точность поддержания уровня воды зависит от пропускаемого расхода, но даже в тот момент, когда затвор был закрыт, превышение уровня над порогом было не более 10...15 см. В период с середины июня и до середины августа, уровни воды в канале держались чуть ли не на одной отметке (колебания в пределах $\pm 4...5$ см).

Как отмечалось выше, растительные остатки не оказывали отрицательного воздействия на работу сооружений. Более того, в период летней межени, за счет травянистых остатков, происходила как бы "конопатка" всех отверстий, что в значительной степени снижало потери воды через уплотнения. В период открытия затвора, все скопившиеся перед сооружением растения, при затопленном входе в трубу, сосредотачиваются в ковшевой части за затвором. При снижении уровней в нижнем бьефе, вся растительность постепенно транспортируется водой вниз по каналу.

По результатам проведенных производственных опытов можно сделать вывод, что: 1) для обеспечения оптимального водного режима необходимо, чтобы насосные станции работали в автоматическом режиме с программным заданием стабилизации в зависимости от фаз развития растений; 2) на водный режим отрицательно влияет объединение функций одного канала как водоподводящего, так и водосбросного; 3) в водосбросном канале необходимо в вегетационный период поддерживать минимально допустимый уровень воды, а в водоподводящем - максимальный.

10.5 Исследование работы регуляторов нижнего бьефа (АД-4)

Для обеспечения водоподдачи в коллекторную и осушительную сеть на каналах 1-10Д и 1-11Д, у истоков, построены регуляторы нижнего бьефа. Регулятор состоит из основы, на которой крепится дроссельный затвор с горизонтальной осью вращения. Затвор соединен шарнирно с тягой, которая крепится, так же шарнирно, к рычагу. Рычаг имеет по центру ось вращения, а с другой стороны к нему шарнирно крепится тяга поплавка. Для недопущения отгона поплавка при пропуске расходов, тяга поплавка оснащена ограничителем горизонтального перемещения.

Принцип работы регулятора заключается в следующем: отпуская стопорные болты на рычаге, перемещают тягу поплавка, совместно с поплавком, и задают необходимый горизонт регулирования. В нижнем положении, тягу поплавка крепят на шарнире рычага. По мере опускания уровня воды в нижнем бьефе, поплавок, следуя за уровнем, передает усилие через рычаг на тягу затвора, которая, в свою очередь, приводит в движение дроссельный затвор, открывая его или закрывая, в зависимости от направления перемещения. Очевидно, что конструкция простая, имеет всего пять шарнирных соеди-

нений и два основных узла.

Нами также разработаны и испытаны конструкции регулятора нижнего бьефа с дроссельным затвором. Отличительной особенностью их является размещение поплавка.

Если в первой схеме, поплавок расположен непосредственно в канале, то во втором случае - он расположен в колодце со стороны верхнего бьефа, как и сам затвор. Конструкциям присвоен индекс АРД-4 и АРД-4а (автоматический регулятор дроссельный четвертой модификации). Достоинство конструкций заключается в том, что они имеют низкую металлоемкость и простоту в настройке. На замену вставки требуется не более одной минуты на сооружение. При перепаде уровней 0,1 м и понижении горизонта воды в нижнем бьефе $\Delta h=0,1$ м, регулятор пропускает 60...100 л/с. При такой величине подпитки, сооружение может обеспечить управление уровнями воды на площади до 100 га. Значит, для работы регулятора по управлению нижним бьефом, данная конструкция вполне приемлема.

Предложенные конструкции имеют как достоинства, так и недостатки. При размещении поплавка непосредственно в канале упрощается работа регулятора в зимних условиях. По проведенным двухлетним наблюдениям установлено, что в солнечные зимние дни поплавок освобождается от льда и может свободно перемещаться в пространстве. В тех случаях, когда лед не влияет на поворот затвора, им можно свободно управлять. В то же время, при размещении поплавка в колодце он до весны оставался вмерзшим в лед.

Работа регулятора, размещенного в верхнем бьефе, эффективнее, чем в нижнем бьефе. В этом случае, гидростатические и гидродинамические силы содействуют более плотному примыканию затвора к уплотнению. Кроме того, в момент закрытия затвора, эти силы способствуют его повороту. Достоинством регулятора с поплавком, размещенным в колодце, является и то, что в закрытом состоянии на поплавок меньше влияют прочие воздействия (плавающие предметы, любопытствующие люди и т.п.).

Стоимость этих конструкций примерно одинаковая, технология строительства регулятора с колодцем более сложная, чем варианта с размещением поплавка в открытом канале.

Работа регуляторов исследовалась на объекте "Плещицы" (изменение уровней воды в бьефах, положение поплавка и др.).

На рис. 10.7^{б,в} показаны кривые хода уровней воды в нижнем бьефе регуляторов АРД-4, N I и N 4, а также динамика изменения атмосферных осадков, температуры воздуха, время работы насосов, ход уровней воды в верхнем бьефе и перепад уровней воды в апреле-сентябре.

Анализ полученных данных позволяет констатировать, что регуляторы работали надежно весь теплый период. При отклонении уровней воды в нижнем бьефе на величину 6 см, затвор открывался и пропускал до 70 л/с при перепаде 18 см. Время, затраченное на стабилизацию уровня воды в нижнем бьефе, - трое суток. Обслуживаемая соору-

жением осушаемая территория - 195 гектаров. Регулятор АРД-4, NI неоднократно работал при открытых затворах. В мае и июле открытие затворов осуществлялось с экспериментальной целью, в июле - сентябре - сооружение работало без внешнего вмешательства. В засушливый период (август) уровни в нижнем бьефе опустились ниже заданного горизонта на 16 см, а затвор повернулся примерно на 50° . При наличии перепада уровней - $Z=0,1$ м, регулятор может пропустить до 100 л/с воды. Точность поддержания заданного горизонта воды в канале не менее ± 12 см. Открытие затвора происходило и при малых величинах снижения уровня (1...2) см.

В целом, следует отметить, что работа регулятора АРД-4 зависит от регулирующего сооружения, установленного в низовье канала. При различных глубинах воды, в канале формируется своя кривая спада и возникает необходимость учета уклона канала и уровней стабилизации. Следует отметить высокую работоспособность и надежность регуляторов АРД - 4. За двухлетний период эксплуатации не было отказов в их работе. На рис. 10.7^г показаны кривые хода уровней воды в нижнем бьефе и межканальном пространстве (точность ± 10 см), что свидетельствует о приемлемости подобных регуляторов для управления уровнями воды в открытой сети и УПВ на мелиорируемых землях.

За летний период, сооружение лишь единожды настраивалось на расчетный горизонт воды (105...120 см). Управление уровнями воды в мелиоративной сети осуществляется с учетом обслуживаемой сооружением площади. Чем больше площадь, тем реже проводится перенастройка регулятора. Площадь зеркала воды в каналах на объекте "Плещицы", обслуживаемых одним регулятором, составляет, в среднем, 122 тыс. м². Урожайность сельскохозяйственных культур на полях, обслуживаемых гидроавтоматами, на 3...4 ц. к. ед. выше, чем на площадях с ручным управлением уровнями воды. Это доказывает эффективность работы подобных сооружений при формировании максимального урожая.

10.6 Исследование работы регулятора верхнего бьефа и УГВ (АРД-6 и ДРУ-1)

Регулятор АРД-6 состоит из дроссельного затвора на горизонтальной оси, двух колодцев, в которых размещаются датчики уровней (поплавки), соответственно, верхнего бьефа и УГВ. Конструкция очень простая, т. к. имеет всего два основных узла. Принцип работы регулятора заключается в следующем. Датчики уровней воды в колодцах устанавливаются на требуемый горизонт регулирования, для чего закрепляется стопорное устройство на штанге в необходимом положении. При повышении уровня воды в сети, или почве, датчик уровня всплывает, упирается в стопорное устройство, которое передает усилие через штангу на рычаг; так как рычаг жестко закреплен на оси затвора, поворот рычага вызывает, соответственно, поворот дроссельного затвора с одновременным сбросом воды из верхнего бьефа. Понижение уровня воды в канале приводит к опусканию датчика уровня верхнего бьефа. При этом, поплавков опускается на рычаг и собст-

венным весом содействует закрытию затвора. В то же время, если УГВ не снизился до заданного значения, то поплавков удерживает затвор в открытом состоянии.

На рис.10.8 показана расчетная схема регулятора АРД-6 по управлению уровнями воды в канале и почве. С целью определения усилий, необходимых для открытия затвора, составим уравнения моментов для двух случаев, когда:

1) уровень воды в одном колодце изменился на величину Δh , а во втором - остался постоянным и тогда -

$$P_1 = \frac{2 \cdot G_3 \cdot \ell \cdot \cos \alpha + 2 \cdot g \cdot \ell^2 \cdot \cos \alpha + [G_1 + (P_3 + P_4)] \cdot f + P_3 \cdot n - P_4 \cdot m}{\ell \cdot \cos \alpha}; \quad (10.38)$$

2) уровень воды в колодце УГВ изменился на величину Δh , а в ВБ - снизился, обеспечивая опирание поплавка на рычаг и, соответственно -

$$P_1 = \frac{2 \cdot G_3 \cdot \ell \cdot \cos \alpha + 2 \cdot g \cdot \ell^2 \cdot \cos \alpha + P_3 \cdot n - P_4 \cdot m + [G + (P_3 + P_4)] \cdot f + G \cdot \ell \cdot \cos \alpha}{\ell \cdot \cos \alpha}. \quad (10.39)$$

Анализируя представленные уравнения, можно заметить, что при расчетах по первому случаю, при положении горизонта воды в колодце ВБ ниже оси затвора, он может закрыться под действием силы тяжести от поплавка ВБ. Если ставится задача о недопустимости закрытия затвора при полном опорожнении колодца ВБ, то расчет необходимо вести по второму случаю, допуская определенную величину погружения поплавка и закрытия затвора. Управление уровнями воды регулятором АРД-6 осуществляется оперативно и это подтверждается ходом уровней воды в сети и в почве на фоне температур воздуха, атмосферных осадков и режима работы насосной станции (рис. 10.9). В апреле-мае нами исследованы время опорожнения открытой сети и время реализации возмущений в почве и сети: срабатывание гидроавтомата происходит при возмущении 2...5 см и за 10 минут уровень воды около сооружения снижается на 18 см, а через 30 мин. - на 20...26 см; за 75 минут уровень воды у сооружения понижается на 36 см, а на расстоянии 1760 м от сооружения - на 3,5 см, пропускаемый сооружением расход, в это время, составляет 0,62 м³/с, причем, время реализации возмущений в почве и сети составляет от 2 до 12 дней. Начало открытия затвора происходит при превышении уровня воды над заданным горизонтом на 5...7 см, иногда, и на 2...3 см, все зависит от величины перепада. Приведенные данные указывают на достаточную чувствительность сооружений к изменениям уровней воды в канале и почвенном горизонте.

Работоспособность сооружения исследовалась как в летний, так и в зимний периоды. Регулятор на зимний период не демонтировался и оставался в закрытом положении. В результате установлено, что при повышении уровней воды в канале и в почве появлялась возможность при помощи тяги открыть и зафиксировать затвор. Вода сбрасывалась из канала, а поплавки оставались как бы в зависшем положении вместе со льдом.

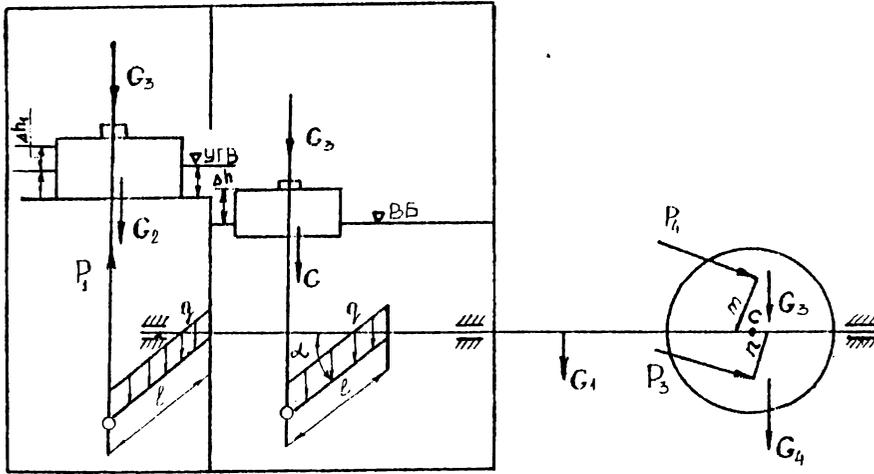


Рис.10.8 Расчетная схема регулятора АРД-6 (верхнего бьефа и УГВ): G_1 - вес тяги; G_2 - вес поплавка УГВ; P_1 - выталкивающая сила; L - длина рычага; q - вес одного погонного метра рычага; G - вес оси; P_3 и P_4 - соответственно, гидростатическое и гидродинамическое давления; n и m - расстояние от оси до центра приложения силы.

Растительные остатки, которые скапливаются у сооружения, не мешают открытию затвора. Более того, в августе, когда в почве ощущается недостаток влаги, травянистые остатки как бы закупоривают все щели, снижая потери воды, просачивающейся через уплотнения. При открытии затвора, все растительные остатки потоком воды смываются. Результаты наблюдений свидетельствуют о круглогодичной работоспособности регулятора АРД-6. Однако, необходимо предусмотреть фиксирующее приспособление для возможного стопорения затвора в открытом положении на зимний период.

Управление уровнями воды в открытой сети и в почве можно осуществлять с помощью регулятора ДРУ-1.

Регулятор состоит из следующих основных частей: дроссельного затвора с вертикальной осью вращения, который крепится на основе, вставленной в пазовую раму и закрепленную болтами; рычага с ползунком; тросового соединения; контргруза; трехсекционного регулирующего элемента, а так же трехсекционного колодца, который с помощью трубопроводов соединяется с каналом и с колодцем-поглотителем. Колодец-поглотитель установлен в 30 метрах от канала.

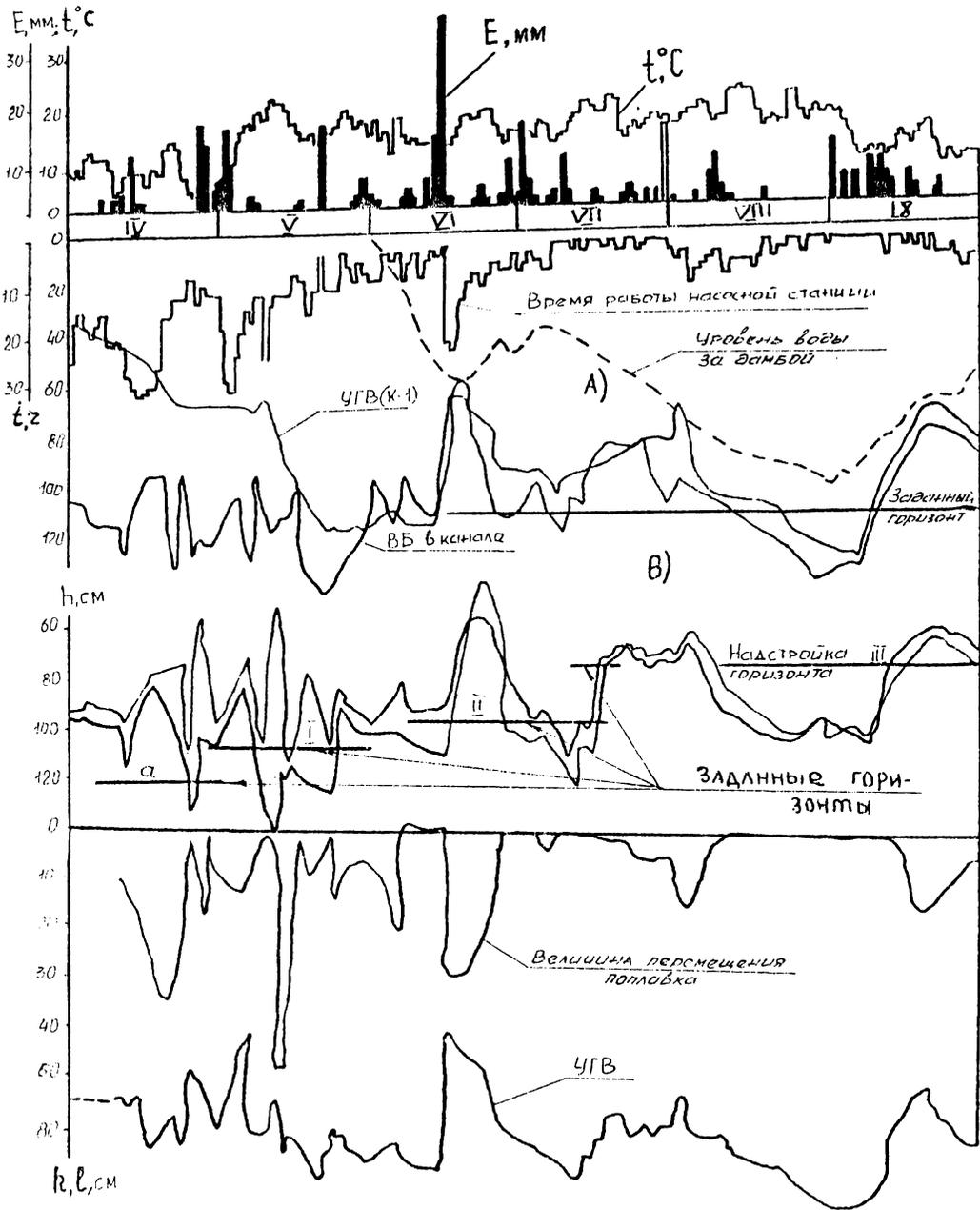


Рис.10.9 Графики управления уровнями воды в канале и в почве регуляторами ДРУ-1 (А), АРД-6 (В) и графики хода уровней воды за дамбой на объекте "Плешицы": Е - динамика атмосферных осадков, мм; $t^{\circ}\text{C}$ - температура воздуха; t - время работы насосной станций, час.; К - величина перемещения поплавка, см; I - глубина залегания УГВ, см.

Принцип работы регулятора заключается в следующем: с помощью ползунка осуществляется его настройка на требуемый уровень регулирования, для чего рычаг поворачивается на требуемый угол, а ползунок крепится жестко к тросу. При понижении уровня в почве или канале, регулирующий элемент перемещается вниз и при помощи троса и рычага содействует закрытию затвора. При повышении уровня воды в канале, регулирующий элемент всплывает и происходит открытие затвора. Конструкция простая, как в настройке, так и в обслуживании. За вегетационный период, практически, пришлось только один раз настроить регулятор на требуемый горизонт регулирования.

В верхнем бьефе канала уровень воды устанавливался на глубине 110 см от поверхности земли, а в почве - на 58 см. На осушенных землях возделывались травы и зерновые культуры с подсевом трав. Разность отметок поверхности земли вышерасположенных площадей и у сооружения составляет 30...35 см. Как формировались уровни на вышерасположенных площадях, дает представление рис. 10.10. Уровни воды в почве на всей территории, обслуживаемой регулятором ДРУ-I, не опускались ниже 110 см от поверхности земли и не поднимались выше 10...15 см на нижней и на 60 см - на верхней части мелиорируемого участка.

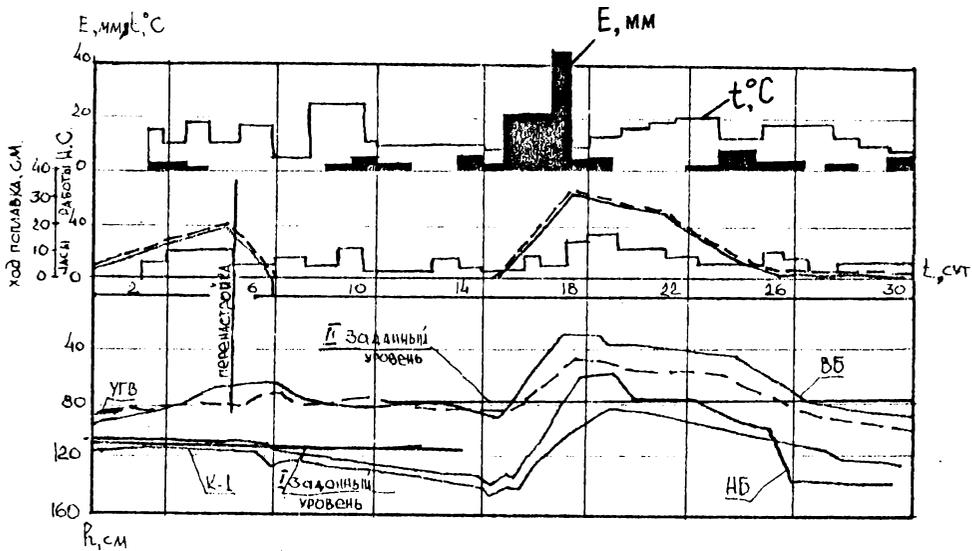


Рис.10.10 График работы регулятора ДРУ-I при управлении уровнями воды в верхнем бьефе канала и в почве на объекте "Плешицы" за июнь 1986 года (обозначения см. на рис.10.9).

Рассмотрим, как обеспечивался пропуск расходов воды через сооружение. Если принять, например, возмущение в почве и в канале по состоянию на 15...17 июня, то по-

сле определенных расчетов получаем, что общий объем воды, пропускаемый сооружением за одиннадцать дней, будет равен 8,47 тыс.м³, что соответствует 44,7 мм слоя воды. За этот же период насосной станцией было откачано 221,68 тыс.м³ воды со всего мелиорируемого массива.

Даже при сложившихся нехарактерных условиях, сооружение обеспечивало полный сброс воды с обслуживаемой территории. В данном случае, если бы насосная станция работала на полную мощность, время реализации возмущений в канале и в почве значительно бы сократилось. При создании насосной станцией перепада, равного 0,3 м, пропускаемый сооружением расход составляет 0,189 м³/с, что сокращает время реализации возмущений в 2,24 раза, т.е. вместо одиннадцати суток, уровни снижаются за 5,0 суток. Таким образом, регулятор вполне обеспечивает пропуск необходимого расхода при условии создания требуемого режима в водоприемном канале.

На основании проведенных наблюдений, установлены следующие недостатки регулятора. В весенний период в трехсекционном колодце управляющие элементы находятся в нерабочем состоянии (вмерзают в лед). Настройка регулятора для автоматического поддержания уровней воды в сети не производилась в течение 9...12 суток после посевной, что видно из графика (рис.10.10).

Металлоемкость изготовленной конструкции регулятора несколько завышена и стеснено обслуживание многих его элементов. Снизить металлоемкость затвора вполне возможно. С этой целью, необходимо отказаться от контргруза (54 кг) и уменьшить геометрические размеры основного элемента, вес которого более 500 кг. Принцип работы регулятора ДРУ-2 не отличается от ДРУ-1. Однако, эта конструкция обладает тем преимуществом, что регулятор можно настраивать на различный перепад уровней в почве и в канале (при взаимном перемещении поплавков). Это позволяет использовать сооружение как регулятор смешанного действия (перепада уровней, или верхнего бьефа, или УГВ).

В табл.10.8 приведены опытные данные о времени реализации возмущений как в канале, так и в почве регулятором ДРУ-1. Очевидно, что скорость снижения уровней зависит, в основном, от производительности насосной станции, работающей в зависимом режиме от УГВ, естественно, с определенной блокировкой по уровням воды в открытой сети, когда режим ее работы (количество одновременно работающих насосов) увязывается с объемом выпавших атмосферных осадков. При оперативном управлении уровнями воды в мелиоративной сети, большое значение имеет гидравлическая составляющая регулирующей сети, поэтому, качество ее исполнения должно строго контролироваться и своевременно улучшаться.

Для оперативного управления уровнем режимом, площадь обслуживания одним регулятором должна составлять 50...70 (максимум - 100) гектаров. Эти условия вполне отвечают требованиям аграриев о размерах одного поля севооборота.

Как отмечалось ранее, время снижения УГВ при различном возмущении и ин-

тенсивности работы насосной станции находится в пределах 3...18 суток. Результаты проведенных расчетов времени, необходимого для снижения уровней воды в почве, в зависимости от глубины залегания воды в канале и исходного в почве показывают, что, при расстоянии между осушителями 220 м, фактическое время снижения, ориентировочно, равнялось расчетному. Так, по расчету время снижения УГВ от отметки 0,3 до 0,6 м, при расположении зеркала воды в канале от поверхности земли на глубине - 1 м, расчетное время составляло 14,8, фактическое - 12...17 суток. Таким образом, применение регуляторов непрямого действия практически не ускоряет снижения воды в сети, т.к. разность в снижении уровней воды в канале регулятором прямого и непрямого действия будет равна ориентировочно 0,5...1,5 ч. в зависимости от площади обслуживания.

Изменение положения поплавка (Δh) сооружения ДРУ-I можно описать следующим образом

$$\Delta h = 0,666 \cdot \Delta h_{\text{л}} + 0,333 \cdot \Delta h_{\text{п}}, \quad (10.40)$$

где $\Delta h_{\text{л}}$ и $\Delta h_{\text{п}}$ - изменение уровня воды, соответственно, в левом и правом отсеках, м.

При перемещении поплавков, изменяется положение рычага привода дроссельного затвора. Это перемещение описывается уравнением

$$\Delta \ell = 0,707 \cdot (1 - \cos \alpha + \sin \alpha), \quad (10.41)$$

в котором m - максимальное расстояние от оси затвора до крайнего положения ползунка; α - угол поворота рычага.

При данном перемещении, площадь истечения составит

$$\omega = \pi \cdot r \cdot \left[r \cdot \frac{\Delta \ell - 0,707 \cdot m \cdot (1 - \cos \alpha)}{0,707 \cdot m} - t \right], \quad (10.42)$$

где r - радиус дроссельного затвора, м; t - толщина диска дроссельного затвора, м. На основании полученных зависимостей, пропускная способность регулятора рассчитывается как

$$Q = \mu \cdot \pi \cdot r \cdot \left[r \cdot \frac{\Delta \ell - 0,707 \cdot m \cdot (1 - \cos \alpha)}{0,707 \cdot m} - t \right] \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot Z}, \quad (10.43)$$

где μ - коэффициент расхода; Z - перепад уровней, м.

Для характеризуемой конструкции регулятора ДРУ-I, определен диапазон автоматического управления уровнями (разность между максимальной и минимальной регулируемой глубиной), который равен 60 см.

Анализ динамики УГВ показывает, что на осушенных землях, в принципе, поддерживается оптимальный водный режим, который отвечает фазам развития растений (в 1987 г. на исследуемой территории возделывались зерновые культуры - рожь, ячмень, овес). Средний урожай зерновых составил 38 ц/га. Настройка регулятора производилась три раза за вегетационный период.

Таблица 10.8 Величины возмущений в канале, почве и время их реализации регулятором ДРУ-1

№ п.п.	Дата	Осадки, мм	Период наблюдений, дней	Величина откачки воды, тыс.м ³	Величина изменения уровней, см		Степень открытия затвора, перепад, дни	Время подъема уровня, дни		Время реализации возмущений, дни		Слой откачки воды, мм	
					в канале	в почве		в канале	в почве	в канале	в почве		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	30.IV	10,1	8	30,24	ГЛ.124 +3	ГЛ.25	$\Delta h = 4$ см	5	4	3	4	3,3	
	1.V	2,6		35,28	+3								3,8
	2.V	5,5		55,44	+4	+4							5,9
	3.V	12		60,48	+3	+2							6,4
	4.V	7,1		50,40	+5	+4	5,4						
	5.V			50,40	+2	+2	5,4						
	6.V			30,24	-20	-8	3,4						
	7.V			45,36	-8	-2	4,8						
2	15.VI	20,6	11	12,6	+26	0	$\Delta h = 6$ см открыт	3	2	9	11	1,4	
	16.VI	42,4		5,04	+30	+48							0,5
	17.VI	0,4		25,2	+2	+1							2,7
	18.VI			60,48	-2	-2							6,4
	19.VI			35,28	-2	-2							3,8
	20.VI												
	21.VI				-4	-3							
	22.VI	1,0		20,16	-10	-8	отк. 11 дней $\varphi = 45^\circ$						2,1
	23.VI	4,4		20,16	-6	-4	2,1						
	24.VI	0,3		20,16	-10	-4	2,1						
	25.VI	0,3		22,6	-14	-8	2,2						
	69,4	221,68				23,3							

Продолжение таблицы 10.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	29.VI	9,2	11	20,16	+2	+1	$\Delta h = 18$ см отк. 7 дней открыт $\varphi = 7^\circ$	4	5	7	7	2,1
	30.VI	1,4		10,08	+4	+2						1,1
	1.VII	2,7		20,16	+4	+1						2,1
	2.VII	16,2		15,12	+3	+1						1,6
	3.VII	4,1		10,08	+3	+1						1,1
	4.VII			15,12	-2	-3						1,6
	5.VII			15,12	-2	-1						1,6
	6.VII	0,4		20,16	-6	-1						2,1
	7.VII	2,2		20,16	-4	-5						2,1
	8.VII			5,04	-4	-4						2,1
9.VII	2,3	5,04	-4	0	1,0							
	38,5		156,24								16,4	
4	31.VII	0,1	8	15,12	+10	+27	$\Delta h = 5$ см отк. 8 дней открыт $\varphi = 32^\circ$	2	2	8	11	1,6
	1.VIII	0,3		10,08	+4	+1						1,1
	2.VIII			10,08	-4	-4						1,1
	3.VIII			30,24	-8	-6						3,3
	4.VIII			20,16	-8	-4						2,1
	5.VIII	2,9		20,16	-4	-4						2,1
	6.VIII				-4	-4						1,8
	7.VIII			17,64	-4	-2						
	3,3		123,48								13,1	

Первая настройка затвора осуществлена для поддержания горизонта воды на уровне 60 см от поверхности земли (с начала апреля до конца мая), при отклонении уровней от заданной величины в рассматриваемый период, равном ± 10 см.

Вторая настройка регулятора ДРУ-I была проведена в третьей декаде мая на глубину стабилизации уровней воды в почве и в канале на отметке 110 см от поверхности земли. Третий раз регулятор был настроен во второй декаде сентября на уровень 90 см. Таким образом, за весь вегетационный период сооружение переналаживалось три раза, что и позволило создать более благоприятные водно-воздушные условия для сельскохозяйственных культур.

Из-за зимнего промерзания колодцев, в которых размещены поплавки, невозможно управление уровнями воды в весенний период (оттаивание поплавков в колодцах происходит через полторы - две недели после схода льда в каналах). В связи с этим, рекомендуется на зимний период затворы держать в открытом положении.

На долговечность сооружений влияет своевременное проведение технических уходов (очистка деталей от ржавчины, сооружения - от мусора, покраска его составных элементов).

Опыт эксплуатации регулятора ДРУ-I подсказывает необходимость внесения некоторых конструктивных изменений. Например, контргруз можно заменить гидростатической силой, для чего достаточно ось затвора разместить асимметрично. Величину смещения можно определить по известным уравнениям гидравлики, приняв за исходную величину силы расчетный вес контргруза.

Нами, на основании результатов производственных и лабораторных испытаний, разработано несколько модификаций регуляторов типа АРД, позволяющих автоматически поддерживать требуемые уровни воды в сети и в почвенном слое.

Разработанные конструкции регуляторов позволяют управлять уровнями воды в каналах в широком диапазоне по всей их глубине. Причем, для автоматического управления уровнями используется энергия потока.

Регуляторы типов АРД-1, 2, 3 (рис.10.11) предназначены для поддержания требуемых уровней воды в верхнем бьефе сооружений, АРД-4, 5 - для управления нижним бьефом и АРД-6 - для управления верхним бьефом и непосредственным уровнем воды в почвогрунтах.

Конструкция каждого регулятора легко перестраивается для управления уровнями воды в верхнем или нижнем бьефах. Так, конструкцию автоматического затвора для управления уровнем в верхнем бьефе и уровнем воды в почве можно перенастроить на управление только верхним бьефом или уровнем воды в почве. В других же конструкциях достаточно дополнительно установить равноплечий рычаг, и регулятор может управлять уровнем в нижнем бьефе.

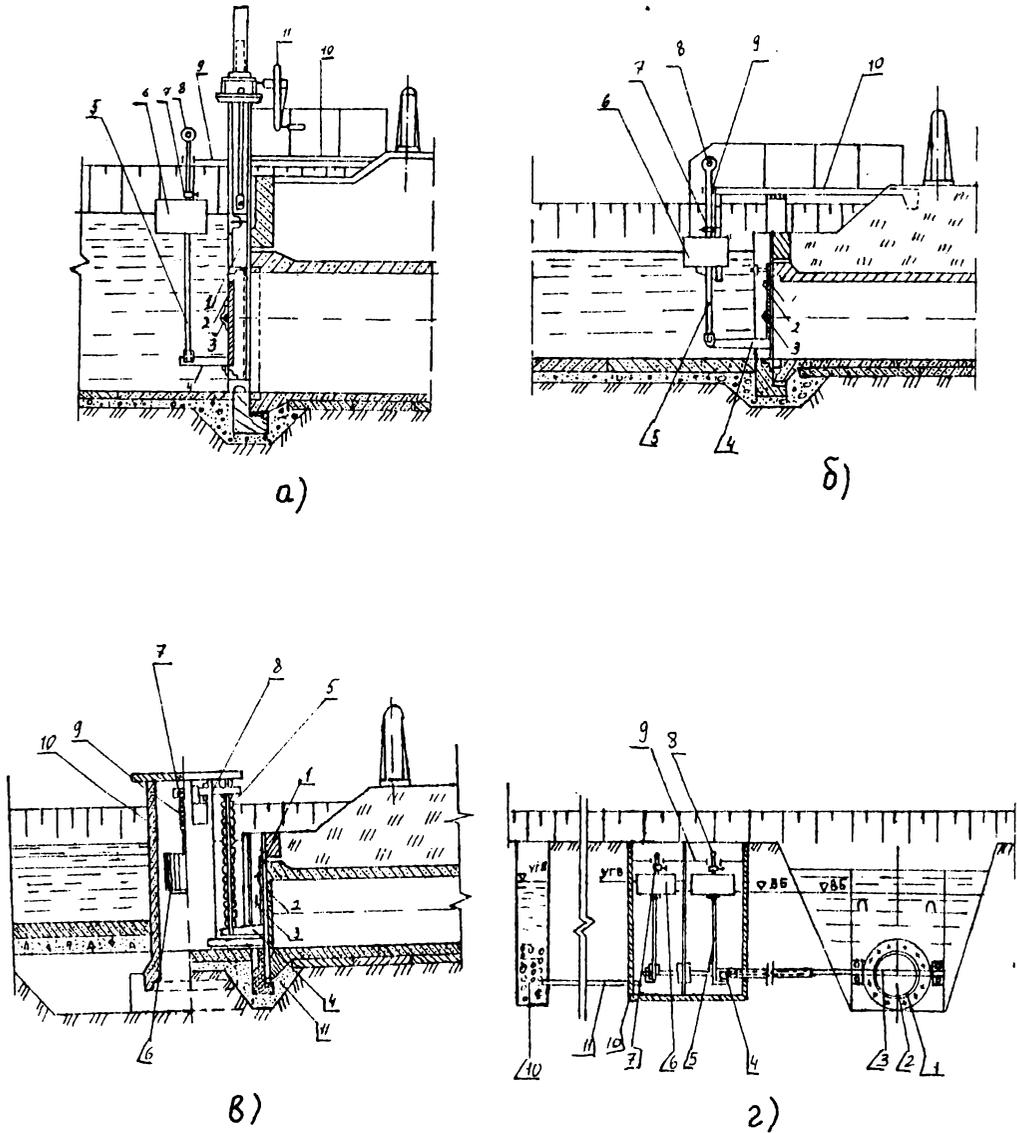


Рис. 10.11 Конструкции регуляторов типов АРД-I (а), АРД-2,3 (б), АРД-4,5 (в) и АРД-6 (г): обозначения представлены по тексту.

Конструкции регуляторов состоят из основы (1), выполненной в виде плоского щита, на котором крепится дроссельный затвор (2) с горизонтальной осью вращения (3). К дроссельному затвору, на определенном расстоянии от оси вращения, или непосредственно на оси, крепится рычаг (4), шарнирно соединенный с тягой (5), на которой для ре-

гуляторов ВБ и уровней воды в почве свободно устанавливается поплавков (6). В регуляторах НБ, тяга (5) шарнирно соединяется с равноплечим рычагом (8), тягой (9) и поплавком (6).

Для задания регулируемого уровня воды в сети служит стопорное устройство (7), которое свободно перемещается по тяге (5), а в регуляторах НБ - оно размещено на равноплечем рычаге (8).

Регуляторы верхнего бьефа имеют служебный мостик (10), к которому крепится ограничитель смещения (9) тяги (5). К тяге приваривается ручка (8).

У регулятора нижнего бьефа равноплечий рычаг (8) крепится на колодце (10), который предусматривается со стороны верхнего бьефа, и соединяется при помощи патрубков и гибкого шланга (11) с уровнем воды в нижнем бьефе. Регулятор верхнего бьефа и уровень воды в почве имеет три колодца, в двух из них размещаются поплавки, которые служат для открытия затвора, а один колодец устанавливается на расстоянии 30...50 м и служит для каптажа воды и передачи уровня в колодец, где размещается поплавок (6) для управления УГВ.

Для включения регулятора АРД в работу, требуется установить, при помощи стопорного устройства (7), необходимый уровень регулирования воды в сети. При повышении горизонта воды в сети, поплавок (6) всплывает и упирается в стопорное устройство (7) и передает усилие через тягу (5) и рычаг (4) затвору (2), который поворачивается вокруг оси (3), при этом, вода из верхнего бьефа сбрасывается в нижний. По мере уменьшения горизонта воды в верхнем бьефе, затвор под действием гидростатических и гидродинамических сил закрывается.

Применение дроссельных регуляторов на ряде мелиоративных объектов Полесья позволило получить экономический эффект 40...60\$ с гектара осушенных земель.

Ежегодные затраты на эксплуатацию дроссельных затворов составляют 170...230 \$. Экономический эффект от внедрения одного сооружения равен 950...1100 \$ в год. Время настройки гидроавтоматов на новый горизонт регулирования не более 1 минуты. Полное открытие затвора происходит при изменении горизонта воды в канале на 0,15...0,6 м.

В зимний период, регуляторы АРД рекомендуется оставлять, зафиксировав в открытом положении. Основные ТЭП приведены в табл. 10.9.

Таблица 10.9 Основные ТЭП регуляторов АРД

Показатель	Диаметр трубы, м				
	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
1	2	3	4	5	6
АРД-2,3	106...160	123...187	163...254	-	-
АРД-1	467	486	646	688	899
АРД-4,5	115...124	134...144	173...187	-	-
АРД-6	125	138	182	-	-

Продолжение таблицы 10.9

1	2	3	4	5	6
Стоимость затвора, тыс. \$:					
АРД-1	0,413	0,421	0,421	0,586	0,590
АРД-2,3	0,065	0,069	0,070	-	-
АРД-4,5	0,071	0,073	0,077	-	-
АРД-6	0,073	0,083	0,089	-	-
Пропускная способность (при перепаде 0,5м), м ³ /с	0,5...0,7	0,8...1,1	1,2...1,6	2,3	3,8
Диапазон автоматического регулирования (Н _к -0.4 м), где Н _к - глубина канала, м	1,5...2,0	1,5...2,0	1,5...2,0	1,5...2,0	1,5...2,0

Регулятор АРД-1 наиболее эффективно применяется для автоматического поддержания заданного горизонта воды в магистральных каналах с пропускной способностью до 3 м³/с. Регулятор АРД-2 наиболее приспособлен к управлению уровнями воды в коллекторной сети, с пропускной способностью до 1 м³/с, а регулятор АРД-3, являющийся модификацией АРД-2, - наиболее эффективно применим при реконструкции сооружений.

10.7 Исследование работы регулятора для поддержания уровней воды в коллекторной сети

Исследование работы регулятора проводилось на объекте "Кривичи-II". Мелиоративная система, обслуживаемая каналом Т-8, имеет общую площадь 112 га. Осушители проложены через 200 м, при длине 1080 м. На рис.10.12 показана техническая схема системы в зоне действия канала Т-8 с расстановкой всех сооружений. В 1989 г. на канале Т-8 был установлен регулятор АРД-1. Конструкция регулятора предназначена для автоматического поддержания заданных уровней воды в коллекторах сети. Регулятор состоит из плоского щита, на котором установлен дроссельный затвор, имеющий горизонтальную ось вращения. К затвору жестко прикреплен рычаг, на котором шарнирно - тяга, а по ней свободно перемещается поплавков и стопорное устройство. Плоский щит устанавливается в пазовой раме и соединяется с подъемным механизмом.

Принцип работы регулятора состоит в следующем: устанавливают стопорное устройство на необходимый горизонт регулирования, по мере возрастания уровня воды в верхнем бьефе, поплавок всплывает и упирается в стопорное устройство, которое передает усилие поплавка на тягу, рычаг и на дроссельный затвор; затвор поворачивается вокруг оси, происходит открытие затвора и вода из верхнего бьефа сбрасывается в нижний;

по мере снижения уровней воды в верхнем бьефе происходит закрытие затвора под действием гидростатических и гидродинамических сил. Для работы в зимних условиях затворы, установленные на коллекторе Т-8, поднимаются. Конструктивная особенность регулятора заключается в том, что ось дроссельного затвора смещена относительно центра на 30 мм.

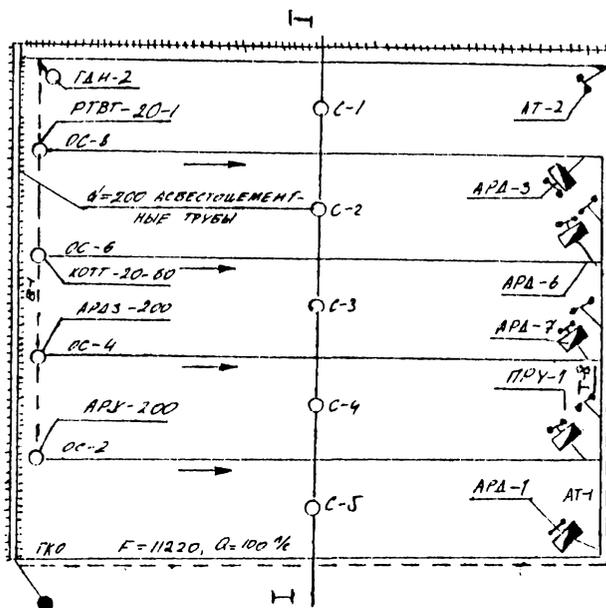


Рис.10.12 Техническая схема автоматизированного участка объекта "Кривичи-II" (в зоне действия канала Т-8).

Изменение уровня воды в верхнем бьефе зависит от пропускаемого расхода, диаметра затвора, длины рычага и угла поворота дроссельного затвора. Наблюдения проводились как за уровнями воды в почве, так и в бьефах. Измеренный ход уровней воды в почве показан на рис.10.13. Кривая С-1 показывает УГВ по 1-ой скважине, которая расположена в 100 м от ограждающей дамбы. Уровни воды в 5 скв. показывает кривая С-5. Скважина 5 расположена в 100 метрах от Тышецкого канала. За время эксплуатации ГМС, отказов в работе затвора не зафиксировано. В августе, в связи с уборкой урожая, затвор был полностью открыт.

За 1989 г. затвор обслуживался только три раза. Первый раз его опустили в мае и настроили датчик на уровень воды в канале, составляющий 1,25 м от бровки. В связи со строительством водовода, затвор был открыт в июле, в августе вновь закрыт и настроен на уровень воды в канале 1,5 м от бровки. Уровни воды в почве понижались одновременно с глубины 0,8 м (под травами) до 1,2 м (под зерновыми). Максимальное снижение УГВ составило 2,0 м на карте, расположенной рядом с Тышецким каналом, в то время как на карте, расположенной рядом с ограждающей дамбой, это снижение было 1,46 м от

поверхности земли. Урожайность зерновых составила по системе канала Т-8 в среднем 30,1 ц/га. Перепад уровней воды между крайними участками системы составил 0,6 м, а приток воды в сеть равнялся 1,46 л/с. Таким образом, общий приток воды составил 2,63 л/с. Эксплуатационные затраты составили не более 1,5\$ на одно сооружение, при нормативных затратах порядка 9...11\$ в месяц на одно сооружение.

Для настройки сооружений затрачивалось не более 3 мин., в то время как, для открытия коробчатого затвора по нормативам предусматривается до 30 мин.

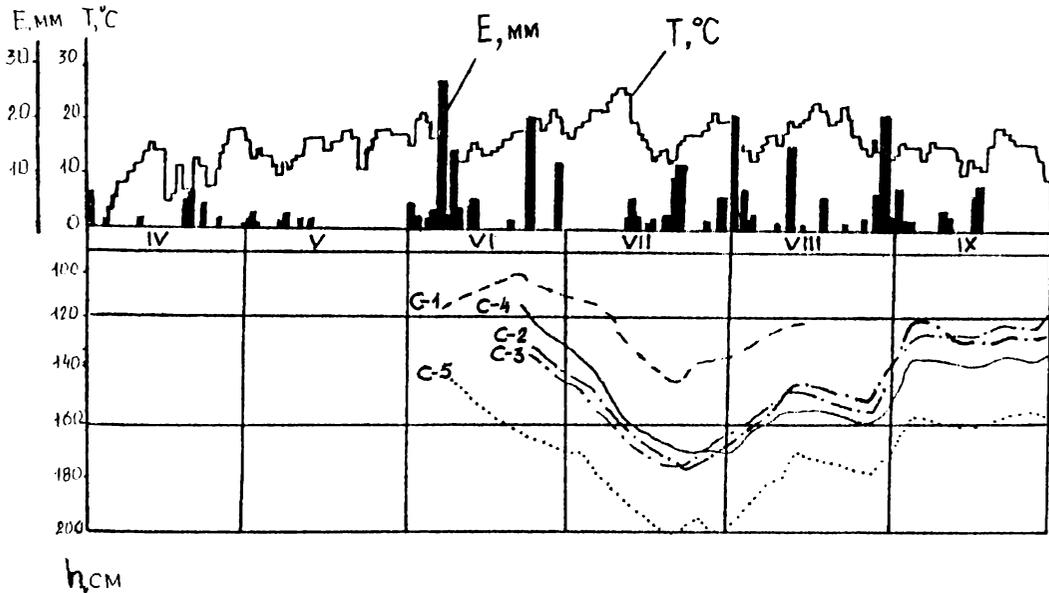


Рис.10.13 График хода УГВ в зоне действия канала Т-8 объекта "Кривичи-II".

В итоге, можно сделать следующие выводы: 1) регулятор АРД-I обеспечивает меньшие трудозатраты, чем коробчатый затвор (в 2,5 раза); 2) производительность труда рабочих, занятых эксплуатацией гидроавтоматов, в 10 раз выше, чем их конструкций с ручным приводом; 3) эффективность работы гидроавтоматов необходимо рассматривать в совокупности с эффективностью работы мелиоративной системы, в целом.

10.8 Исследование работы регуляторов секторного типа и регуляторов АРДС-3 и АРДС-4

Участок мелиоративной системы "Кривичи-II", обслуживаемый каналом Т-10, имеет общую площадь 205 га (рис.10.14). Управление уровнями воды осуществляется с помощью регулятора АРДС-3, разработанного институтом "Союзгипромелиоводхоз". Вода с осушаемой площади сбрасывается в Тышецкий канал, а для увлажнения - забира-

ется из водоподводящего канала ВП-1. Территория ровная, превышения отдельных минеральных бугров (в южной части массива) не более 0,5 м. Торфяник, средней мощности (1,2...1,4 м), подстилается пылеватым песком. Со стороны Ясельды осушаемая территория питается фильтрационными водами. Средняя величина подпитки за 1989...1991 г. г. составила 656 м³/сут. Регулятор АРДС-3 снабжен винтовым подъемником и конструктивное его решение идентично АРД-1. Отличие в том, что основа выполняется без ребер жесткости и крепится при помощи упорных болтов в пазовой раме, которая устанавливается в колодце. Достоинство предложенной конструкции заключается в том, что она может применяться для управления уровнями воды по нижнему и верхнему бьефам (необходимо только менять расположение поплавка в зависимости от управляемого бьефа).

Кроме перечисленных особенностей, необходимо упомянуть применение шандоров на внутреннем блоке для обеспечения управляемости бьефов.

Недостатком конструкции является крепление основы болтами внутри колодца, из-за отсутствия уплотнения и ребер жесткости.

Как и на других участках, наблюдения велись за уровнями воды в сети и в почве, а также за временем, затраченным на настройку сооружения на необходимый горизонт.

На рис.10.15 показан ход уровней воды в открытой сети в верхнем и нижнем бьефах. В течение вегетационного периода настройка осуществлялась дважды: в июле и августе. Колебания уровней воды в нижнем бьефе незначительно сказывались и на уровнях воды в верхнем бьефе. Перепад уровней вначале был задан порядка 30см, затем - 40 см. Положение уровней замерялось два раза в неделю (через три дня). Уровни грунтовых вод на осушаемом массиве колебались от 80 до 150 см.

Участок использовался под кукурузу (на трех картах), картофель и травы. Как и в системе канала Т-9, одним сооружением невозможно создать оптимальный водно-воздушный режим для всех культур. В результате на второй и третьей картах, где была посеяна кукуруза, выход зеленой массы был больше, чем на объекте, в целом (300 ц/га, против 250 ц/га - на объекте "Кривичи-1").

Таким образом, видно, что проектное решение не соответствует оптимальному, т.е. одним сооружением на массиве в 205 га создать оптимальный водный режим практически невозможно. Отказов в работе регулятора обнаружено не было. Потери воды через уплотнения не превышали 0,3...0,5 л/с. Более того, если в течение 3...5 дней затвор не открывался, то потери воды через уплотнения практически отсутствовали. Дополнительно были проведены эксперименты на скорость реализации возмущений в сети. При изменении уровня на 20 см, уровни воды в канале стабилизировались через 3...3,5 часа. Эти данные подтверждаются и результатами исследований за 1989 г. (рис. 10.16).

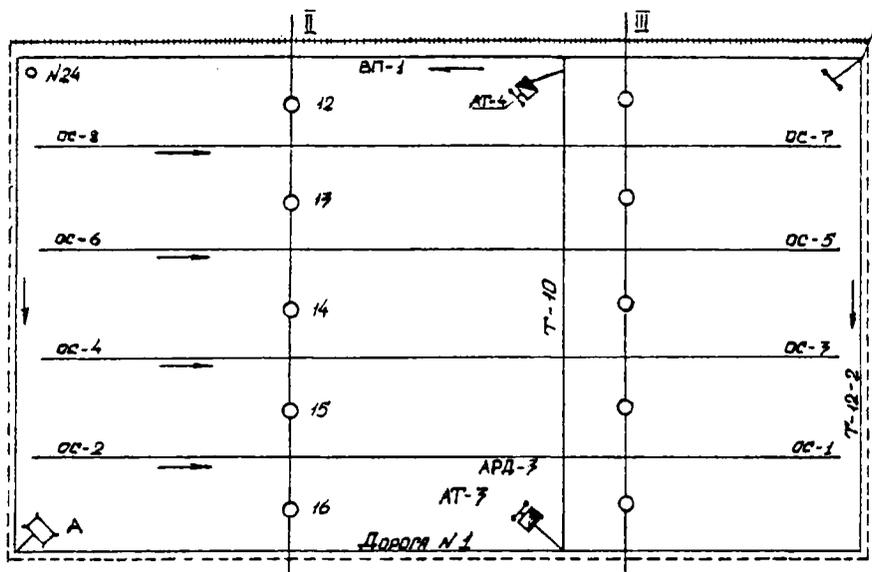


Рис.10.14 Техническая схема автоматизированного участка в зоне канала Т-10 объекта "Кривичи-II".

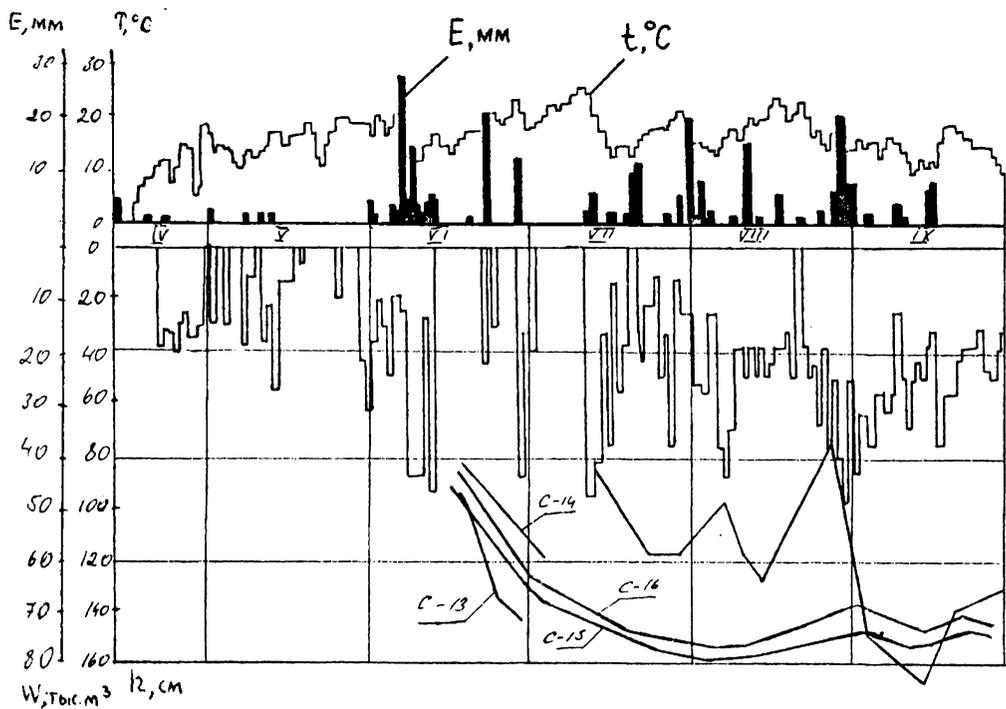


Рис.10.15 График хода уровней воды каналов Т-6 и Т-10 (объект "Кривичи-II").

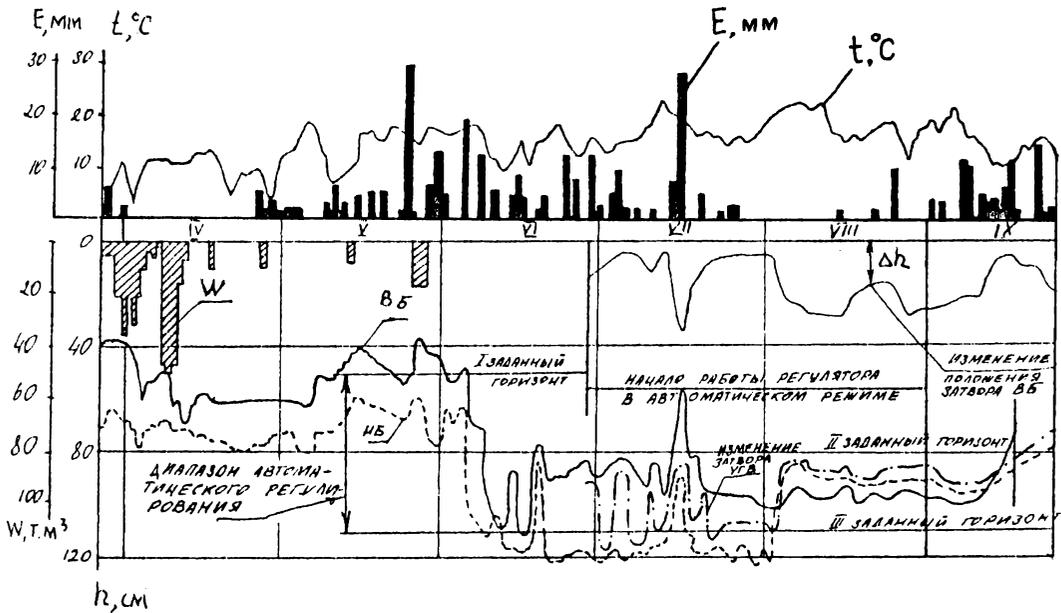


Рис.10.16 График хода уровней верхнего (ВБ) и нижнего (НБ) бьефов, величины откачки воды (W) и изменения положения затворов регулятора ВБ и УГВ на канале Т-10 (объект "Кривичи-II").

Скапливающийся перед сооружением мусор, растительные остатки в период, когда затвор закрыт, закупоривают все щели, поэтому, уменьшается фильтрация воды. В том случае, когда затвор открывается, скорость воды достигает 20 м/с и она смывает весь мусор. В том случае, когда уровни воды были выше затвора на 0,3...0,4 м, образовывались воронки перед затвором и вся растительность, плавающая сверху, захватывалась потоком и сбрасывалась в нижний бьеф. При медленном закрытии затвора, скорости увеличиваются и очищают стыкующиеся поверхности.

Исследования работы регуляторов секторного типа и АРДС-4 проводились на системе канала Т-9, имеющей общую площадь 255 га. На рис.10.17 дана техническая схема мелиоративной сети. Земли осушаемого массива левой стороны канала Т-9 представлены в основном торфяниками, правой - минеральными почвами. Площадь ровная, имеющиеся минеральные возвышения поднимаются не более чем на 0,7...1,0 м над основной территорией. Результаты наблюдений за уровнем режимом показали несовершенство принятых технических решений при осушении системы канала Т-9. В 1989 г. на этой территории возделывались озимые, кукуруза, картофель. При таком сочетании

культур, создать двумя сооружениями оптимальный водный режим затруднительно. В устье канала Т-9 запроектирован секторный затвор ЗАС-250х1,0.

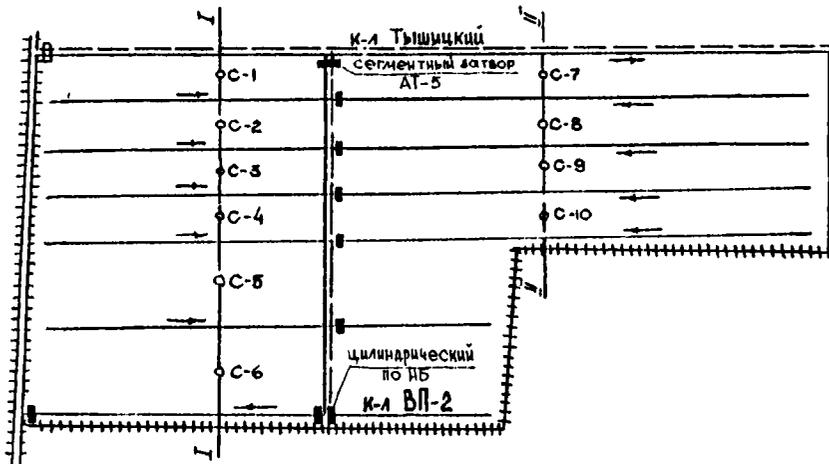


Рис.10.17 Техническая схема автоматизированной системы в зоне канала Т-9 (объект "Кривичи-II").

Регулятор АРДС-4 состоит из дроссельного затвора с рычагом. Затвор вращается вокруг оси. Основа затвора устанавливается в пазовой раме, где крепится упорными болтами. К рычагу крепится гибкая тяга, на которой свободно устанавливается поплавок. Вода из нижнего бьефа по патрубку поступает в колодец. Регулятор предусмотрен для подачи воды из водоподводящего канала ВП-2 в осушительно-увлажнительную систему канала Т-9. Принцип работы регулятора АРД-4 заключается в следующем: при помощи тяги устанавливается поплавок на требуемый уровень нижнего бьефа. При уменьшении уровня воды в нижнем бьефе, поплавок приводит в действие рычаг, который поворачивается вокруг своей оси и поднимает вверх тягу, а последняя - поворачивает затвор вокруг оси. При этом, происходит открытие затвора, подача воды из канала ВП-2 в Т-9.

В устье канала Т-9 установлен секторный затвор ЗАС 2,5х1,0, при диаметре трубопровода 1,0 м. Затвор состоит из полый камеры с осью вращения и соединяется жестко с контргрузом. Затвор фиксируется в П-образной лотковой части, установленной со стороны верхнего бьефа. Полая камера затвора соединена разъемным трубопроводом, который, в свою очередь, соединяется колодцами. В одном из колодцев установлен датчик уровня нижнего бьефа, в другом - датчик уровня верхнего бьефа.

Принцип работы регулятора заключается в следующем: при помощи датчиков уровней устанавливается необходимый горизонт управления в верхнем и нижнем бьефах. При снижении (увеличении) уровня, датчик содействует открытию клапана внутри сектора. Вода из сектора сбрасывается в нижний бьеф, в результате чего сектор, под дей-

ствием выталкивающей силы и гидростатического давления, всплывает и вода из верхнего бьефа сбрасывается. При достижении необходимого уровня, поплавков подает команду и клапан в затворе закрывается. Вода заполняет полость затвора и содействует его закрытию.

Наибольший интерес представляет регулятор ЗАС-2,5х1,0, с точки зрения осуществления дистанционного управления уровнями воды при помощи насосной станции и датчика уровня воды в нижнем бьефе. Для затвора ЗАС-2,5х1,0 нижним бьефом является уровень воды в Тышецком канале. В 1989 году, в связи со строительством объекта "Кривичи-II", дистанционное управление уровнями воды с помощью насосной станции, практически, не осуществлялось.

На осушенном массиве наблюдения велись за УГВ (5 скважин) в верхнем и нижнем бьефах канала Т-9.

На рис.10.18 показаны графики хода УГВ. Скважина 5 расположена в 100 метрах от Тышецкого канала, скважина 8 - рядом с ограждающей дамбой. С северной стороны осушаемой территории по фронту в 1200 м наблюдается подпитывание земель грунтовыми водами от объекта. Направление грунтового потока формируется Припятью и Ясельдой (с запада на восток). В начале вегетационного периода норма осушения составляла 95 см, в июле-августе - до 195 см (на объекте "Кривичи-I" - от 90 до 120 см). На участках, осушаемых открытой сетью каналов (объект "Кривичи-II") колебание УГВ - 125...205 см. Перепад уровней воды в мелиоративной сети составил 35...85 см, а приточность грунтовых вод - 3,7 л/с.

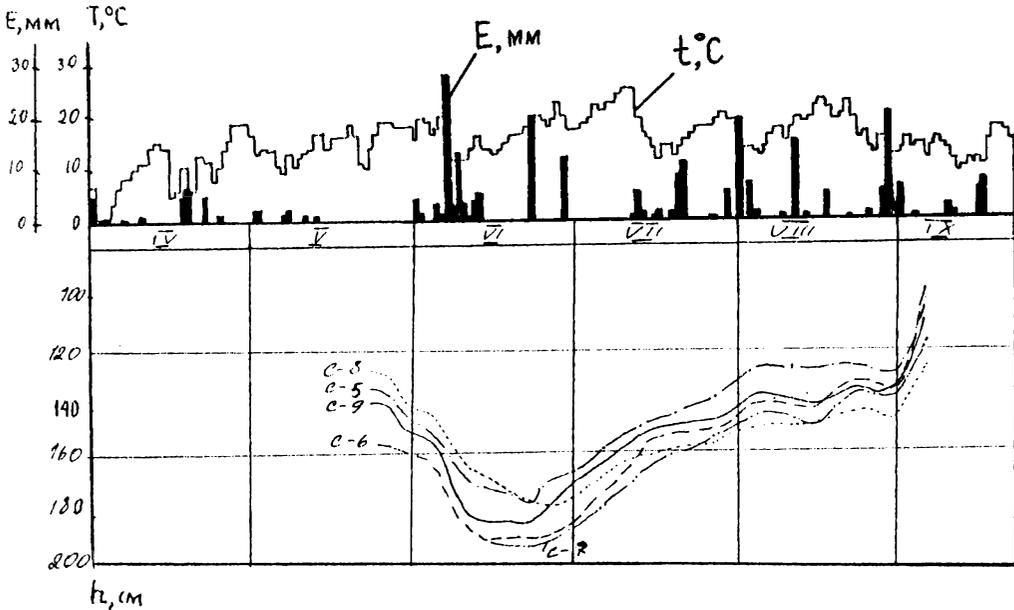


Рис.10.18 График хода УГВ на землях в зоне канала Т-9 (объект "Кривичи-II").

При атмосферных осадках за вегетационный период, составляющих 333,2мм, суммарном испарении - 501 мм, дефицит почвенных влагозапасов на объекте "Кривичи-II" достигал 167,8 мм и откачка должна была составить не 477 мм, а 309,2мм (2,18млн.м³).

Отказов в период эксплуатации АРД-4 и других сооружений не наблюдалось, они были настроены на один уровень.

Экономические показатели, характеризующие эффективность мелиоративных мероприятий по одному году эксплуатации, не рассчитывались.

Вместе с тем, следует отметить, что внедренные технические решения не достаточно рациональны. На рис.10.19 показаны принципиальные технические схемы, которые для данного объекта были бы более рациональными. Согласно схеме 10.19^а, прокладывая осушители перпендикулярно Тышецкому каналу, получили бы снижение капитальных затрат более чем на 15,0 тыс.\$ (за счет снижения затрат на строительство регуляторов, дорог и канала Т-10, в целом). В истоках осушителей необходимо предусмотреть дрены, которые содействовали бы интенсивному снижению уровней грунтовых вод в придамбовой зоне. Вообще, приведенные схемы обеспечивают реализацию различных технических решений осушительной сети.

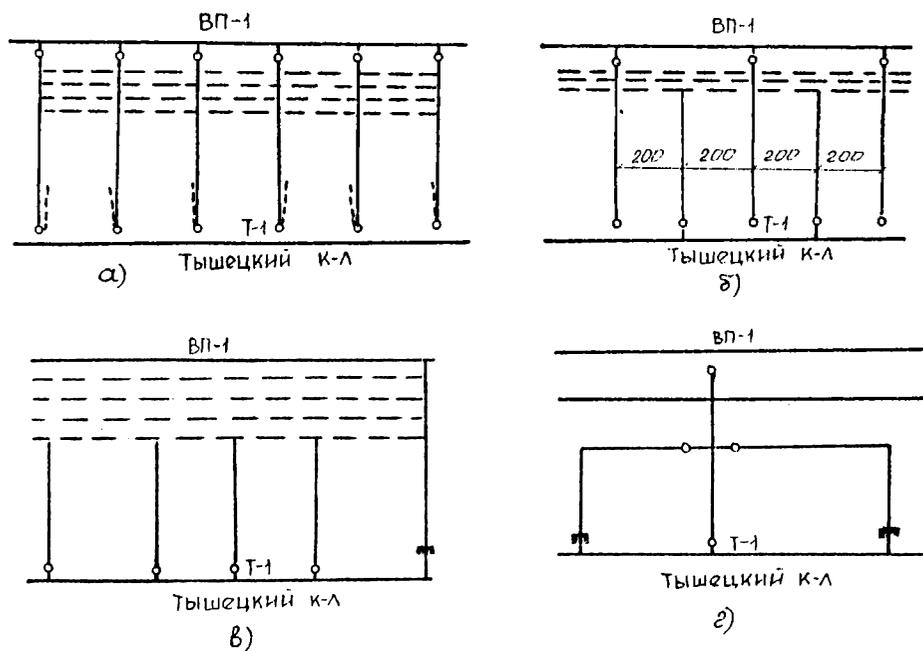


Рис.10.19 Принципиальные технические схемы возможных вариантов осушительно-увлажнительной сети в зоне канала Т-9 (объект "Кривичи-II").

10.9 Исследование работы регулирующих сооружений на закрытой сети

Как показано выше, формировать оптимальный водно-воздушный режим почв на осушительно-увлажнительных системах можно при помощи гидроавтоматов, обеспечивающих не только временный отвод избыточной воды с мелиорируемой территории, но и подачу воды в почву в период дефицита почвенных влагозапасов. Регулирование УГВ можно осуществлять путем создания подпора на дренажной сети рядом колодцев-регуляторов с гидравлическими затворами.

Наиболее работоспособными регулирующими сооружениями на закрытой сети, как показала практика, являются регуляторы с гибкими клапанами (рис.10.20). Они позволяют регулировать УГВ путем поддержания определенного подпора на осушительно-увлажнительной сети. Регуляторы автоматически поддерживают заданный уровень в ВВ колодца в пределах 0,2...2,5 м.

Автоматические регуляторы монтируются в унифицированных железобетонных колодцах. Минимальный диаметр колодца 450 мм, глубина - 150...250 см, что обеспечивает заглубление дренажного коллектора до 200 см от поверхности земли.

Колодцы устанавливаются на железобетонную плиту, уложенную на щебеночное основание, толщиной 10 см. Возвышение колодца над земной поверхностью до 800 мм. Сопряжение дренажного коллектора с колодцем осуществляется с помощью асбестоцементной трубы, длиной 6 м, диаметром 200 мм, и подводным патрубком, длиной 400 мм, диаметром 200 мм. В месте стыковки, устраивается глиняный замок. Отводящий патрубок также соединяется с асбестоцементной трубой, длиной 4 м и диаметром 200 мм, при помощи глиняного замка.

Для регулирования УГВ, в дренажных колодцах устанавливаются регуляторы, обеспечивающие автоматическое поддержание определенного напора в дренах. Регулятор с гибким клапаном состоит из резинового клапана, перекрывающего отверстие отводящего патрубка. Клапан крепится к патрубку специальным хомутом. В своей нижней части, клапан шарнирно соединен со штангой, на которой, при помощи фиксатора, закрепляется поплавок. Гибкий клапан лежит на металлической основе, предотвращающей прогиб его от действия гидростатического и гидродинамического давления. Клапан выполняется из капроновой ткани.

Для поддержания требуемого уровня воды в дренажной сети, поплавки устанавливаются на нужный горизонт и крепятся в данном положении фиксатором. В случае подъема уровня воды в верхнем бьефе выше требуемого, клапан, под действием подъемной силы поплавка, открывается и происходит сброс воды через отводящий коллектор в нижний бьеф, пока не установится требуемый уровень.

Нами, на специальной установке, проведены исследования работоспособности гидроавтоматов для закрытой сети в каскадном режиме. Установка включает в себя насосную станцию, напорный бак, подводящую трубу, водомерный бак, колодец и отводя-

щий патрубок (рис.10.20).

Вода в водомерный бак (2) подавалась от насосной станции через подводящую трубу (1) с расходом от 2,0 до 20 л/с. Расход изменялся с помощью задвижки (9). Определение величины расхода осуществлялось при помощи треугольного водослива (3) с максимальной пропускной способностью - 60 л/с. Уровни воды на треугольном водосливе определялись с помощью пьезометра, а контроль за стабилизацией расхода осуществлялся с помощью самописца "Валдай".

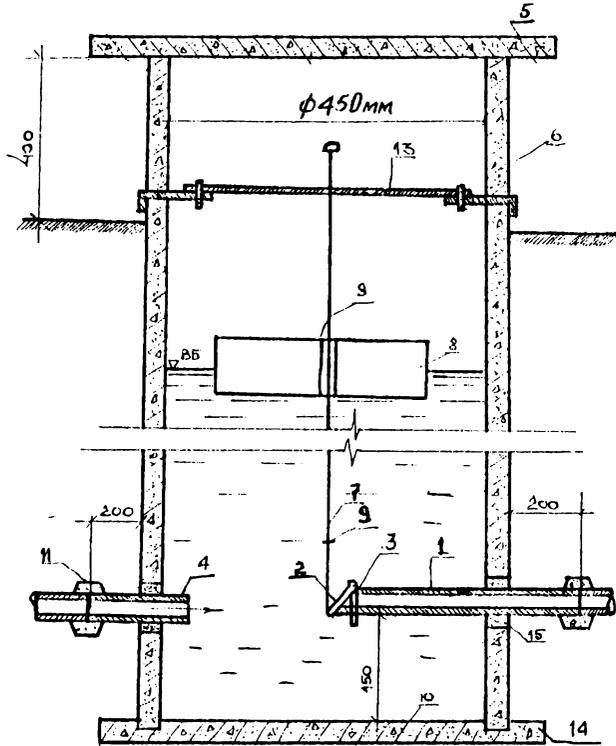


Рис.10.20 Конструктивная схема регулятора с гибким клапаном: 1 - отводящий патрубок; 2 - гибкий клапан; 3 - хомут; 4 - подводящий патрубок; 5 - ж/б плита; 6 - колодец; 7 - штанга; 8 - поплавок; 9 - фиксатор; 10 - опорная плита; 11 - глиняный замок; 12 - уголки; 13 - направляющие штанги; 14 - плита донная; 15 - просмоленный канат.

С водомерного бака через трубу (4) вода подавалась в колодец верхнего бьефа (5), затем через трубу (6) - в колодец нижнего бьефа (7) и через отводящую трубу (8) - в резервуар. Диаметр труб (1), (4), (6) и (8) равен 200 мм. Начальные уровни воды в колодцах изменялись путем перестановок поплавков на штанге. При этом, начальный уро-

вень верхнего бьефа соответствовал начальному уровню нижнего бьефа. Начальные положения поплавков изменялись от 700 до 1300 мм, с интервалами 10 см, которые устанавливались и замерялись при помощи шпигмасштаба с точностью до 0,1 мм.

Изменение уровней воды в колодцах определялось при помощи пьезометров, а контроль за поднятием поплавков и открытием клапанов - при помощи самописцев "Валдай". Подъемные усилия поплавков определялись по величинам их затопления, которые предварительно протарированы через 10 мм.

Так как при каскадном регулировании сооружения находятся в различных условиях, и режим их работы различен, то исследования проводились в двух вариантах работы: 1) истечение для первого сооружения - свободное, для последующих--подтопленное; 2) все сооружения находятся в подтопленном состоянии с затопленным истечением. Режим работы датчиков уровня в первом варианте отличается от второго тем, что усилие поплавков первого колодца значительно выше второго; при этом, величина подъема уровня воды (h) в первом сооружении - меньше, а в последующих - больше (при пропуске одного и того же расхода). Моделировался и третий фактор, влияющий на подъемное усилие поплавков - скорость поднятия уровней воды в колодцах. Замечено, что, при скорости поднятия уровня - 0,5 см/с, усилие (P) возрастет на $\Delta P=+1,5$ кг, а при стабильном уровне (H_{const} , Q_{const}) - уменьшается на эту же величину.

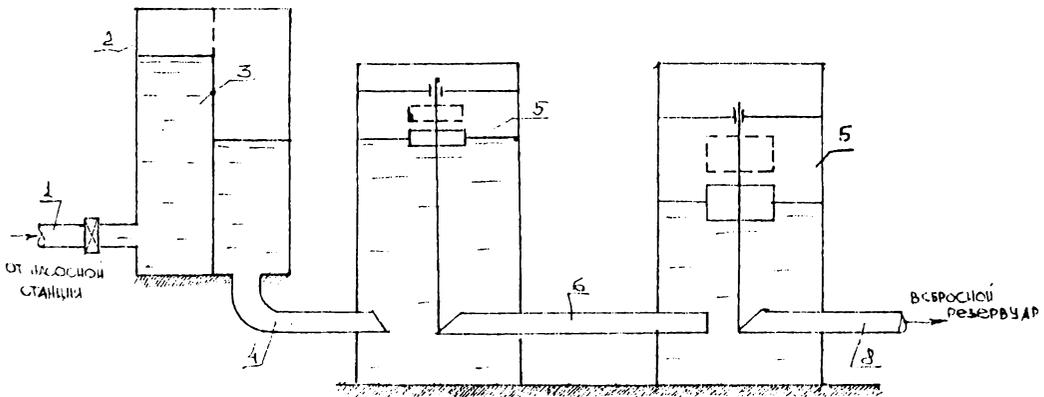


Рис.10.21 Принципиальная схема установки для исследования работы гидроавтоматов в каскадном режиме: 1 - подводящая труба; 2 - водомерный бак; 3 - треугольный водослив; 4 - пропускная труба; 5 - колодцы каскадные; 6 - сбросная труба; 7 - регулирующая задвижка; 8 - отводящая труба.

Для определения величины скоростного усилия $\Delta P_{ск}$ получена зависимость

$$\Delta P_{ск} = \gamma \cdot \omega \cdot \frac{(V + C)^2}{2 \cdot g} \cdot \sin^2 \alpha, \quad (10.42)$$

где γ - плотность воды, кг/м^3 ; ω - площадь подвижной части клапана, м^2 ; V - скорость потока, м/с ; C - скорость движения клапана в период открытия, м/с ; α - угол наклона клапана относительно потока.

При открытии клапана, на входе, формируются большие скорости и, естественно, большие касательные напряжения, стремящиеся закрыть клапан. С увеличением расхода, клапан открывается больше, площадь соприкосновения клапана с потоком увеличивается и подъемное усилие поплавка возрастает.

Для свободного истечения суммарная величина усилия, действующего на клапан, равна

$$\Sigma P = P_{ст} + P_{дин} + \Delta P_{ск} + G, \quad (10.43)$$

где $P_{ст}$ - гидростатическое усилие, действующее на клапан, зависящее от перепада уровней; $P_{дин}$ - динамическое усилие, возникающее за счет касательных напряжений; $\Delta P_{ск}$ - скоростное усилие, возникающее за счет движения клапана в потоке; G - собственный вес затвора.

Суммарная величина усилия поплавка, без учета скоростного поднятия уровня, приведена на рис.10.22. График $P=f(\alpha)$ построен при $H_{const}=2,0$ м и $Q_{const}=22,4$ л/с.

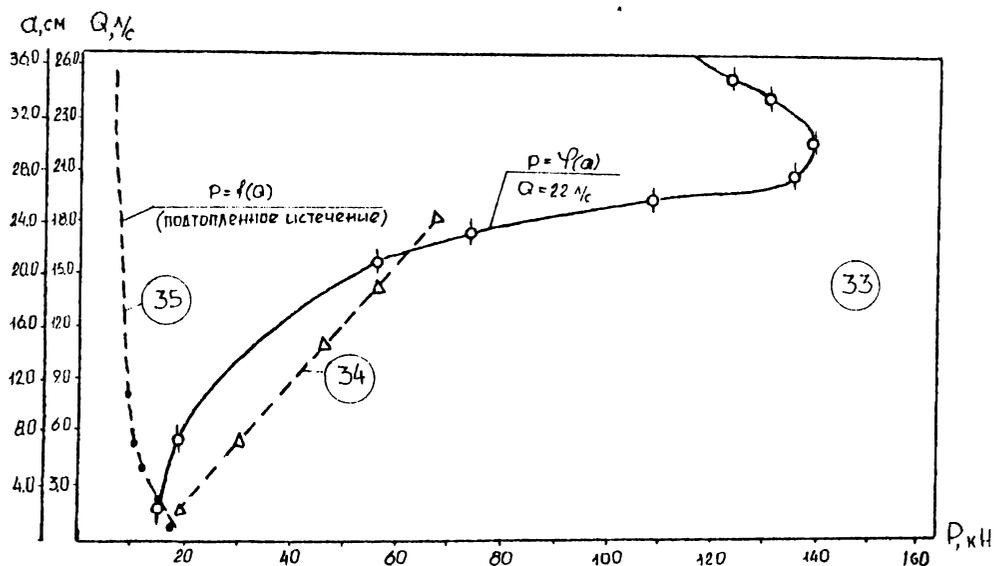


Рис.10.22 Графики-зависимости для гидроавтомата, работающего в каскадном режиме.

Выявлено, что резкое снижение усилий зависит от напора и пропускаемого расхода.

В колодце, который установлен рядом с каналом, поплавка работает в более жестком режиме, чем последующие регулирующие сооружения этого каскада. На графиках приведен также режим работы поплавка при равных заданных положениях уровней и пропускаемых расходах в начальном колодце и в последующем, поэтому, усилие поплавка 2, 3, ..., n - колодцев будет равно

$$\sum P_n = P_{ст.з} + P_{дин} + \Delta P_{ск} + (G - V_\gamma), \quad (10.44)$$

где V_γ - выталкивающее усилие от элементов конструкций затвора.

Таким образом, при расчете величины подъемной силы поплавка, требуется учитывать режим работы сооружения, так как расхождение усилий значительно, что позволяет снизить металлоемкость сооружений.

Следует отметить, что создание требуемого напора в дренажной сети возможно только при оптимальном расстоянии между сооружениями. Поэтому, нами выполнены необходимые расчеты по обоснованию этих расстояний, в соответствии с расчетной схемой, приведенной на рис.10.23.

Расчет проведен по максимально допустимым регулируемым напорам, определенным по зависимостям:

$$H_{1\max} = h_{кол}^1 - (\Delta h_{1\max} + a_1) \text{ и } H_{2\max} = h_{кол}^2 - (\Delta h_{2\max} + a), \quad (10.45)$$

в которых $H_{1\max}$, $H_{2\max}$ - максимально допустимый напор, соответственно, в первом и втором колодцах, м; $h_{кол}^1$, $h_{кол}^2$ - глубина этих колодцев, м; $\Delta h_{1\max}$, $\Delta h_{2\max}$ - максимальные превышения уровней над первоначально заданными при пропуске воды в соответствующих колодцах, м; a_1 , a_2 - расстояния от дневной поверхности до максимально регулируемого уровня в расчетных колодцах, м.

Уравнение для расчета оптимального расстояния между сооружениями следующее

$$L = \frac{Z - \Delta h''}{i}, \quad (10.46)$$

где i - уклон местности; Z - перепад уровней, который принимается в пределах 0,3...0,6 м, в зависимости от сельскохозяйственного использования земель; $\Delta h''$ - разность превышений уровней воды, м.

Для выявления пропускной способности гидроавтоматов, работающих в каскадном режиме, задавались уровни регулирования в пределах от 0,7 до 1,8 м. Максимальный пропускаемый расход составил 20 л/с, при диаметре водоподводящего патрубка 200мм.

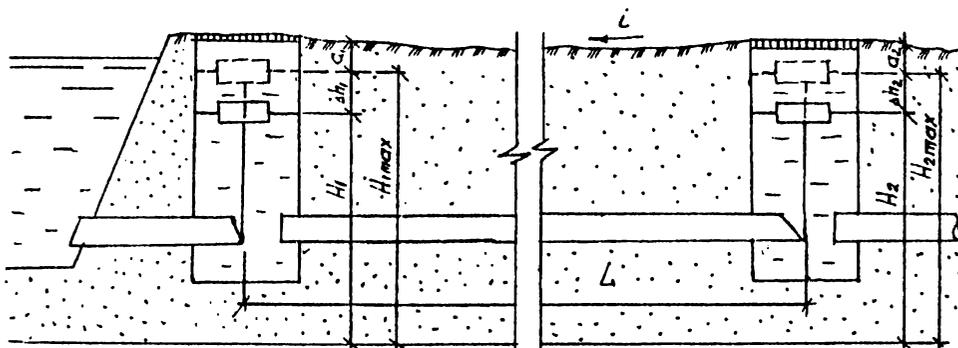


Рис.10.23 Расчетная схема по определению оптимального расстояния между регулирующими сооружениями.

Получены расчетные уравнения для определения пропускной способности сооружений, в зависимости от вида истечения:

а) при свободном истечении пропускная способность определяется, как -

$$Q = 24,03 - \sqrt{837,1 - 45,08 \cdot a} ; \quad (10.47)$$

б) при подтопленном, как -

$$Q = 29,73 - \sqrt{1185,49 - 30,85 \cdot a} , \quad (10.48)$$

где a - величина открытия клапана.

Следует отметить, что при автоматизации водораспределения требуется соответствующий водоучет (местный, централизованный, а также различные средства измерения расходов и уровней воды, включая необходимость регулирования водного режима почвогрунтов).

К средствам водоучета относятся: водомерные устройства-сооружения или конструкции, обеспечивающие возможность определения расходов по минимальному количеству параметров (транзитные - тарированные русла, фиксированные гидросты САНИИРИ, водомерные пороги, трубчатые переезды, диафрагмы; регуляторы - водомеры - водомерные приставки; регуляторы постоянных расходов - автоматы расхода) и водомерные приборы, определяющие расход воды путем измерения одного параметра (напора, скорости, уровней, перепада или открытия затвора) на регулирующих сооружениях или водомерных устройствах.