

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент мелиорации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»
(ФГБНУ «РосНИИПМ»)

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО
АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ СИСТЕМАМ
ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Новочеркасск
2015

Методические указания по автоматизированным системам дистанционного мониторинга технического состояния оросительных систем подготовлены сотрудниками ФГБНУ «РосНИИПМ»: доктором технических наук, доцентом С. М. Васильевым; кандидатом физико-математических наук М. В. Власовым; кандидатом технических наук А. В. Акопян; кандидатом технических наук Д. С. Гузыкиным; Л. Р. Нозадзе, С. В. Куприяновой.

Методические указания по автоматизированным системам дистанционного мониторинга технического состояния оросительных систем одобрены на заседании секции мелиорации 27 ноября 2014 года, утверждены и введены в действие приказом директора ФГБНУ «РосНИИПМ» № 16 от 3 апреля 2015 года.

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение..... | 4 |
| 1 Область применения | 5 |
| 2 Термины и определения | 6 |
| 3 Контролируемые показатели технического состояния оросительных систем | 9 |
| 3.1 Выбор элементов диагностирования | 9 |
| 3.2 Выбор показателей технического состояния | 10 |
| 3.3 Назначение критериев безопасности оросительных систем | 14 |
| 4 Оснащение оросительных систем системами мониторинга технического состояния..... | 17 |
| 4.1 Контрольно-измерительная аппаратура | 17 |
| 4.2 Информационно-диагностическая система..... | 19 |
| 4.3 Автоматизированные системы дистанционного мониторинга технического состояния оросительных систем..... | 22 |
| Заключение | 27 |
| Список использованных источников | 28 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А Рекомендации по размещению контрольно- измерительной аппаратуры на оросительных системах | 30 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б Форма контрольного листа выполнения мероприятий по ликвидации повреждения, дефекта, опасного процесса или явления на оросительной системе | 35 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В Форма таблицы представления результатов анализа технического состояния сооружения по данным автоматизированного дистанционного мониторинга количественных и качественных диагностических показателей | 36 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Г Виды контрольно-измерительной аппаратуры | 37 |

Введение

Оросительные системы, являясь сложными техническими объектами, требуют динамической и оперативной оценки своего технического состояния.

Мониторинг технического состояния оросительных систем выполняется в настоящее время путем их визуального осмотра и необходимых локальных инструментальных измерений. Как правило, в зависимости от вида элемента оросительной системы, визуальный мониторинг выполняется по списку один или несколько раз в год, в соответствии с положениями нормативных документов. Используя результаты мониторинга, разрабатывается комплекс мероприятий по уходу, техническому обслуживанию, ремонту или реконструкции элементов оросительных систем.

В связи с развитием геоинформационных систем и технологий, совершенствованием измерительных систем, включая датчики различного назначения, представляется возможным проводить постоянный и непрерывный дистанционный автоматизированный мониторинг технического состояния оросительных систем с контролем нормативных параметров элементов оросительных систем, что позволит проводить техническое обслуживание элементов оросительных систем не по списку, как в настоящее время, а по их фактическому состоянию, что приведет к увеличению межремонтных сроков при той же функциональности и безопасности.

Реализация данной задачи возможна на основе данных информационных потоков о процессах, протекающих на оросительных системах с использованием автоматизированных систем дистанционного мониторинга их технического состояния. В настоящее время отсутствуют механизмы идентификации технического состояния оросительных систем, которые позволили бы разработать автоматизированную систему дистанционного мониторинга. Однако существуют автоматизированные системы дистанционного мониторинга линейно-протяженных и точечных объектов, которые могут послужить ближайшими аналогами для разработки положений и требований методических указаний.

Существующая практика, отраженная в отечественном и зарубежном опыте использования автоматизированных систем дистанционного мониторинга технического состояния производственных объектов, позволяет существенно сократить затраты материальных ресурсов на техническое обслуживание и ремонт, что позволяет подчеркнуть актуальность и своевременность разработки данных методических указаний.

1 Область применения

Настоящие методические указания могут быть использованы при организации и проведении автоматизированного дистанционного мониторинга за диагностическими показателями технического состояния элементов оросительных систем, таких как:

- головное водозаборное сооружение;
- водоподпорные сооружения (плотины, дамбы и др.)
- каналы;
- туннели;
- водосбросные сооружения;
- гидротехнические сооружения на сети.

Настоящие методические указания могут быть использованы организациями, подведомственными Минсельхозу России, и другими хозяйствующими субъектами в области эксплуатации оросительных систем, а также специализированными проектными и научно-исследовательскими организациями, строительными и монтажными организациями, привлекаемыми для выполнения работ (услуг) в области, связанной с мониторингом технического состояния оросительных систем контрольно-измерительной аппаратурой и устройствами, системами диагностического контроля технического состояния оросительных систем.

Настоящие методические указания могут быть использованы для обеспечения мониторинга соответствия оросительных систем критериям безопасности.

Настоящие методические указания могут быть использованы при:

- организации автоматизированного дистанционного мониторинга технического состояния элементов оросительных систем в период их эксплуатации;
- определении состава контролируемых диагностических показателей элементов оросительных систем и критериям их безопасности;
- оснащении элементов оросительных систем техническими средствами контроля их состояния;
- использовании методов обработки и анализа данных автоматизированного мониторинга, оценке технического состояния оросительных систем;
- использовании данных автоматизированного мониторинга элементов оросительных систем в практике их эксплуатации.

Настоящие методические указания не регламентируют конкретный состав контрольно-измерительной аппаратуры, способы ее работы, энергообеспечение, способы передачи данных, программное обеспечение автоматизированных систем дистанционного мониторинга технического состояния для всех оросительных систем. Для каждой оросительной системы этот состав должен определяться только в результате проектирования с учетом индивидуального подхода и предпроектных изысканий.

Настоящие методические указания не учитывают все особенности средств измерений, измерительных устройств и технических систем мониторинга, примененных на разных оросительных системах. В развитие методических указаний эксплуатирующие организации могут в установленном порядке разрабатывать, утверждать и применять собственные методические указания, учитывающие конструктивные особенности оросительных систем, не противоречащие действующим нормативным документам и не снижающие уровень требований проектной документации.

Методические указания должны быть переработаны в случаях ввода в действие новых федеральных законов, содержащих неучтенные в настоящих методических указаниях требования, а также при необходимости введения новых требований и рекомендаций, обусловленных правовыми нормативными документами федеральных органов исполнительной власти, уполномоченных в соответствующей области, а также развитием науки и техники.

2 Термины и определения

В методических указаниях применены термины и определения по ГОСТ 27.002-89, а также следующие термины с соответствующими определениями:

- автоматизированная система дистанционного мониторинга (АСДМ) – система автоматического опроса дистанционной контрольно-измерительной аппаратуры, установленной на элементах оросительных систем, одновременно сравнивающая полученные результаты с критериями оценки технического состояния и безопасности;

- государственный надзор за безопасностью оросительных систем – организация и проведение уполномоченными государственными органами исполнительной власти периодических инспекций (проверок) оросительных систем с целью установления соответствия их состояния и уровня эксплуатации требованиям безопасности;

- диагностика оросительных систем – установление и прогнозирование технического состояния оросительных систем по контролируемым показателям их работы;

- диагностические показатели – наиболее значимые для оценки и диагностики технического состояния оросительных систем контролируемые показатели [1];

- информационно-диагностическая система (ИДС) – система, диагностирующая состояние контролируемого объекта, включающая базу данных наблюдений, программу их обработки и диагностические критерии для оценки состояния сооружений [2];

- измерительное устройство (ИУ) – часть измерительного прибора (установки или системы), связанная с измерительным сигналом и имеющая обособленную конструкцию и назначение [3];

- измерительный створ – прямая линия в измерительном сечении, по которой располагаются контрольно-измерительная аппаратура и устройства [2];

- мониторинг технического состояния – контроль во времени физического и напряженно-деформированного состояния сооружения, в том числе инструментальными методами, с целью поддержания необходимого уровня его потребительских свойств [4];

- система мониторинга (состояния оборудования) – совокупность процедур, процессов и ресурсов, реализованных с использованием диагностической сети, позволяющая по результатам измерений заданных параметров в заданных точках и наблюдений за работой оборудования получить информацию о текущем техническом состоянии оборудования, опасностях и рисках, связанных с его применением, требуемых действиях обслуживающего персонала и другие сведения, необходимые для реализации установленных предупреждающих мер [5];

- объект (элемент) контроля – сооружение, здание или их ответственные элементы, подлежащие контролю прочности, устойчивости или водопроницаемости [6];

- технические состояния оросительных систем:

1) исправное (работоспособное) – состояние оросительной системы, при котором значения диагностических показателей ее состояния не превышают своих критериальных значений K_1 ;

2) неисправное (частично работоспособное) – состояние, при котором значение хотя бы одного диагностического показателя состояния, хотя

бы одного элемента оросительной системы стало больше его критериального значения K_1 , но не превысило критериального значения K_2 ;

3) предаварийное (неработоспособное) – состояние, при котором значение хотя бы одного диагностического показателя состояния, хотя бы одного элемента оросительной системы стало больше его критериального значения K_2 ;

- уровни безопасности оросительной системы:

1) нормальный – уровень оросительной системы, которому соответствует нормальное (исправное) техническое состояние всех элементов оросительной системы, а их эксплуатация осуществляется в соответствии с проектом и правилами эксплуатации без нарушения действующих законодательных актов, норм и правил;

2) пониженный – уровень безопасности оросительной системы, которому соответствует нормальное (исправное) техническое состояние оросительной системы, но собственник (эксплуатирующая организация) которого допускает нарушение правил технической эксплуатации, невыполнение первоочередных мероприятий или неполное выполнение предписаний органов государственного надзора по обеспечению безопасности оросительной системы;

3) неудовлетворительный – уровень безопасности оросительной системы, которому соответствует неисправное техническое состояние любого элемента оросительной системы, эксплуатирующихся в условиях снижения механической или фильтрационной прочности, превышения предельно допустимых значений критериев безопасности для исправного состояния, других отклонений от проектного состояния, способных привести к возникновению аварии;

4) критический – уровень безопасности оросительной системы, эксплуатация которого происходит в условиях развивающихся процессов снижения прочности и устойчивости элементов конструкции, превышения предельно допустимых значений критериев безопасности, характеризующих переход от неисправного к неработоспособному состоянию оросительной системы;

- критерии безопасности – установленные нормативно-техническими документами и (или) органами Государственного надзора и контроля значения параметров и (или) характеристик последствий аварий, при соблюдении которых обеспечивается безопасность оросительных систем (ОС);

- эксплуатирующая организация – юридическое лицо независимо от его организационно-правовой формы, владеющее и использующее ороси-

тельную систему на праве оперативного управления, хозяйственного ведения, аренды или иных законных основаниях;

- чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии на оросительной системе, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [7].

3 Контролируемые показатели технического состояния оросительных систем

3.1 Выбор элементов диагностирования

Автоматизированный дистанционный мониторинг оросительных систем должен предусматривать оценку их технического состояния на основе данных наблюдений. Эксплуатационная надежность и безопасность оросительных систем оценивается по известным (полученным наблюдениями) диагностическим показателям и признакам надежности ее элементов и соответствующим им предельно допустимым значениям – критериям безопасности.

В состав контролируемых объектов автоматизированного дистанционного мониторинга оросительной системы должны включаться те из ее конструктивных элементов, состояние которых в значительной степени определяет надежность и безопасность системы в целом.

При выборе элементов автоматизированного дистанционного мониторинга оросительной системы должны учитываться ее конструктивные особенности, класс, условия эксплуатации, а также особенности и дефекты строительства.

В общем случае для оросительных систем II и III классов в состав основных элементов диагностирования должны включаться: бетонные массивы в виде опытных секций и блоков напорной и низовой граней, подпорные стенки и перекрытия; противофильтрационные элементы и дренажные устройства; крепления откосов, водобойных колодцев и рисберм; зоны сопряжения сооружений на системе с основанием и берегами; облицовки водоводов; конструктивные и строительные швы и др.

Для каждой конкретной оросительной системы, в зависимости от конструктивных особенностей, условий эксплуатации и возможных последствий при повреждениях, состав элементов диагностирования ее рабо-

ты и состояния должен определяться проектом наблюдений и уточняться в процессе эксплуатации.

Каждый из назначенных для контроля элементов диагностирования системы должен характеризоваться одним или совокупностью количественных диагностических показателей или качественных признаков ее технического состояния, регистрируемых наблюдениями в период эксплуатации.

3.2 Выбор показателей технического состояния

Состав контролируемых диагностических показателей и признаков для оценки технического состояния оросительных систем должен определяться проектом наблюдений в соответствии с конструктивными особенностями и классом систем, составом элементов диагностирования, условиями строительства и эксплуатации.

Контролируемые диагностические показатели и признаки должны быть представлены важнейшими количественными и качественными характеристиками работы и состояния элементов системы на различных стадиях ее эксплуатации.

В период наполнения каналов в первые два–три года эксплуатации оросительной системы систем при полном проектном напоре состав контролируемых диагностических показателей и признаков должен быть уточнен с учетом проявившихся за этот период времени особенностей ее работы. Аналогичные периодические уточнения показателей следует производить и в последующем через каждые пять лет и по мере проявления признаков старения системы.

В минимально необходимом объеме в состав контролируемых диагностических показателей и признаков оросительных систем II–III классов в соответствии с требованиями [8–13], должны быть включены следующие:

- для грунтовых плотин (дамб):
 - 1) осадки гребня и основания;
 - 2) горизонтальные перемещения гребня (берм);
 - 3) фильтрационные (пьезометрические) напоры в области фильтрации;
 - 4) положение поверхности депрессии фильтрационного потока;
 - 5) фильтрационный расход через плотину и основание;
 - 6) градиенты фильтрационных напоров в теле плотины, на противофильтрационных элементах, в основании;

7) проявления очагов сосредоточенной фильтрации, суффозии грунта, трещин и просадок грунта, повреждений волновых креплений откосов, заиления дренажных устройств;

- для бетонных и железобетонных плотин:

- 1) напряжения и деформации в теле плотины и в основании;
- 2) усилия в арматуре в ответственных железобетонных элементах;
- 3) противодействие воды на подошву плотины;
- 4) фильтрационные расходы, напоры и градиенты напоров в областях фильтрации;

5) отложения донных наносов грунта;

6) осадки плотины и основания;

7) горизонтальные перемещения гребня;

8) раскрытия швов и трещин;

9) размывы в нижнем бьефе;

10) образование трещин, деструктивные разрушения бетона;

- для каналов:

1) осадка дамб, ограждающих русло канала;

2) поверхность депрессии фильтрационного потока через дамбы;

3) фильтрационные расходы;

4) проявления повреждений крепления внутренних откосов дамб, локальные оползни, размывы и просадки грунта откосов;

- для напорных трубопроводов (водоводов):

1) напряжения в оболочках (сталь, железобетон);

2) раскрытие швов и трещин в оболочках;

3) осадки и смещения анкерных опор;

4) коррозионный и абразивный износ стенок;

- для оснований гидротехнических сооружений:

1) осадка основания под сооружением;

2) напряжения в грунте основания на контакте с сооружением;

3) фильтрационные напоры и градиенты напора в основании;

4) фильтрационные расходы через основание и береговые примыкания;

5) мутность профильтровавшей через основание воды;

6) поровое давление воды в глинистых грунтах;

7) проявления очагов сосредоточенной фильтрации, суффозии грунта, локальных выходов грунта и оползней на береговых склонах. Перечень рекомендуемых наблюдений и контролирующих приборов для таких эле-

ментов оросительных систем, как головной водозабор, магистральный канал, туннель, водосбросное сооружение приведен в таблице 1.

Фактические значения нагрузок и воздействий на систему или ее отдельные элементы должны использоваться при оценке реакции элементов на эти нагрузки, при корректировке расчетных схем и математических моделей системы при установлении и последующем уточнении критериев безопасной работы системы.

Таблица 1 – Рекомендуемые наблюдения и контролирующие приборы показателей технического состояния основных элементов оросительных систем II-III класса

| Элементы оросительных систем | Вид наблюдений или измеряемая величина | Контролирующие приборы |
|----------------------------------|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Головной водозабор (плотинный) | Осредненный пьезометрический напор (давление) на площадке | Измеритель осредненного и пульсационного напора |
| | Кавитационное излучение | Ультразвуковой шумомер |
| | Кавитационный и абразивный износ | Дистанционный измеритель эрозии металла |
| | | Дистанционный измеритель разрушения бетона |
| | Деформация | Волоконно-оптический датчик деформации |
| | Фильтрация | Волоконно-оптический датчик температуры |
| Подмыв низового конца сооружения | Волоконно-оптический датчик деформации | |
| Магистральный канал | Фильтрация | Волоконно-оптический датчик температуры |
| | Размывы | Волоконно-оптический датчик деформации |
| Туннель | Уровень воды в туннеле | Измеритель уровня дистанционный |
| | | Самописец уровня воды длительного действия |
| | Осредненный пьезометрический напор (давление) воды и воздуха (вакуум) | Пьезометр |
| | | Пьезометр-вакуумометр |
| | | Пружинный манометр |
| | Осредненный и пульсационный пьезометрический напор (давление) | Измеритель осредненного пьезометрического напора (давления) |
| | | Измеритель пьезометрического напора (давления) |
| | Осредненный пьезометрический напор (давление) на площадке | Измеритель осредненного и пульсационного напора |
| Фильтрация | Волоконно-оптический датчик температуры | |
| Кавитационное излучение | Ультразвуковой шумомер | |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|--|
| | Кавитационный и абразивный износ | Дистанционный измеритель эрозии металла |
| | | Дистанционный измеритель разрушения бетона |
| | Скорость течения и содержание в потоке воздуха | Измеритель скорости и содержания воздуха в пристенном слое |
| | Скорость течения воды или воздуха | Трубка Пито |
| | | Вертушка |
| | Содержание воздуха | Датчик аэрации |
| | Аэрация на границе потока | Измеритель аэрации на границе потока |
| Скорость потока воздуха | Анемометр | |
| Водосбросное сооружение | Уровень воды | Самописец уровня длительного действия. |
| | | Ультразвуковой уровнемер |
| | | Преобразователь уровня измерительный струнный |
| | Осредненный пьезометрический напор воды и воздуха | Пьезометр |
| | | Пьезометр-вакуумометр |
| | | Преобразователь давления измерительный струнный прецизионный* |
| | Осредненный и пульсационный пьезометрический напор (давление) | Измеритель осредненного пьезометрического напора (давления) |
| | | Измеритель пьезометрического напора (индуктивный датчик давления) |
| | Осредненный пьезометрический напор (давление) на площадке | Измеритель осредненного и пульсационного напора (давления) на площадке |
| | Фильтрация | Волоконно-оптический датчик температуры |
| | Кавитационное излучение | Ультразвуковой шумомер |
| | Кавитационный и абразивный износ | Дистанционный измеритель эрозии металла |
| | Скорость течения воды и содержание в потоке воздуха | Измеритель скорости и содержания воздуха в пристенном слое |
| | Аэрация на границе потока | Измеритель аэрации на границе потока |
| | Содержание воздуха | Датчик аэрации |
| Скорость потока воздуха | Анемометр | |
| Расход через подводящие напорные водоводы | Ультразвуковой расходомер | |
| | Перепадный расходомер | |
| | Ультразвуковой расходомер | |

3.3 Назначение критериев безопасности оросительных систем

Критерии безопасности оросительных систем должны быть установлены в соответствии с требованиями Федерального закона от 21.07.1997 № 117-ФЗ [14] по следующим основным показателям безопасности:

- прочность (в том числе фильтрационная);
- устойчивость;
- пропускная способность.

Критерии безопасности должны быть установлены для каждой оросительной системы, повреждение которой может привести к возникновению чрезвычайной ситуации, и утверждены в установленном порядке в надзорных органах.

За критерии безопасности оросительных систем следует принимать предельные значения количественных и качественных показателей их технического состояния и условий эксплуатации, которые, с одной стороны, соответствуют допустимому уровню риска аварии системы, а с другой – однозначно характеризуют одно из ее состояний: исправное (работоспособное), неисправное (частично работоспособное) или предаварийное (неработоспособное).

Для оросительных систем критерии безопасности должны быть разработаны для двух уровней значений их диагностических показателей:

- K_1 – первый (предупреждающий) уровень значений диагностических показателей, характеризующих переход системы от работоспособного состояния к частично работоспособному состоянию, при достижении которого устойчивость, механическая и фильтрационная прочность водосбросных и водопропускных сооружений соответствуют условиям нормальной эксплуатации;

- K_2 – второй (предельный) уровень значений диагностических показателей, характеризующий переход системы от частично работоспособного в неработоспособное (предаварийное) состояние, при превышении которых эксплуатация оросительной системы в проектных режимах не допустима.

Критерии безопасности оросительных систем должны быть установлены на стадии проектирования. На стадиях строительства, эксплуатации и (или) реконструкции оросительной системы, а также изменений условий ее эксплуатации, изменения требований норм и правил безопасности оросительных систем – критерии подлежат уточнению.

Для эксплуатируемых оросительных систем численные критериальные значения K_1 и K_2 диагностических показателей следует назначать проверочными расчетами по действующим нормам на основное и особое сочетание нагрузок и воздействий. При этом в расчетных моделях и схемах должны быть учтены конструктивные изменения системы, внесенные в ходе строительства и эксплуатации, уточненные расчетные нагрузки, характеристики грунтов и материалов, а также выявленные наблюдениями особенности работы, процессы и дефекты, влияющие на прочность и устойчивость системы.

Для диагностических показателей, для которых достоверные расчетные значения получить сложно (из-за отсутствия исходных данных, сложности учета многочисленных факторов и т. п.), критериальные значения могут быть установлены статистическим методом по результатам анализа данных многолетних наблюдений за работой и состоянием системы.

Статистические методы для назначения критериев безопасности могут быть применены для всего комплекса измеряемых диагностических показателей при наличии представительного (5–10 лет) временного ряда измерений в диапазоне нагрузок и воздействий, ранее испытанных оросительной системой в процессе эксплуатации.

При наличии четких связей количественных диагностических показателей системы с уровнями нагрузок, воздействий и цикличностью их изменения во времени, критерии безопасности могут быть установлены в виде функциональных зависимостей (закономерностей изменения) между ними (например, по графикам связей уровней воды в пьезометрах или фильтрационных расходов с действующим на системе напором воды, раскрытие швов и трещин от температуры и т. п.).

При проведении автоматизированного мониторинга технического состояния оросительных систем в период эксплуатации следует наряду с измерениями количественных диагностических показателей, контролировать на основе визуальных наблюдений и экспертных оценок качественные диагностические показатели (признаки) их технического состояния.

¹ ² (аналогичных по смыслу количественным критериям K_1 и K_2) устанавливаются экспертным путем на основе анализа сценариев потенциально возможных аварий и прогноза возможных изменений работы и состояния эксплуатируемой оросительной системы под воздействием различных деструктивных процессов, неисправностей и отказов в работе, природных и техногенных нагрузок и воздействий.

В общем случае, в соответствии с общими требованиями по проектированию и строительству [12] в состав контролируемых визуальными наблюдениями качественных диагностических показателей (признаков) технического состояния эксплуатируемых оросительных систем должны включаться следующие показатели:

- наличие и развитие очагов выхода фильтрации на низовые откосы грунтовых плотин (дамб), на береговые склоны, на территорию нижнего бьефа;

- наличие и развитие очагов механической или химической суффозии грунта в плотинах, берегах, основании;

- засорение, зарастание, перемерзание дренажных устройств;

- наличие и развитие трещин, локальных воронок проседания грунта, оползневых «цирков», очагов выпора и пучения грунтов на грунтовых сооружениях;

- повреждения волнозащитных креплений откосов плотин (дамб);

- образование наледей на откосах, у дренажей, на береговых склонах;

- протечки через швы и трещины в бетонных сооружениях и подземных выработках;

- механические повреждения, морозная коррозия, трещинообразование и выщелачивание бетона в элементах сооружений;

- размывы русел каналов и русел в нижних бьефах;

- обнажение и коррозия рабочей арматуры несущих железобетонных элементов сооружений и анкерных креплений стен.

Состав контролируемых качественных диагностических показателей (признаков) для каждой конкретной оросительной системы назначается и уточняется, а при необходимости – дополняется, исходя из особенностей ее конструкции, условий и опыта эксплуатации, реального технического состояния, наличия (отсутствия) и характера развития деструктивных процессов, если таковые имеют место.

Качественные диагностические показатели эксплуатируемой системы

- 1, если они характеризуются начальной стадией (признаком) проявления и отсутствием развития деструктивных процессов во времени. При этом техническое состояние оросительных систем по данным показателям оценивается как неисправное (частично работоспособное).

- 2 качественных диагностических показателей характеризуется их явным проявлением, развитием дест-

руктивных процессов во времени, способным вызвать значительные повреждения или аварию. При этом следует считать, что оросительная система переходит в неработоспособное (предаварийное) состояние.

Назначенные для оросительных систем диагностические показатели и их критериальные значения должны быть занесены в базы данных систем мониторинга.

4 Оснащение оросительных систем системами мониторинга технического состояния

4.1 Контрольно-измерительная аппаратура

Оснащение эксплуатируемых оросительных систем контрольно-измерительной аппаратурой (КИА) и измерительными устройствами (нижний уровень автоматизированных систем дистанционного мониторинга технического состояния оросительных систем (АСДМ ТС ОС)) должно осуществляться, главным образом, в период их строительства по специальному проекту наблюдений (мониторинга).

В состав КИА должны включаться измерительные приборы (датчики, преобразователи) серийного (промышленного) типа, прошедшие метрологическую аттестацию и сертификацию, удовлетворяющие требованиям по точности, диапазону измерений и долговременной стабильности.

Выбор в проекте номенклатуры и типов измерительных приборов и устройств должен производиться исходя из требований обеспечения дифференцированного и достоверного контроля фактических значений диагностических показателей работы и оценки технического состояния ОС во всем диапазоне действующих на них проектных нагрузок и воздействий.

Контрольно-измерительная аппаратура на ОС должна быть установлена в наиболее «чувствительных» к нагрузкам и напряженным точках (зонах, участках) таким образом, чтобы для каждого расчетного критерия безопасности ОС была получена измерениями численная величина соответствующего контролируемого диагностического показателя.

При назначении номенклатуры и количества КИА и других измерительных устройств должны быть удовлетворены требования, чтобы результаты наблюдений обладали необходимой представительностью, достоверностью и сравнимостью.

Приборы и устройства предназначенные для проведения наблюдений размещаются, как правило, в контрольных секциях, сечениях и ство-

рах с учетом конструктивных решений, инженерно-геологических особенностей и условий эксплуатации (приложение А).

Количество контрольных измерительных сечений по длине ОС назначаются с таким расчетом, чтобы по показаниям установленной в них КИА можно было с достаточной подробностью характеризовать работу и состояние ОС в целом и отдельных наиболее ответственных участков и элементов.

На стадии проекта контрольные поперечные сечения для производства наблюдений, как правило, следует располагать в зонах возможных ослаблений напряженно-деформированного состояния, фильтрационной прочности, устойчивости, трещинообразования (выявленных расчетными путями, специальными исследованиями или наблюдениями).

Для исключения возможных ошибок при измерениях, а также для уменьшения разброса и повышения надежности полученных результатов измерительные сечения, створы, точки в ряде случаев следует дублировать.

Количество и состав приборов, устанавливаемых в измерительных сечениях, створах и точках, обуславливаются решаемыми задачами. Минимально необходимое количество измерительных приборов в створах диктуется также требованиями статистической обработки результатов, необходимостью построения эпюр, графиков, зависимостей и составления иной отчетной документации.

После первичного наполнения каналов и выявления «слабых» мест в работе ОС проектное количество контрольных наблюдательных сечений или створов должно быть уточнено, а при необходимости – увеличено. В процессе длительной эксплуатации ОС эти уточнения периодически должны проводиться с учетом показателей работы ОС, в том числе процессов старения, изменения состава диагностических показателей ОС, перераспределения нагрузок и других факторов.

Устанавливаемая на оросительную систему КИА, кабельные коммуникации и измерительные устройства должны быть надежно защищены от повреждений строительными механизмами.

Монтаж КИА, измерительных устройств и систем должен осуществляться подрядной организацией в соответствии с рабочими чертежами проекта под авторским надзором со стороны проектной организации. Для методического и технического руководства монтажом КИА и проведением наблюдений может быть привлечена специализированная научно-исследовательская организация на договорной основе.

Установка в сооружения КИА и измерительных устройств должна быть оформлена соответствующим актом. К акту должны быть приложены:

- исполнительная схема размещения средств измерений, на которой указываются ОС или ее элементы (секция, карта, сечение и др.); подробная планово-высотная привязка установленных приборов, их типы или марки, номера по проекту и заводские; важнейшие детали установки;
- паспорта средств измерений;
- акты предмонтажной и послемонтажной проверки работоспособности приборов.

При сдаче ОС подрядная организация, осуществлявшая монтаж КИА, передает по акту приемки-сдачи установленную контрольно-измерительную аппаратуру со следующей документацией:

- комплект рабочих чертежей и исполнительных схем на установку КИА;
- паспорта, аттестаты и монтажно-эксплуатационные инструкции средств измерений;
- акты предмонтажной и послемонтажной проверок работоспособности приборов, акты на установку приборов в сооружения;
- монтажные ведомости приборов;
- журналы наблюдений и ведомости с нулевыми отсчетами по каждому прибору, технические отчеты по выполненным наблюдениям за ОС.

Установленная в гидротехнические сооружения КИА должна быть скоммутирована кабельными линиями на измерительные терминалы (пульты) и промаркирована.

4.2 Информационно-диагностическая система

Информационно-диагностическая система (ИДС) (верхний уровень АСДМ ТС ОС) должна создаваться на базе современных компьютерных и информационных технологий и программно-технического обеспечения.

В общем случае ИДС как составная часть автоматизированной системы дистанционного мониторинга технического состояния оросительных систем должна обеспечивать:

- накопление и хранение данных наблюдений и информации, необходимой для первичной и вторичной обработки данных измерений, а также осуществлении диагностики ОС;
- первичную и вторичную обработку данных измерений по КИА;

- визуализацию данных наблюдений (построение таблиц, графиков, эпюр и др.);
- графическое отображение схем размещения КИА в контролируемых элементах (в контрольных секциях, сечениях и др.);
- оперативную диагностику состояния ОС путем сравнения контролируемых диагностических показателей с их критериальными значениями (критериями безопасности);
- доступ к данным наблюдений, расчетным или экспериментальным проектным значениям и критериям безопасности.

Информационно-диагностическая система должна создаваться для обеспечения ее использования как в минимальной (локальной) конфигурации на базе некоммерческих программных продуктов, так и в сетевой конфигурации на основе мощных коммерческих сетевых распределенных вычислительных систем.

Устанавливаемая на ОС информационно-диагностическая система контроля эксплуатационной надежности и безопасности ОС должна включать:

- информационную структуру системы, взаимосвязи между элементами системы, унифицированные протоколы взаимодействия между элементами;
- унифицированные средства построения интерфейса пользователя;
- унифицированный интерфейс взаимодействия с базами данных;
- формализованные требования к технологическому программному обеспечению, работающему в рамках системы;
- программное обеспечение для работы через выбранные унифицированные интерфейсы;
- интерфейсы пользователя для работы с адаптированными программами через унифицированный интерфейс;
- базу данных на логическом уровне;
- базу данных на физическом уровне;
- вычислительные методы для контроля и прогноза состояния ОС на базе математических моделей с использованием данных наблюдений;
- графические интерфейсы конечного пользователя к информации, хранящейся в базе данных.

Приложения для:

- визуализации процессов изменения контролируемых параметров во времени и друг от друга;

- построения различных эпюр и изолиний, графиков изменения количественных диагностических показателей;
- занесения измеренных значений контролируемых параметров в базу с контролем ошибок ввода и на соответствие ожидаемому значению;
- экспорта данных из базы в каком-либо из выбранных форматов;
- передачи результатов наблюдений адресатам по команде оператора;
- подготовки отчетов.

В базе данных информационно-диагностической системы должны храниться:

- описание объектов наблюдения – паспортные данные сооружений на ОС, природные условия (климатические, топографические, инженерно-геологические, гидрологические, сейсмические), чертежи (разрезы, планы) сооружений;
- характеристики технических средств контроля – схемы размещения КИА, паспортные и тарировочные данные КИА;
- замеры по КИА;
- значения контролируемых диагностических показателей, переведенные в физические показатели (перемещения, температуры, деформации, пьезометрические напоры), контролируемые показатели, вычисленные по измеренным показателям (напряжения, градиенты напоров и т. д.);
- результаты наблюдений (качественные признаки, используемые при диагностическом контроле);
- документация о материалах и технологии возведения ОС;
- документация об имевших место повреждениях, авариях и ремонтах, информация о землетрясениях, перенесенных ОС;
- акты обследований состояния ОС;
- критериальные значения контролируемых показателей;
- информация об используемых прогнозных моделях.

Информационно-диагностическая система должна предоставлять пользователю доступ к визуальной информации в виде:

- графиков изменения контролируемых параметров во времени;
- графиков зависимостей одного контролируемого параметра от другого;
- различных эпюр (отвесы, пьезометрические уровни, противодавление, осадки, напряжения);
- изолиний;
- форм ввода данных с контролем ошибок ввода и соответствия ожидаемому значению;

- форм подготовки запроса и передачи данных наблюдений адресату по команде оператора для экспертной оценки;
- шаблонов подготовки отчетов (приложения Б, В).

Программный комплекс информационно-диагностической системы должен удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать диагностический контроль сооружений в соответствии с требованиями законодательных и нормативных документов;
- иметь модульную структуру, где каждый модуль направлен на решение конкретной задачи (хранения данных, интерфейса, визуализации, экспресс-анализа и т. д.);
- программные модули должны быть документированы в соответствии с требованиями ГОСТ 19.106 [15], и представлены в виде исходных кодов;
- в программном обеспечении должны быть использованы стандартные форматы передачи данных и изображений.

Система должна быть рассчитана на работу в наиболее распространенных в настоящее время на территории России операционных средах либо для повышения надежности и быстродействия иметь полностью функциональную мультиплатформенную версию.

Информационно-диагностическая система объекта должна содержать в базах данных, кроме материалов наблюдений за ОС, всю необходимую справочную информацию, проектные материалы, диагностические и расчетные показатели сооружений и их критериальные значения, схемы размещения КИА в контрольных створах и сечениях, паспортные и тарировочные данные измерительных приборов, программный комплекс и др., которыми обеспечивается на современном уровне обработка, интерпретация и анализ данных наблюдений, оценка технического состояния и безопасности ОС.

4.3 Автоматизированные системы дистанционного мониторинга технического состояния оросительных систем

Автоматизированная система дистанционного мониторинга технического состояния оросительных систем (АСДМ ТС ОС) должна представлять собой интегрированную систему, включающую в себя:

- верхний уровень: информационно-диагностическую систему (ИДС), обеспечивающую сбор, хранение, обработку и анализ результатов

измерений по КИА, оперативное диагностирование и оценку безопасности сооружений;

- нижний уровень: автоматизированную систему опроса КИА (АСО КИА) с использованием датчиков, установленных в сооружениях, и телекоммуникационных средств передачи результатов измерений на сервер сбора данных.

Примечание – для ОС, не оснащенных или оснащенных в недостаточном количестве дистанционными измерительными устройствами, допускается применять АСДМ (ИДС) без АСО КИА. В этих случаях регулярные измерения по приборам в сооружениях должны производиться «вручную» переносными вторичными приборами опроса и затем заноситься в компьютер информационно-диагностической системы для последующей обработки, интерпретации и анализа.

В общем случае АСДМ как составная часть системы мониторинга ОС должна обеспечивать:

- автоматизированный опрос установленных на ОС телеметрических приборов, регистрацию их показаний и передачу информации на пульт оператора;

- накопление и хранение данных наблюдений и другой необходимой информации;

- первичную и вторичную обработку данных измерений по КИА, сравнение их с критериальными значениями диагностических показателей;

- визуализацию данных наблюдений (построение таблиц, графиков, эпюр и др.);

- доступ к данным наблюдений, сравнение их с расчетными или экспериментальными проектными значениями и критериями безопасности;

- графическое отображение схем размещения КИА в контролируемых элементах сооружения (в контрольных секциях, сечениях и др.);

- контроль работоспособности (тестирование) измерительных приборов, установленных на ОС.

Автоматизированная система опроса приборов в сооружении (нижний уровень АСДМ) должна базироваться на использовании измерительных терминалов, соединенных в общую локальную сеть. В состав терминала должны входить: электронный многоканальный коммутатор; аналого-цифровое устройство опроса приборов и приема сигналов от них; программируемый логический контроллер (микропроцессор), управляющий технологическим процессом опроса приборов и передачей информации на базовый компьютер. На рисунке 1 приведена рекомендуемая структурная

схема работы автоматизированных систем дистанционного мониторинга технического состояния оросительных систем.

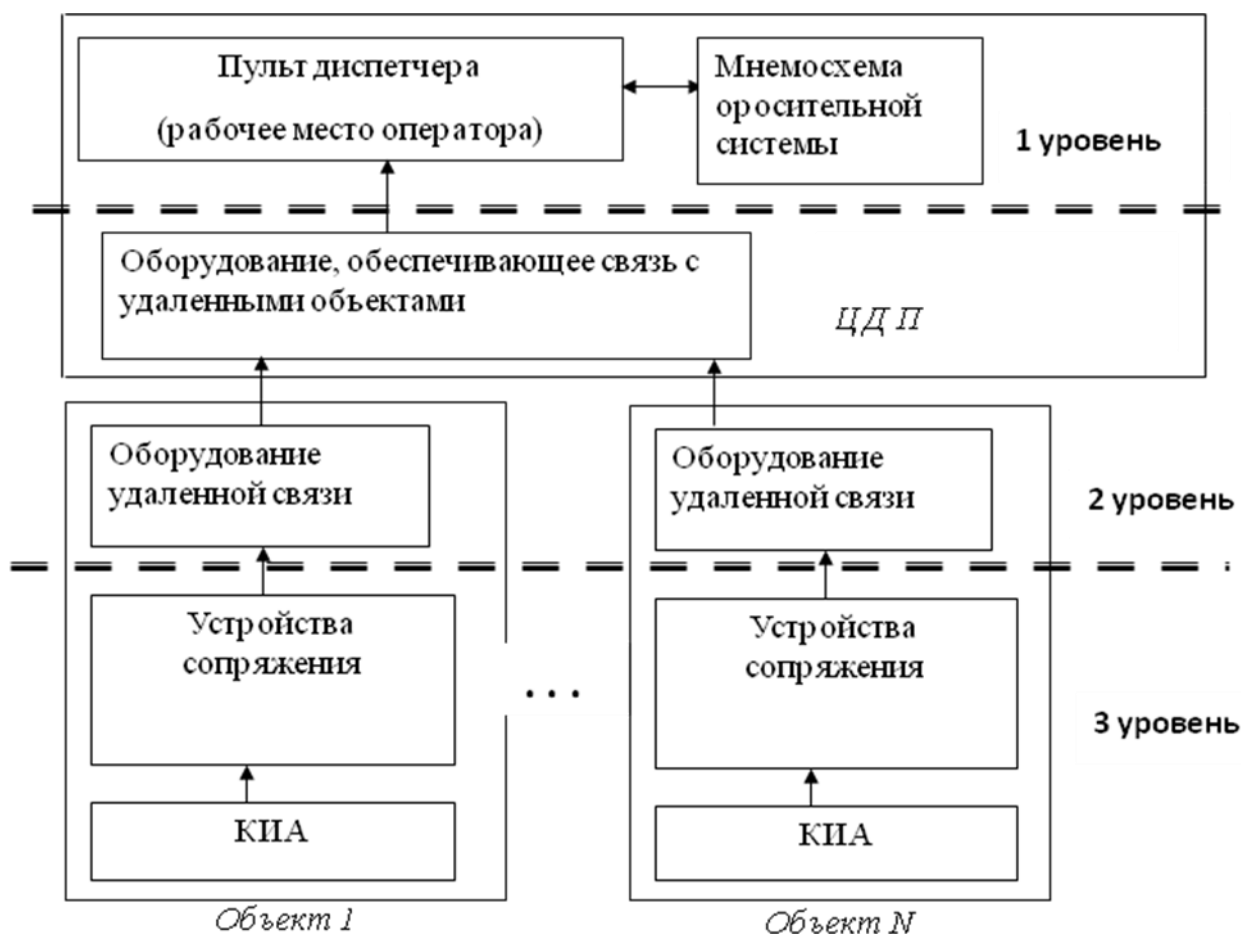


Рисунок 1 – Структурная схема работы автоматизированных систем дистанционного мониторинга технического состояния оросительных систем

Программно-технический комплекс автоматизированной системы опроса приборов КИА должен выполняться на основе унифицированных технических, программных и информационных средств с использованием минимального числа типов и конструктивного исполнения аппаратуры и телекоммуникационного оборудования.

Процедура опроса датчиков должна управляться программой, установленной на сервере центрального пульта сбора информации. Сервер должен входить в локальную компьютерную сеть электростанции, иметь соответствующую СУБД для работы информационно-диагностической системы контроля безопасности гидротехнических сооружений, обеспечивать передачу информации на рабочие места эксплуатационной и технической служб ОС и в системы мониторинга вышестоящих уровней.

Для ОС II и III классов состав основных технических и программных средств автоматизированных систем мониторинга их состояния представлен в таблице 2 и в приложении Г (соответствует нормативному документу [8]).

Установленные на объекте АСДМ и ИДС, входящие в систему мониторинга, должны быть испытаны в работе и сданы по акту приемки-сдачи.

Таблица 2 – Состав основных технических и программных средств систем мониторинга ОС

| Технические и программные средства мониторинга ОС | Класс сооружения | |
|---|------------------|-----|
| | II | III |
| 1 | 2 | 3 |
| 1 Системы мониторинга | + | + |
| 1.1 Правила (инструкция) мониторинга ОС | + | + |
| 1.2 Средства инструментальных наблюдений | + | + |
| 1.3 Компьютерные средства | + | + |
| 2 Средства инструментальных наблюдений | + | + |
| 2.1 Дистанционная контрольно-измерительная аппаратура, совместимая с автоматизированными информационно-измерительными диагностическими системами | + | * |
| 2.2 Средства геодезического контроля, пьезометры, мерные водосливы, средства химического анализа и другие измерительные устройства, требующие участие человека в процессе измерений | + | + |
| 3 Выносные модули и автономные терминалы автоматизированных информационно-измерительных систем, обеспечивающие автоматизированный сбор информации о состоянии ОС | * | * |
| 4 Компьютерные программные средства | + | - |
| 4.1 Программное обеспечение автоматизированного ввода данных измерений | * | * |
| 4.2 Программное обеспечение первичной обработки данных измерений | + | * |
| 4.3 Программное обеспечение формализации отчетных материалов и графического оформления результатов измерений и анализа данных наблюдений | + | * |
| 5 Программное обеспечение базы данных (БД) | + | * |
| 5.1 Информация о сооружениях на ОС (текстовая, графическая, табличная) | + | * |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| 5.2 Инструкция о составе наблюдений, установленной КИА и системе мониторинга ОС | + | * |
| 5.3 Данные наблюдений и результаты их первичной обработки | + | * |
| 5.4 Данные диагностики и прогноза состояния сооружений | + | * |
| 5.5 Результаты анализа риска аварии (уровня безопасности) | + | * |
| 6 Интерфейс пользователя информации БД | + | * |
| 6.1 Ввод, редактирование, корректировка информации БД | + | * |
| 6.2 Просмотр результатов измерений | + | * |
| 6.3 Представление отображенной информации | + | * |
| 6.4 Диагностирование состояния сооружений | + | * |
| 6.5 Создание отчетных материалов | + | * |
| 7 Программные средства | + | * |
| 7.1 Регрессионный анализ результатов наблюдений | * | * |
| 7.2 Детерминистические модели работы сооружений | * | * |
| 7.3 Оценка риска аварии (уровня безопасности) | + | * |
| «+» – обязательное требование; «*» – рекомендуемое требование. | | |

Заключение

В данной работе представлены методические указания по автоматизированным системам дистанционного мониторинга технического состояния оросительных систем, использование которых позволит существенно сократить затраты материальных ресурсов на техническое обслуживание и ремонт элементов оросительных систем.

Разработанные методические указания по автоматизированным системам дистанционного мониторинга технического состояния оросительных систем позволят реализовать следующие практические задачи:

- проведение постоянного и непрерывного дистанционного автоматизированного мониторинга технического состояния оросительных систем с контролем нормативных параметров элементов оросительных систем;

- осуществление оперативного контроля, предусматривающего непрерывный анализ состояния всех элементов оросительных систем путем сопоставления их диагностических показателей с критериями безопасности;

- проведение оперативного технического обслуживания элементов оросительных систем по их фактическому состоянию, что приведет к увеличению межремонтных сроков при той же функциональности и безопасности.

Методические указания могут быть использованы организациями, подведомственными Министерству сельского хозяйства Российской Федерации, и другими хозяйствующими субъектами в области эксплуатации оросительных систем.

Список использованных источников

1 ГОСТ Р 22.1.11-2002. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг состояния водоподпорных гидротехнических сооружений (плотин) и прогнозирование возможных последствий гидродинамических аварий на них. Общие требования. – Введ. 2003-07-01 [Электронный ресурс]. – ИС «Техэксперт: Интернет», 2014.

2 СТО 17330282.27.140.004-2008. Контрольно-измерительные системы и аппаратура гидротехнических сооружений ГЭС. Условия создания. Нормы и требования. – Введ. 2008-04-15 [Электронный ресурс]. – ИС «Техэксперт: Интернет», 2014.

3 РМГ 29-99 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения (с изменениями № 1, 2). – Введ. 2001-01-01 [Электронный ресурс]. – ИС «Техэксперт: Интернет», 2014.

4 СП 79.13330.2012. Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний. Актуализированная редакция СНиП 3.06.07-86. – Введ. 2012-06-30 [Электронный ресурс]. – ИС «Техэксперт: Интернет», 2014.

5 ГОСТ Р 53564-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга. – Введ. 2011-01-01 [Электронный ресурс]. – ИС «Техэксперт: Интернет», 2014.

6 СТО 70238424.27.140.035-2009. Гидроэлектростанции. Мониторинг и оценка технического состояния гидротехнических сооружений в процессе эксплуатации. Нормы и требования. – Введ. 2009-12-31 [Электронный ресурс]. – ИС «Техэксперт: Интернет», 2014.

7 О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ: по состоянию на 21 июля 2014 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

8 СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция. – Введ. 2013-01-01 [Электронный ресурс]. – ИС «Техэксперт: Интернет», 2014.

9 СП 23.13330.2011. Основания гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85. – Введ. 2011-05-20 [Электронный ресурс]. – ИС «Техэксперт: Интернет», 2014.

10 СП 39.13330.2012. Плотины из грунтовых материалов. Актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84*. – Введ. 2011-12-29 [Электронный ресурс]. – ИС «Техэксперт: Интернет», 2014.

11 СП 40.13330.2012. Плотины бетонные и железобетонные. Актуализированная редакция СНиП 2.06.06-85. – Введ. 2011-12-29 [Электронный ресурс]. – ИС «Техэксперт: Интернет», 2014.

12 СТО НОСТРОЙ 2.33.20-2011. Мелиоративные системы и сооружения. Часть 1. Оросительные системы. Общие требования по проектированию и строительству. – Введ. 2011-12-05 [Электронный ресурс]. – ИС «Техэксперт: Интернет», 2014.

13 СНиП 3.07.03-85* Мелиоративные системы и сооружения (с изменением № 1): утв. постановлением Госстроя СССР 10.01.91 № 1: введ. в действие 01.07.91 [Электронный ресурс]. – ИС «Техэксперт: Интернет», 2014.

14 О безопасности гидротехнических сооружений: Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ: по состоянию на 28 декабря 2013 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – ООО НПП «Гарант-Сервис», 2014.

15 ГОСТ 19.106-78 ЕСПД. Требования к программным документам, выполненным печатным способом (с изменением № 1). – Введ. 1980-01-01 [Электронный ресурс]. – ИС «Техэксперт: Интернет», 2014.

16 Рекомендации по анализу данных и контролю состояния водосбросных сооружений и нижних бьефов гидроузлов: П 75-2000: утв. РАО «ЕЭС России» 03.07.98: введ. в действие с III кв. 2000 г. – СПб.: ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 2000. – 33 с.

17 Рекомендации по проведению гидравлических натуральных наблюдений и исследований туннелей: П 94-2001: утв. РАО «ЕЭС России» 03.07.98: введ. в действие с I кв. 2002 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Рекомендации по размещению контрольно-измерительной аппаратуры на оросительных системах

Перед установкой на ОС измерительные приборы (датчики) должны быть подвергнуты предмонтажной проверке, включающей визуальный осмотр и стендовую проверку.

При размещении датчиков рекомендуется руководствоваться следующими общими правилами:

- решать поставленные задачи с помощью обоснованного минимума датчиков, используя по возможности одни и те же датчики для различных целей (стройконтроля, автоматизированного дистанционного мониторинга технического состояния оросительной системы, решение научных и технических задач);

- датчики следует размещать в одном или нескольких характерных сечениях (вертикальных или горизонтальных) элемента оросительной системы, именуемых измерительными; в сечениях датчики располагаются вдоль измерительных створов, включающих несколько измерительных точек;

- количество измерительных створов по высоте измерительного сечения должно быть порядка 3–5;

- измерительные створы должны, как правило, совпадать с расчетными сечениями;

- количество точек в измерительном створе должно быть не менее трех–пяти, между крайними точками створа промежуточные точки следует располагать примерно на одинаковых расстояниях.

На рисунках А.1 и А.2 приведены рекомендуемые места расположения контрольно-измерительной аппаратуры на Садковском сбросе и Райгородской оросительной системе.

На рисунке А.1 стрелками показаны места рекомендуемого расположения датчиков угла наклона, а также закладных датчиков перемещения и деформации.

Для получения представительной и достоверной информации необходимо:

- располагать измерительные точки вне зон местного влияния второстепенных факторов, затрудняющих выявление основных закономерностей;

- дублировать наиболее важные измерительные точки;

- назначать количество измерительных точек в створе достаточным для установления характера распределения измеряемых величин (деформаций, напряжений) вдоль створа;

- предусматривать возможность контроля достоверности показаний датчиков в измерительной точке, в пределах створа или сечения;

- кабельные коммуникации датчиков должны обеспечивать их надежную связь с приемной аппаратурой и быть защищены от повреждений при производстве строительных работ.

На рисунке А.2 стрелками показаны места рекомендуемого расположения датчиков для геодезических измерений сдвигов и отклонений от вертикали, для наблюдения динамики развития трещин, для измерения вибрации перегораживающих сооружений с переездами, регулирующих сооружений Райгородской оросительной системы. Указанные элементы оросительной сети могут быть оборудованы датчиками перемещения, деформации, пьезометрами, тензометрами, инклинометрами, трехкоординатными акселерометрами и др., которые в автоматическом режиме в реальном времени будут передавать информацию на центральный пульт диспетчера.

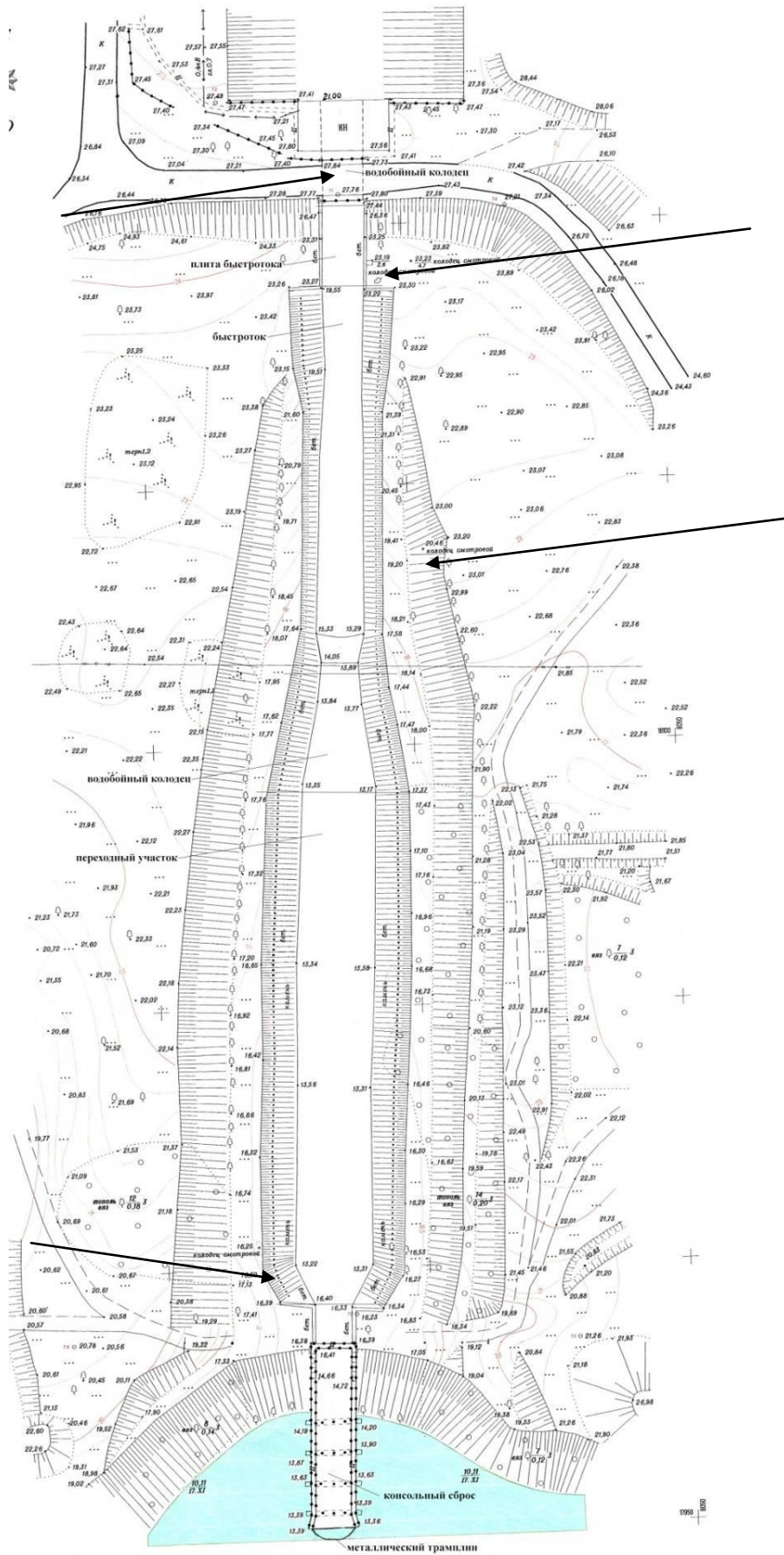


Рисунок А.1 – Плановая схема Садковского сброса

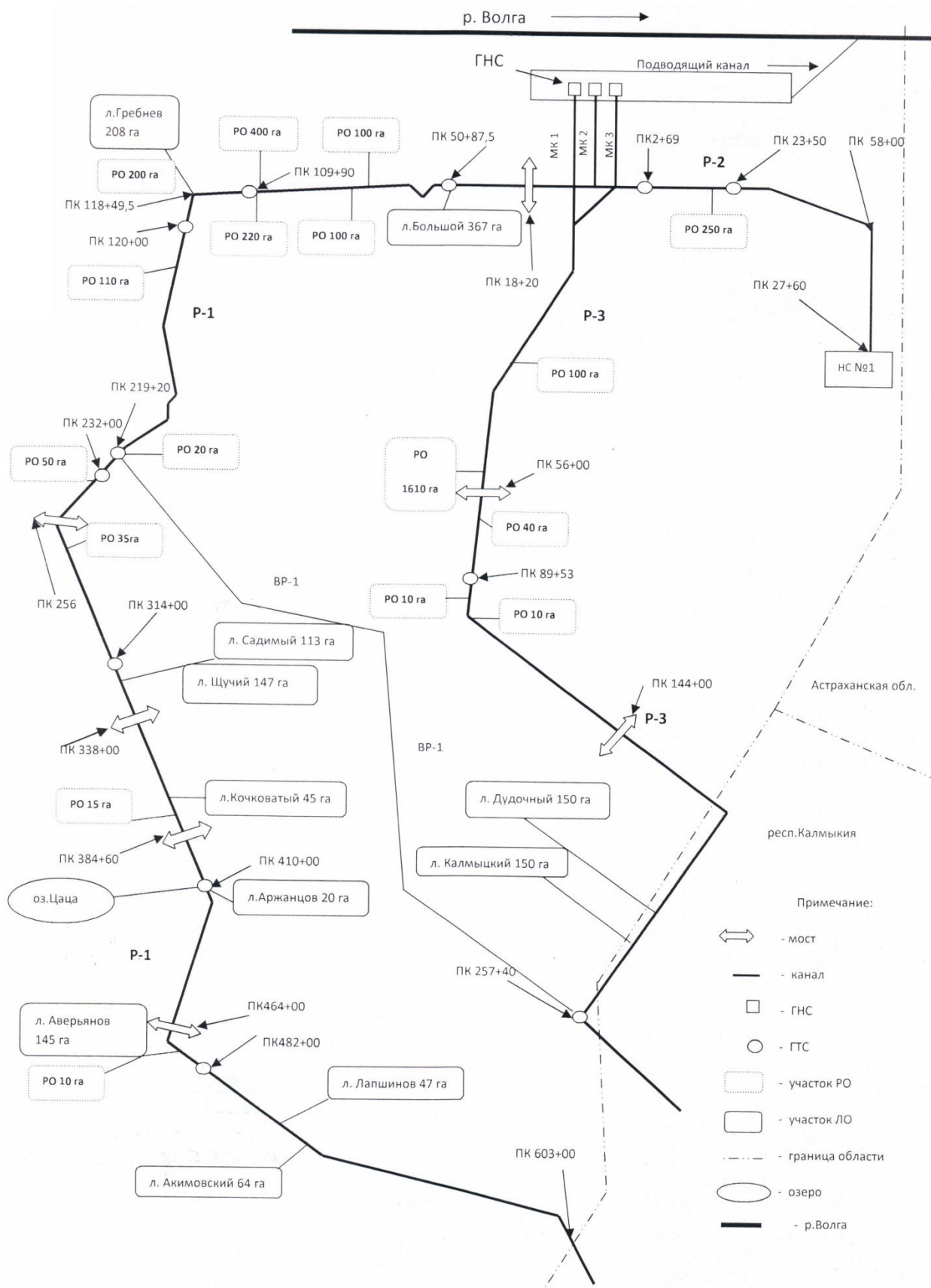


Рисунок А.2 – Плановая схема оросительной сети Райгородской оросительной системы

Примеры расстановки волоконно-оптических датчиков и изображения самих датчиков приведены на рисунках А.3–А.6.

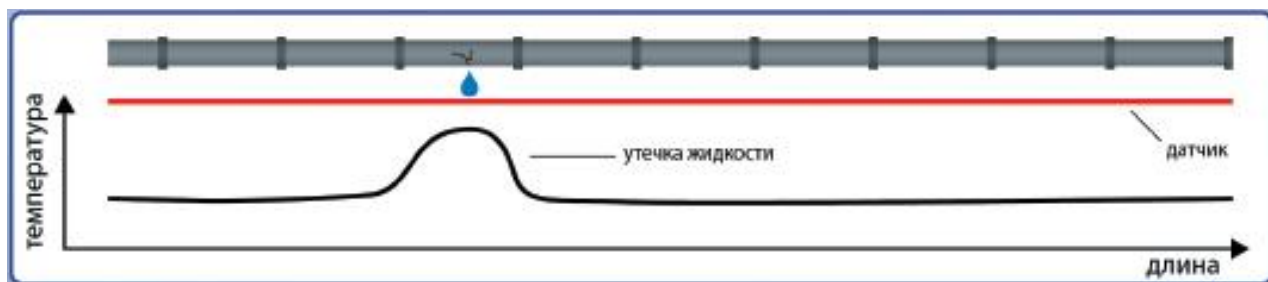


Рисунок А.3 – Пример расстановки контрольно-измерительной аппаратуры для определения места утечки в трубопроводе

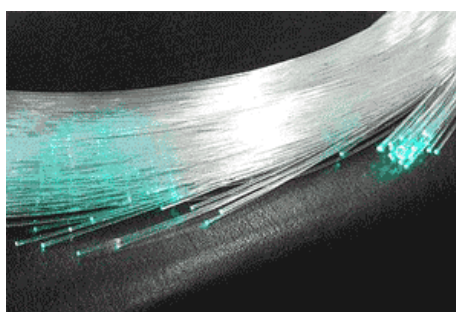


Рисунок А.4 – Волоконно-оптический датчик температуры

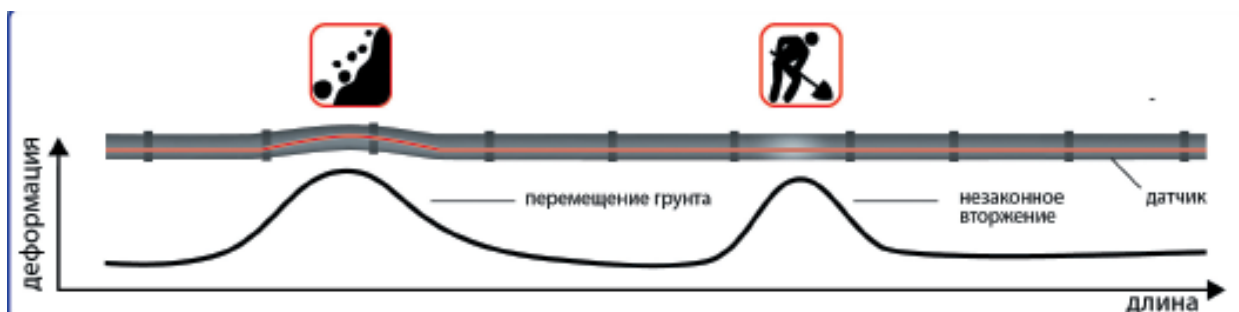


Рисунок А.5 – Пример расстановки контрольно-измерительной аппаратуры для определения места деформации трубопровода



Рисунок А.6 – Волоконно-оптический датчик деформации

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Форма контрольного листа выполнения мероприятий по ликвидации повреждения, дефекта, опасного процесса или явления на оросительной системе

Оросительная система _____

Участок осмотра № _____

КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТ

обследования, наблюдений и выполнения мероприятий
по ликвидации повреждения (дефекта, процесса, явления)
№ _____ (по карте-развертке № _____)

- 1 Характер контролируемого повреждения (дефекта, процесса, явления)
№ _____
- 2 Дата обнаружения _____, отм. УВБ _____, отм. УНБ _____
- 3 Местоположение _____
- 4 Привязка к сооружению (ПК, отм., расстояние до осей и др.)

- 5 Подробное описание повреждения (дефекта, процесса, явления) на момент его обнаружения _____
- 6 Схемы, фотографии, рисунки, характеризующие повреждение
- 7 Мероприятия по выявлению основных причин повреждения (дефекта, процесса, явления) и их результаты _____
- 8 Установка КИА для контроля повреждений _____
- 9 Изменения в характере проявления повреждения (дефекта, процесса, явления) за период наблюдений _____
- 10 Инженерные мероприятия по ликвидации повреждения (дефекта, процесса, явления) и их техническая эффективность _____
- 11 Оценка характера проявления повреждения (дефекта, процесса, явления) после выполнения инженерных мероприятий по п. 10 _____
- 12 Отметка ответственного лица о продолжении (прекращении контроля)

Контрольный лист составил:

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Форма таблицы представления результатов анализа технического состояния сооружения по данным автоматизированного дистанционного мониторинга количественных и качественных диагностических показателей

| № № п/п | Элемент и место контроля | Диагностические показатели и их критерии | | | Фактические показатели (признаки) состояния сооружения | Оценка технического состояния сооружения | Примечание |
|---------------|--------------------------|---|---|---|--|--|------------|
| | | Показатели (признаки) исправного состояния сооружения | Показатели (признаки) перехода в неисправное состояние (K1) | Показатели (признаки) перехода в предаварийное состояние (K2) | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | | | | | | | |

Ответственный исполнитель (должность): _____
(подпись, Ф.И.О.)

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Виды контрольно-измерительной аппаратуры

Таблица Г.1 – Измерительные приборы для контроля состояния элементов сооружений открытого типа [16]

| Вид наблюдений или измеряемая величина | Прибор | Тип прибора | Диапазон измерения, разрешающая способность ε , рабочая полоса частот, приведенная относительная погрешность γ |
|---|--|---------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 Уровень воды | Самописец уровня длительного действия. Ультразвуковой уровнемер Преобразователь уровня измерительный струнный | ГР-38 ЭУС-ИУВ ПУВС | до 6,0 м $\varepsilon = \pm 0,01$ м; 0–10 м $\gamma = \pm 0,02\%$ 0–10 м $\gamma = \pm 1,0\%$ |
| 2 Осредненный пьезометрический напор (давление) воды и воздуха (вакуум) | Пьезометр Пьезометр-вакуумометр Преобразователь давления измерительный струнный прецизионный Пружинный манометр | – – ПДС-П-0,1 | $\varepsilon = \pm 0,1$ м (1 кПа); $\varepsilon = \pm 0,1$ м (1 кПа); 0–0,1 мПа, $\gamma = \pm 0,6\%$ $\varepsilon \leq 0,1$ м (кПа) |
| 3 Осредненный и пульсационный пьезометрический напор (давление) | Измеритель осредненного пьезометрического напора (давления) Измеритель пьезометрического напора (индуктивный датчик давления) | ОПП-С ДД-10 ДД-20 | 0–100 м, $\varepsilon = \pm 0,1$ м (1 кПа); 0–2,9 мПа, $\varepsilon = \pm 0,1$ м (1 кПа) в диапазонах частот 0–1000 Гц, 0–10000 Гц**; 0÷6,9 мПа, $\varepsilon = \pm 0,1$ м (1 кПа) в диапазонах частот 0–1000 Гц, 0–10000 Гц** |
| 4 Осредненный пьезометрический напор (давление) на площадке | Измеритель осредненного и пульсационного напора (давления) на площадке | ОПП-С | 0–30 м, $\varepsilon = \pm 0,04$ м (0,4 кПа); 0–150 м, $\varepsilon = \pm 0,1$ м (1кПа) |
| 5 Кавитационное излучение | Ультразвуковой шумомер | ДУЗ | 10–500 кГц |
| 6 Кавитационный и абразивный износ | Дистанционный измеритель эрозии металла | ДЭМ | 0,5–30 мм, с шагом от 0,5 до 4 мм |
| 7 Скорость течения воды и содержание в потоке воздуха | Измеритель скорости и содержания воздуха в пристенном слое | ИСА-7 | Скорость $\varepsilon = \pm 0,1$ м/с, аэрация $\gamma = \pm 5\%$ |

Продолжение таблицы Г.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|--|--------------------------------|--|
| 8 Скорость течения воды | Трубка Пито Вертушка | – ГР-21 ГР-55 | $\gamma=\pm 2\%$; 0,04–0,20 м/с, $\gamma=\pm 6\%$. 0,2–5,0 м/с, $\gamma=\pm 2\%$ |
| 9 Содержание воздуха | Датчик аэрации | – | $\gamma=\pm 5\%$ |
| 10 Аэрация на границе потока | Измеритель аэрации на границе потока | ИАГ | $\gamma=\pm 2\%$ |
| 11 Скорость потока воздуха | Анемометр | – | $\gamma=\pm 5\%$ |
| 12 Расход через подводящие напорные водоводы | Ультразвуковой расходомер* Перепадный расходомер* Ультразвуковой расходомер* | ЭРУС ЭРИС СПРИНТ | 2,0–300,0 м ³ /с, $\gamma=\pm 2\%$ 2,0–300,0 м ³ /с, $\gamma=\pm 2\%$ 2,0–300,0 м ³ /с, $\gamma=\pm 1,5\%$ |

Таблица Г.2 – Измерительные приборы для контроля состояния элементов сооружений закрытого типа [17]

| Вид наблюдений или измеряемая величина | Прибор | Тип прибора | Разрешающая способность, рабочая полоса частот |
|---|---|-----------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 Уровень воды в туннеле | Измеритель уровня дистанционный | ИУ | От $\pm 0,05$ до $\pm 0,20$ м |
| | Самописец уровня воды длительного действия | ГР-38 ГР-116 | $\pm 0,01$ м |
| 2 Осредненный пьезометрический напор (давление) воды и воздуха (вакуум) | Пьезометр | – | $\pm 0,1$ м (1 кПа) |
| | Пьезометр-вакуумометр | – | $\pm 0,1$ м (1 кПа) |
| | Пружинный манометр | – | менее $\pm 0,1$ м (1 кПа) |
| 3 Осредненный и пульсационный пьезометрический напор (давление) | Измеритель осредненного пьезометрического напора (давления) | ОПТ-С | $\pm 0,1$ м (1 кПа) в диапазоне пьезометрического напора |
| | Измеритель пьезометрического напора (давления) | ДД-10 | 0 , 100 м $\pm 0,1$ м (1 кПа) в диапазоне частот 0-50 Гц |
| 4 Осредненный пьезометрический напор (давление) на площадке | Измеритель осредненного и пульсационного напора | ОПП-С | $\pm 0,04$ м (0,4 кПа) в диапазоне пьезометрического напора 0 , 30 м $\pm 0,1$ м (1 кПа) в диапазоне пьезометрического напора 0 , 100 м $\pm 0,1$ м (1 кПа) в диапазоне частот 0 , 50 Гц |

Продолжение таблицы Г.2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|--|------------------|---|
| 5 Кавитационное излучение | Ультразвуковой шумомер | ДУЗ | 10 , 500 кГц |
| 6 Кавитационный и абразивный износ | Дистанционный измеритель эрозии металла | ДЭМ | 0,5 , 30 мм с шагом от 0,5 до 4 мм |
| | Дистанционный измеритель разрушения бетона | ДРБ | 3 , 400 мм с шагом от 3 до 50 мм |
| 7 Скорость течения и содержание в потоке воздуха | Измеритель скорости и содержания воздуха в пристенном слое | ИСА-7 | Скорость $\pm 0,1$ м/с, аэрация $\pm 5\%$ |
| 8 Скорость течения воды или воздуха | Трубка Пито | – | 2% |
| | Вертушка | ГР-21 м ГР-55 | не более 5 % |
| 9 Содержание воздуха | Датчик аэрации | – | $\pm 5\%$ |
| 10 Аэрация на границе потока | Измеритель аэрации на границе потока | ИАГ | $\pm 20\%$ |
| 11 Скорость потока воздуха | Анемометр | | 3 , 5 % |



Рисунок Г.1 – Виды контрольно-измерительной аппаратуры для автоматизированного мониторинга элементов оросительных систем