

СПЕЦИФИКА ВОПРОСОВ НАДЕЖНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ВОДОПОДАЧИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

О.В. Атаманова, В.В. Круглова, В.А. Юдаков

Рассматриваются особенности вопросов надежности автоматизированных водовыпускных сооружений ирригационных систем. Освещается состояние проблемы надежности автоматизированных водовыпусков, пути повышения их надежности и вопросы проведения испытаний.

Ключевые слова: надежность; водовыпускное сооружение; стабилизаторы расхода воды; авторегуляторы расхода воды.

Средства гидравлической автоматизации водоподачи для каналов оросительных систем появились в середине 60-х годов прошлого века. Учеными [1–3] были доказаны преимущества их по сравнению с электрическими регуляторами расходов воды для использования на ирригационных системах. Последние 40 лет, несмотря на политические и экономические проблемы в различных государствах, совершенствование и внедрение все более современных гидроавтоматов для регулирования расходов воды на каналах оросительных систем продолжает развиваться в странах, где имеет место орошаемое земледелие.

В настоящее время существует более 150 конструкций гидравлических авторегуляторов и стабилизаторов расхода воды, работающих на использовании различных принципов стабилизации водоподачи. Непрерывно расширяются возможности гидроавтоматов и области их при-

менения для различных потоков и различных типов оросительных систем.

Обнаруженные свойства инвариантности современных средств автоматизации водоподачи позволили использовать их в качестве водомеров на оросительной сети, расширив их функциональные возможности. Сегодня имеются конструкции, обеспечивающие водodelение не только спокойных потоков, но и бурных и сверхбурных потоков на быстротечных каналах с требуемой точностью.

Гидроавтоматы, применяемые для регулирования водоподачи на оросительных системах, чаще всего просты по конструкции, не требуют дорогостоящего и, не всегда надежного в полевых условиях использования, электрического оборудования.

Специфика вопросов надежности. Ученые постоянно работают над проблемой увеличения диапазона регулирования автоматизированных



а



б

Рисунок 1 – Автоматизированные водораспределительные узлы на каналах:
а – Джаламыш Сукулукского района; б – Беловодский Московского района

водовыпускных сооружений, повышения качества стабилизации водоподдачи, которое напрямую зависит от надежности работы этих сооружений.

Если первые конструкции автоматизированных водовыпусков (Модули Фута, водосливы АрмНИИГиМ, модули фирмы “Нейрпик” и др.) были громоздки, требовали для строительства большого количества бетона, обладая при этом совсем незначительным диапазоном регулирования ($H_{\max}/H_{\min} = 1,1 \dots 1,2$, где $H_{\max}$ – минимальный напор на сооружении; $H_{\min}$ – максимальный напор на сооружении), то современные гидравлические стабилизаторы расхода воды (ССКЩ, ЦСКЩ, моноблочные затворы-автоматы и др.), при всем их внешнем изяществе, обладают значительным диапазоном регулирования ($H_{\max}/H_{\min} = 2,6 \dots 2,75$). И это не предел. Конструкции продолжают совершенствоваться в направлении улучшения своих эксплуатационных характеристик, повышается их надежность в работе.

Было установлено [3], что наиболее эффективным является использование автоматизированных водовыпускных сооружений в качестве локальных средств автоматизации в составе автономных комплексов систем каскадного регулирования на каналах оросительных систем. Работая в комплексе системы каскадного регулирования, удастся повысить качество регулирования не только отдельного водовыпуска, но и оросительной системы в целом. Чтобы добиться этого, от средств гидроавтоматики водоподдачи на каналах оросительных систем требуется высокая надежность в интервалах времени между

обслуживаниями, а порой и на весь поливной период года.

Состояние проблемы надежности. Стабилизаторы и авторегуляторы расхода воды являются восстанавливаемыми конструкциями (сооружениями). Поэтому их надежность характеризуют следующие основные показатели: *средняя наработка на отказ, среднее время восстановления работоспособного состояния, срок службы до капитального ремонта.*

Для стабилизаторов расхода воды типа “коробчатые щиты” выпуска 1985–1995 гг. по данным РУВХ средняя наработка на отказ при цикловой системе управления составляет ≈ 336 ч, при позиционной системе управления – до 170 ч.

Данных по среднему времени восстановления накоплено мало. Например, для стабилизаторов расхода воды типа ССКЩ, установленных на водораспределительных гидроузлах на каналах Джаламыш и Беловодский (рисунок 1), время восстановления составляет от 15 мин (при очистке секций стабилизатора от плавника и мусора) до 120 мин (при наладке подъемника стабилизатора).

Срок службы до капитального ремонта для авторегуляторов и стабилизаторов расхода соответствует аналогичному показателю для средств гидроавтоматики в целом. Этот показатель обычно заменяется расчетным сроком службы автоматизированных гидросооружений, который составляет 8–10 лет.

Отказы гидроавтоматов для регулирования водоподдачи на оросительной сети можно разделить на следующие группы [4]:

1) возникшие в результате нарушения технологии изготовления элементов конструкции

(например, подъемника или привода управления; недостаточная точность направляющих пазов затворов);

2) возникшие в результате дефектов комплекующих изделий (некачественные уплотнители; дефектные разъемные соединения и др.);

3) вызванные конструктивными недостатками (узкие секции коробчатых затворов, забивающиеся плавником и мусором; слабые шарнирные соединения, истирающиеся влекомыми наносами; неудачные конструкции порогов, приводящие к отложению наносов перед сооружением и др.);

4) сбои в работе – самопроизвольные внезапные нарушения гидравлических характеристик (зависания качающихся затворов; нарушение выходных характеристик из-за волновых воздействий потока; резонансное состояние качающихся затворов и др.).

Обычно превалируют отказы третьей группы. Поэтому по мере отработки конструкции наработка на отказ повышается. Считается, что в среднем ежегодно она растет на 25–40 % [5].

Повышение надежности. Чтобы повысить износостойкость полотнищ затворов и бетонных поверхностей сооружений, ограничивающих долговечность вододелителей, обращают внимание на следующие моменты.

Нарушение надежности в металлических узлах и конструкциях гидротехнических сооружений возникает по причинам:

- нарушения прочности металла в связи с превышениями нагрузки на деталь узла;
- износа исходных размеров детали конструкции, например, утонения листа металла в результате абразивного износа (песком, галькой и др.);
- уменьшения размеров (утонения) детали узла в результате коррозионного износа, получающегося под воздействием переменной среды “вода-воздух”;
- разрушения сварных швов в металле вследствие циклических нагрузок, а также при неправильном выборе металла для свариваемых элементов затворов.

Металлические конструкции гидроавтоматов рекомендуется изготавливать из сталей качественно и технологично свариваемых, и одновременно достаточно коррозионностойких. К таким сталям следует отнести качественные конструкционные стали марок 20, 25, 30 (ГОСТ 1050–88), в которых содержание углерода меньше 0,3 %, а также хромистые стали 20Х, 30Х, более устойчивые к химическому воздействию, т.е. коррозионностойкие. Малое содержание

углерода гарантирует хорошую свариваемость и отсутствие трещин в сварных швах.

Необходима поверхностная обработка полотнищ затворов и обязательная регулярная их покраска.

Бетонные поверхности сооружений должны иметь расчетную шероховатость (чаще всего, коэффициент шероховатости принимается не ниже $n=0,016$), и выполняться из гидротехнического бетона класса не ниже В 30.

Износ конструкции также снижают исключением вредных нагрузок на опоры путем устранения статистической неопределенности систем. Так, авторегуляторы расхода воды, включающие модули горизонтального и вертикального перемещений, лучше заменить стационарно работающими стабилизаторами расхода воды. Если все же принимается решение устройства на водовыпускном сооружении авторегулятора расхода воды, необходимо на стадии проектирования провести подробный расчет устойчивости данной конструкции, как системы автоматического управления. Состояние шарнирных соединений затворов-автоматов необходимо регулярно проверять путем проведения контрольных испытаний.

Испытания гидроавтоматов. В вопросах повышения надежности испытания занимают одно из основных мест. Основная цель испытаний и контроля – определение показателей надежности сооружений и сравнение их с нормативами или с показателями для других гидроавтоматов этого класса. Различают исследовательские и контрольные испытания. При исследовательских испытаниях определяют количественные показатели надежности и влияние на их значения различных факторов. При контрольных испытаниях оценивают соответствие показателей надежности данного объекта заданным нормативам.

Исследовательские испытания проводят обычно для новых конструкций автоматов. Контрольные испытания проводятся для всех сооружений, начиная с приемосдаточных испытаний.

Испытания делят на модельные (стендовые), проводимые в лабораторных условиях на моделях сооружений, и натурные, проводимые на реальных объектах в натуральных условиях.

Испытания на надежность, к сожалению, проводятся не всегда и не для всех сооружений. Возможно, этим и объясняется недостаточно качественная работа ряда средств гидроавтоматики на оросительных системах. Проведение испытаний на надежность вполне можно совместить с гидравлическими модельными исследованиями на стадии разработки конструкции. Натурные

исследовательские испытания обычно, так или иначе, являются частью натурных исследований автоматизированного сооружения, и проводятся после внедрения объекта в производство.

В процессе приемосдаточных испытаний для выявления степени возможности появления функциональных отказов оценивают нагрузки на отдельные элементы сооружения, возможные перекосы затворов, состояние и вибрацию шарнирных соединений, гидравлические параметры потока в нижнем бьефе гидроузла, а также технологические характеристики сооружения сначала при малых наполнениях (чаще всего $H_{\min} = H_p$, где H_p – расчетный напор на сооружении). Постепенно в процессе проведения испытаний напор на сооружении увеличивается, увеличивая, тем самым, динамические нагрузки на элементы сооружения. При этом осуществляется контроль гидравлических характеристик, включающих скорости потока, кинематику, наполнения в бьефах сооружения, размывы в нижнем бьефе сооружения и др. Если гидравлические характеристики потока соответствуют расчетным значениям, не составляет труда рассчитать давления на поверхности затвора и шарнирные соединения.

Особое внимание при проведении приемосдаточных испытаний необходимо обратить на возможность вибрации элементов затворов. Необходимо устранение такого рода явлений, которые обычно приводят к “раскачке” затвора, преждевременному истиранию и разрушению разъемных соединений. Такие явления чаще возникают на сооружениях в каналах с параметрами Фруда больше критических. Однако бывают и при оклокритических скоростях потока в канале.

В процессе испытаний обычно предусматривают проведение приработки с номинальным максимально допустимым расходом воды в отвод, что соответствует максимальным открытиям затворов, задвижек и перемычек. Время приработки обычно составляет до 24 ч.

После внедрения новой конструкции авторегулятора или стабилизатора расхода воды помимо приемосдаточных испытаний по истечении небольшого периода времени (обычно 1–2 недели) силами организации-разработчика при участии авторов конструкции проводят детальные натурные исследования, которые позволяют

выявить несоответствия между теоретическими посылками, положенными в основу конструкции, и реальными данными. Выявленные несоответствия, выходящие за пределы допустимых значений, необходимо учесть при дальнейшем совершенствовании конструкции и последующем проектировании данного типа сооружений.

При удовлетворительных результатах исследований обычно в дальнейшем ограничиваются контрольными испытаниями сооружения, которые проводятся один раз в 2–3 года. Проведение контрольных испытаний позволяет значительно повысить долговечность использования автоматизированных водовыпускных сооружений на каналах оросительных систем.

Таким образом, для обеспечения экономии оросительной воды и повышения себестоимости сельскохозяйственной продукции необходимо способствовать повышению надежности автоматизированных водовыпускных сооружений на каналах оросительных систем.

Анализ отказов автоматизированных водовыпускных сооружений, которые можно подразделить на четыре основные группы, позволяет наметить пути повышения надежности этих средств гидроавтоматики.

Своевременное и полноценное проведение испытаний автоматизированных водовыпускных сооружений на оросительных системах на надежность позволяет повысить показатели надежности современных гидромелиоративных систем.

Литература

1. Бобохидзе Ш.С. Гидравлическая автоматизация водораспределения на оросительных системах. М.: Колос, 1973. 200 с.
2. Бочкарев Я.В. Гидроавтоматика в орошении. М.: Колос, 1978. 188 с.
3. Маковский Э.Э. Автоматизация гидротехнических сооружений в системах каскадного регулирования расходов воды. Фрунзе: Илим, 1972. 302 с.
4. Промышленная робототехника / под ред. А.Я. Шифрина. М., 1982. 350 с.
5. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. Надежность машин. М.: Высшая школа, 1988. 238 с.