

## Автоматизация мониторинга ливнеотводящих сооружений на водопроводящих каналах Ставропольского края

*М.А. Бандурин<sup>1</sup>, И.П. Бандурина<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Донской государственной аграрный университет,*

*<sup>2</sup>Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
им М.И. Платова, Новочеркасск*

**Аннотация:** В данной статье рассмотрены вопросы применения программно-технического комплекса для автоматизации мониторинга технического состояния на примере ливнеотводящих сооружений. С его помощью можно произвести характеристику различных параметров дефектов и повреждений, а также расчёта прогнозируемого срока остаточного ресурса их элементов, и геометрические параметры каждого дефекта, а именно – место расположение, глубина, ширина, высота, а также эксплуатационную оценку остаточного ресурса, заключающейся в прогнозировании суммарного количества циклов замораживания и оттаивания, прошедших за период эксплуатации и оставшихся до потери несущей способности железобетонных элементов водопроводящих сооружений. **Ключевые слова:** мониторинг, автоматизация, водопроводящие сооружения, ливнеотводящие сооружения, программно-технический комплекс, железобетон, техническое состояние.

Ливнеотводящие сооружения имеют большой запас прочности, но ряд отрицательных факторов, таких как несоблюдение технологии строительства, недочет геологических и гидрологических особенностей трассы водопроводящего канала при проектировании, а также неправильный режим эксплуатации в период работы канала в некоторой степени снижает эффективность водопроницаемых свойств железобетонной облицовки каналов. Проблема долговременной эксплуатации таких сооружений заключается в малой изученности протекающих процессов за ее время, в связи, с чем возникает необходимость проведения мониторинга на предмет водонепроницаемости таких сооружений в случае возможных нарушений целостности бетонного покрытия и образования, различных разуплотнений и пустот [1, 2].

Программно-технический комплекс (ПТК) для проведения эксплуатационного мониторинга технического состояния водопроводящих сооружений предназначен для определения различных параметров дефектов и повреждений, а также расчета прогнозируемого срока остаточного ресурса

---

их элементов. ПТК используется для проведения эксплуатационного мониторинга технического состояния железобетонных ливнеотводящих сооружений расположенных в грунте, выявлению опасных дефектов и повреждений, а также оценке и прогнозированию их технического состояния и дальнейшей пригодности к эксплуатации [3].

На рис. 1 показана техническая часть ПТК включающая в себя, упор 6, который с помощью крепежных шурупов крепиться к стенкам ливнеотводящего сооружения 7 и при помощи телескопической рейки 5 перемещает раму 3 с резиновыми колесами 1 внутри трубопровода 7 расположенного в грунте 8 [4]. Данные с датчика движения 4 и антенных блоков 2 поступают в обрабатывающий блок, где происходит обработка данных, и оценка технического состояния элементов на наличие дефектов и повреждений, а также и окружающих грунтов 8 на образование разуплотнения и просадки и происходит детальная расшифровка полученных данных с антенных блоков и позиционирование расположения дефектов и повреждений с помощью навигационной системы ГЛОНАСС.

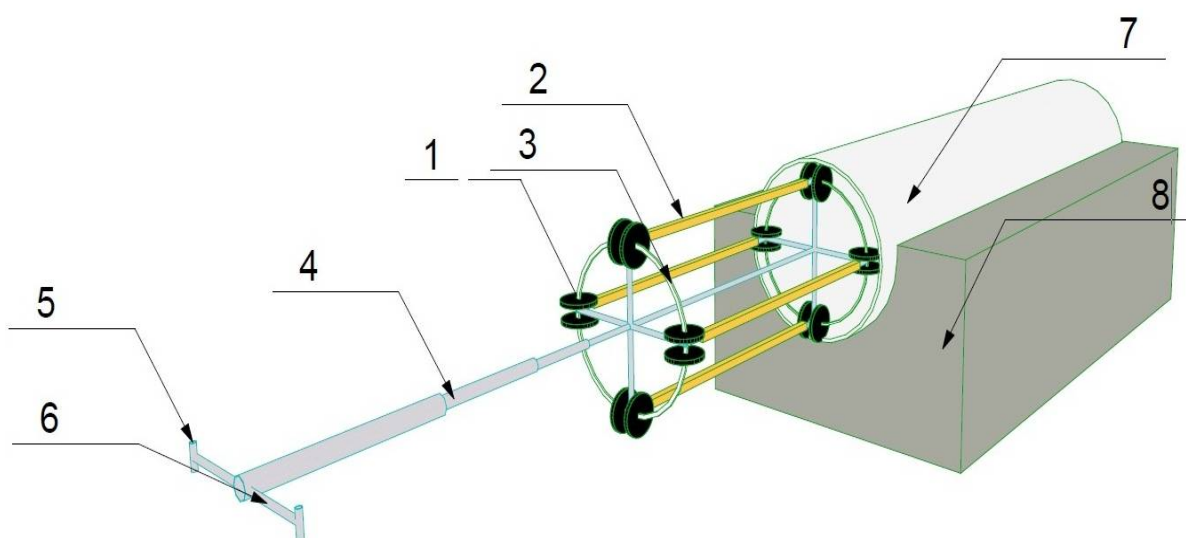


Рис. 1. – Техническая часть ПТК для проведения эксплуатационного мониторинга и определения остаточного ресурса

Зоны обследования в себя включают [5]: зону 1 - обследуют на предмет выявления дефектов и повреждений разрушения донной части сооружения и просадки подстилающего грунта; зону 2 и - обследуют на предмет образования продольных и косых трещин; зону 3 – обследуют на предмет образования поперечных трещин и разуплотнении грунта, зоны назначают по всей длине сооружения каждая по ширине равной 30 % от периметра.

Применение ПТК позволяет автоматизировать проведение эксплуатационного мониторинга, а главное, значительно ускорить (до 5 раз) обследование ливнеотводящих сооружений на наличие дефектов и повреждений неразрушающими методами контроля, обнаружить разуплотнение и просадку грунта вокруг них. В совокупности все это позволяет достоверно произвести оценку технического состояния ливнеотводящих сооружений [6].

Сравнительный анализ проведенного мониторинга различных водопроводящих каналов Ставропольского края показал, что при строительстве откосы в ряде случаев не были должным образом выравнены и уплотнены и поэтому, вследствие просадок грунта под отдельными плитами образовались пустоты, различной формы, которые легко можно определить простукиванием. Плиты в таких случаях зависали и из-за неплотного их прилегания друг к другу фильтрация через повреждения, значительно увеличивалась [2, 4, 7].

Во время осмотра правого и левого откоса водопроводящих каналов установлено, что заделка стыков между железобетонными плитами была некачественная. На каждом продольном строительном шве образовались трещины по всей его длине, а на поперечных швах встречались через каждые 10-15 см. В ходе визуального обследования обнаружено и ряд других

нарушений в бетонной облицовке, а именно вскрытие арматуры, трещины в плитах, нарушение формы плит, выпуклость и их смещение.

На основании проведенного обследования были выделены основные виды возможных нарушений защитных бетонных покрытий, разрушение деформационного шва, образование в плите покрытия прямых, косых, гладких и шероховатых трещин, в сочетании с повреждениями сплошного полиэтиленового экрана, отверстия, проколы и щели [8].

В дальнейшем производилось георадиолокационное зондирование и измерение прочности бетона ливнеотводящих сооружений находящихся в нормальном и неудовлетворительном эксплуатационных состояниях с помощью ПТК [9]. На рис. 2 представлен профиль № 31 проходящий по низу ливнеотводящего сооружения, находящегося в неудовлетворительном состоянии, включающего в себя 6 железобетонных колец, где под кольцами № 1 и 4 образовались пустоты и куда просачивается вода, вследствие разрушения стыка между кольцами, что может привести к просадки сооружения. Разрушение стыка отчётливо просматривается между кольцами № 1 и 2.

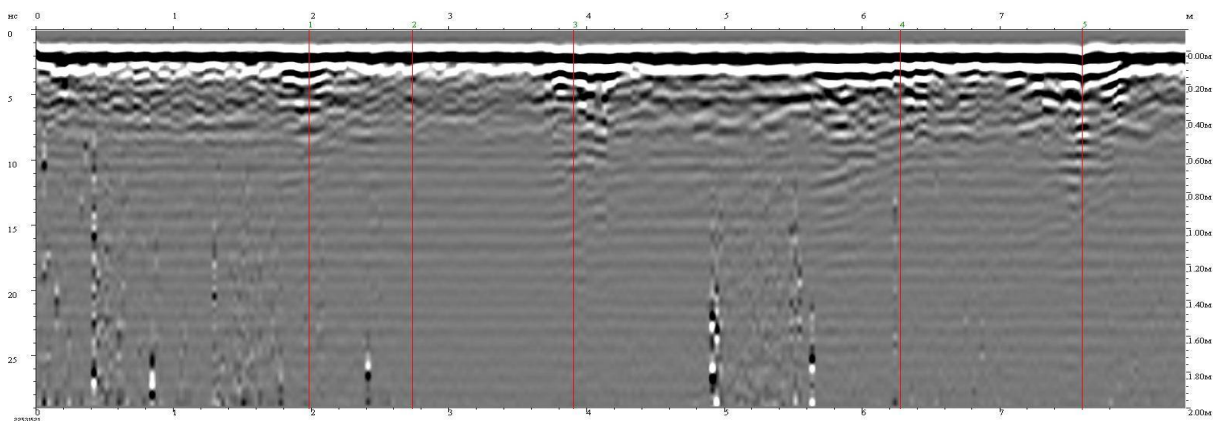


Рис. 2. - Профиль № 31 по низу ливнеотводящего сооружения

На рис. 3 сверху кольца № 9 видны образовавшиеся пустоты, кольцо № 11, напротив, находится в удовлетворительном состоянии, четко видна арматурная сетка, нет раковин и трещин в бетоне окружающим ее. Профиль №32 проходящий по верху через все ливнеотводящее сооружение, включающего в себя 16 железобетонных колец, демонстрирует его техническое состояние [10, 11]. Отчетливо просматриваются разрушения стыка между кольцами, кольца № 1 и 2, № 2 и 3, № 5 и 6 и др., происходит разрушение, и разуплотнение защитного слоя бетона образуются раковины и коррозия бетона в местах соприкосновения колец с основанием канала.

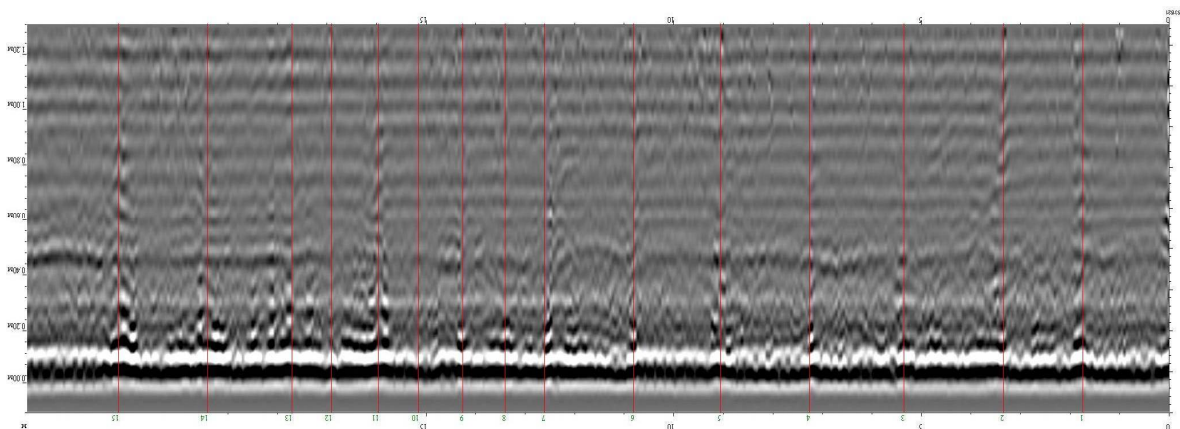


Рис. 3. - Профиль № 32 по верху ливнеотводящего сооружения включающего в себя 16 железобетонных колец

Далее на рис. 4 представлен профиль № 33, который проходит по верху ливнеотводящего сооружения включающего в себя 16 железобетонных колец [12]. Произведено выделение образовавшихся пустот и нарушений стыковых соединений между кольцами. Видно, что на стыке между № 9 и 10 кольцами образовались раковины и происходит коррозия бетона, а кольца № 4, 5 и 12 имеют образовавшиеся пустоты и происходит оголение арматурной сетки и ее коррозия.



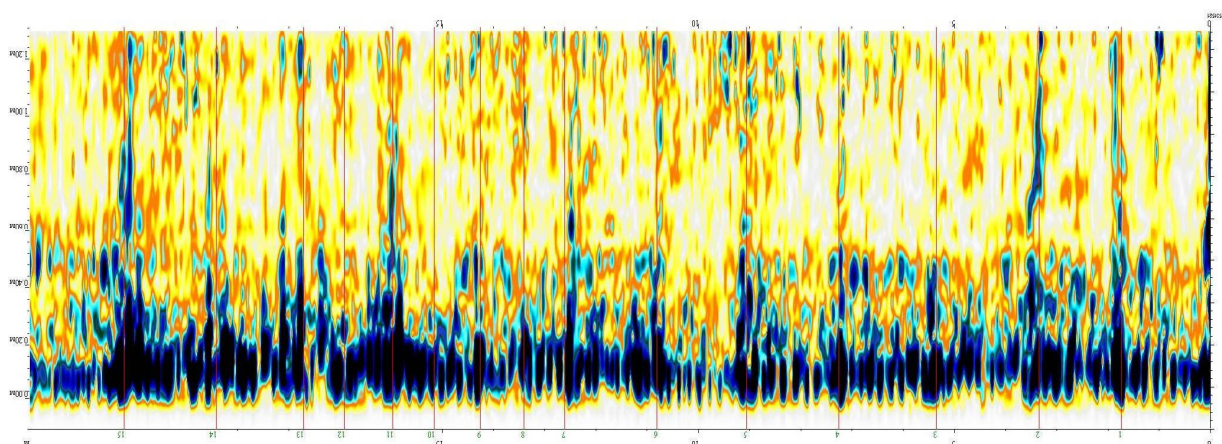


Рисунок 4 - Профиль №33 по верху ливнеотводящего сооружения, включающего в себя 16 железобетонных колец с выделенными пустотами

Так выявлены пустоты под кольцом и слева него, а также образовавшиеся две продольные трещины справа и слева кольца. На рис. 4 представлен тот же профиль № 33 с выделенной арматурой. Герметизация стыковых соединений нарушилась, и вода просачивается в грунт основания трубы, отчего на радарограмме [13] видна неоднородность подстилаемого грунта. При действии на бетон влажного грунта происходит окислительная реакция, в связи с чем, на поверхности нижней части трубы образовались каверны и углубления [14].

Автоматизация мониторинга технического состояния железобетонных колец ливнеотводящих сооружений произведенная ПТК, показала, что можно выявлять характерные дефекты и повреждения не видимые при визуальном осмотре элементов сооружения. Так на примере профиля № 33 выявлены кольца находящиеся в неудовлетворительном состоянии - № 5, 10 и 12 требуемые ремонта, а № 3, 7 и 13 находятся в нормальном эксплуатационном состоянии. На кольце № 10 видны опорные точки нахождения арматуры, как они смещены или отсутствуют. Под кольцом № 12 образовались пустоты, а также отслоение бетонного защитного слоя и его коррозия.

Наличие этих повреждений после длительного срока эксплуатации ливнеотводящих сооружений обусловлено несовершенной технологией производства и строительно-монтажных работ.

### Литература

1. Баев О.А. Моделирование процесса водопроницаемости противодиффузионных экранов из геомембран// Инженерный вестник Дона, 2015, №1 ч.2 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1p2y2015/2818](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1p2y2015/2818)
2. Wright A.G. International team to plug leaky dam with secant pile wall / ENR. 2002. V. 248. № 24. 14 p.
3. Бандурин В.А. Численное моделирование объемного противодиффузионного геотекстильного покрытия с изменяемой высотой ребра// Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1911](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1911)
4. Бандурин М.А. Проблемы оценки остаточного ресурса длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений// Инженерный вестник Дона, 2012, №3. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/891](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/891)
5. Бандурин М.А. Особенности технической диагностики длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений// Инженерный вестник Дона, 2012, № 2. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/861](http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/861)
6. Бандурин М.А. Мониторинг и расчет остаточного ресурса аварийных мостовых переездов через водопроводящие сооружения// Инженерный вестник Дона, 2012, № 4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1260](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1260)
7. Fairbairn E.M. Numerical simulation of dam construction using low-CO<sub>2</sub>-emission concrete// Materials and Structures Matériaux et Constructions. 2010. V. 43. № 8. pp. 1061-1074.
8. Бандурин М.А. Мониторинг напряженно-деформированного состояния мостовых переездов на водопроводящих каналах// Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2012. № 4. С. 110-124.

9. Бандурина И.П. Обоснование продления срока эксплуатации несущих конструкций сборных водоподъемных низконапорных щитовых плотин// Инженерный вестник Дона, 2014, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2441

10. Бандурин В.А. Методы моделирования напряженно-деформированного состояния для определения остаточного ресурса железобетонного консольного водосброса при различных граничных условиях//Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2039

11. Бандурин М.А. Совершенствование методов продления жизненного цикла технического состояния длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений//Инженерный вестник Дона, 2013, №1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1510

12. Бандурин М.А. Применение программно-технического комплекса для решения задачи проведения эксплуатационного мониторинга и определения остаточного ресурса водопроводящих сооружений // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1200

13. Бандурин М.А. Конечно-элементное моделирование напряженно-деформированного состояния Ташлинского дюкера на Право-Егорлыкском канале//Инженерный вестник Дона, 2012, №3 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/889

14. Бандурин М.А. Проблемы определения остаточного ресурса технического состояния закрытых водосбросов низконапорных гидроузлов// Инженерный вестник Дона, 2014, №1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2279





## References

1. Baev O.A. Inzhenernyy vestnik Dona (Rus), 2015, №1 ch.2 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1p2y2015/2818](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1p2y2015/2818)
  2. Wright A.G. ENR. 2002. V. 248. № 24. 14 p.
  3. Bandurin V.A. Inzhenernyy vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1911](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1911)
  4. Bandurin M.A. Inzhenernyy vestnik Dona (Rus), 2012, №3. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/891](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/891)
  5. Bandurin M.A. Inzhenernyy vestnik Dona (Rus), 2012, № 2. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/861](http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/861)
  6. Bandurin M.A. Inzhenernyy vestnik Dona (Rus), 2012, № 4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1260](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1260)
  7. Fairbairn E.M. Materials and Structures Materiaux et Constructions. 2010. V. 43. № 8. pp. 1061-1074.
  8. Bandurin M.A. Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii. 2012. № 4. S. 110-124.
  9. Bandurina I.P. Inzhenernyy vestnik Dona (Rus), 2014, №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2441](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2441)
  10. Bandurin V.A. Inzhenernyy vestnik Dona (Rus), 2013, №4 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2039](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2039)
  11. Bandurin M.A. Inzhenernyy vestnik Dona (Rus), 2013, №1 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1510](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1510)
  12. Bandurin M.A. Inzhenernyy vestnik Dona (Rus), 2012, №4 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1200](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1200)
  13. Bandurin M.A. Inzhenernyy vestnik Dona (Rus), 2012, №3 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/889](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/889)
  14. Bandurin M.A. Inzhenernyy vestnik Dona (Rus), 2014, №1 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2279](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2279)
-