

Проблемы оценки остаточного ресурса длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений

М.А. Бандурин

*ФГБОУ ВПО «Новочеркасская государственная мелиоративная академия»,
г. Новочеркасск*

Общей целью проведения эксплуатационного мониторинга технического состояния водопроводящих сооружений являются выявление ухудшения степени физического износа, причин, обуславливающих их состояние, фактической работоспособности элементов и разработка мероприятий по обеспечению их различных эксплуатационных параметров, а также описание технического состояния. Наиболее опасен риск аварий и дефектов на уязвимых объектах, к которым относятся многие водопроводящие сооружения - туннели, каналы, дюкеры, лотковые каналы и трубопроводы.

Всего в Российской Федерации эксплуатируется более 65 тысяч гидротехнических сооружений, которые потенциально опасны и попадают под действие Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений» № 117-ФЗ от 21 июля 1997 г [1].

Основными способами обеспечения безопасности водопроводящих сооружений являются:

- поддержание водопроводящих сооружений в технически исправном состоянии, которое осуществляется собственниками;
- осуществление государственного надзора за безопасностью водопроводящих сооружений (производится Ростехнадзором);
- декларирование безопасности водопроводящих сооружений, внесение водопроводящих сооружений в Российский регистр [2].

По данным Российского регистра гидротехнических сооружений (2011 г.) уровень безопасности оценен как нормальный у 39,3 %, пониженный у 33 %, неудовлетворительный-11,9 %, опасный у 4,2 % [3].

В Ростовской области расположено 1817 потенциально опасных гидротехнических сооружений, в том числе 427 из них бесхозные. Количество сооружений зарегистрированных в Российском регистре составляет 404, уровень безопасности для них оценен как нормальный у 27,5 % сооружений, пониженный у 28,7 %, неудовлетворительный – 26 %, опасный у 8,7 % [4]. В течение 2009 года Комитетом по охране окружающей среды Ростовской области была проведена повторная инвентаризация сооружений, расположенных на территории Ростовской области. По состоянию на 30.12.2009 на территории области было расположено 946 бесхозных сооружений. В четвертом квартале 2010 года был проведен повторный анализ эффективности работы по определению собственников бесхозных сооружений. По результатам данного анализа установлено, что за период с 30.12.2009 по 24.12.2010 количество бесхозных сооружений сократилось с 946 до 823 сооружений [5].

На юге России доля потребления водных ресурсов приходится 25151,77 млн. м³, в то время как общее потребление в Российской федерации составляет 80272,26 млн. м³[6].

Проблема безопасности водопроводящих сооружений с каждым годом становится все более актуальной. Первоочередным мероприятием по предотвращению аварийного разрушения конструкций является оценка технического состояния конструкций.

В настоящее время на практике применяются различные термины по оценке технического состояния водопроводящих сооружений, некоторые из которых представлены в нормативно-технической документации. Согласно [7] Инструкции о порядке определения критериев безопасности и оценки состояния гидротехнических

сооружений накопителей жидких промышленных отходов на поднадзорных Госгортехнадзору России производствах, объектах и в организациях (Зарегистрировано в Минюсте РФ 18.05.2002 N 3449) различают:

Критерии безопасности 1-го уровня - значения контролируемых показателей состояния водопроводящих сооружений, определяемые при основном сочетании нагрузок, при достижении которых устойчивость, механическая и фильтрационная прочность и его основания, а также пропускная способность водосбросных и водопропускных сооружений соответствуют условиям их нормальной эксплуатации.

Критерии безопасности 2-го уровня - значения контролируемых показателей состояния водопроводящих сооружений, устанавливаемые при особом сочетании нагрузок, при превышении (уменьшении) которых эксплуатация водопроводящих сооружений в проектном режиме не допустима, состояние сооружения может перейти в предаварийное.

На основе критериев безопасности определяют состояние водопроводящих сооружений, которые классифицируют по видам:

Надежное (работоспособное) эксплуатационное состояние водопроводящих сооружений - состояние, при котором сооружение соответствует всем требованиям нормативных документов и проекта при действии нагрузок основного сочетания, значения контролируемых показателей состояния сооружений не превышают (не менее) соответствующих критериев безопасности 1-го уровня, сооружение можно эксплуатировать без разработки каких-либо мероприятий, повышающих безопасность его эксплуатации.

Удовлетворительное (частично неработоспособное) эксплуатационное состояние - состояние, при котором значение хотя бы одного контролируемого показателя стало больше (меньше) соответствующих критериев безопасности 1-го уровня, но значения контролируемых показателей состояния сооружений не превышают (не менее) соответствующих критериев безопасности 2-го уровня и сооружение находится под действием нагрузок и воздействий, не превышающих предусмотренные проектом значения нагрузок особого сочетания [8].

При этом водопроводящие сооружения можно эксплуатировать при условии разработки и выполнения в определенные сроки необходимых мероприятий. Эти мероприятия разрабатываются на основе анализа конкретных показателей по факторам, которые могут создать аварийную ситуацию, и содержат необходимые меры по нейтрализации действия таких факторов.

Предаварийное (предельное) эксплуатационное состояние водопроводящих сооружений - состояние, при котором сооружение имеет повреждения или дефекты, при которых оно не может эксплуатироваться при воздействии основного сочетания нагрузок в виду угрозы аварии, и (или) сооружение находится под воздействием особого сочетания нагрузок, превышающих допускаемые проектом значения с угрозой аварии, и (или) появляются признаки прогрессирующего развития деструктивных процессов, необратимо ведущих к аварии.

Основным показателем при оценке состояния конструкций является возможность дальнейшей эксплуатации, а все остальные условия, так или иначе, определяют эту возможность.

В результате эксперимента была построена твердотельная модель напряжённо – деформированного состояния железобетонной облицовки водопроводящего канала. Все теоретическое обоснование математической модели базируется на основе экспериментальных исследований, в соответствии с ними, например, железобетонная облицовка водопроводящего канала рассматривается как тонкостенная пространственная конструкция, работа которой рассчитана с учётом условий опирания её на подстилающий грунт.

Число элементов и число узлов ансамбля соответственно составило 438907 и 542901. Кодирование исходной информации осуществлялось в терминах метода приращений с учётом фрагментального представления водопрводящего канала в виде объектов простой геометрической формы.

В постановке численного расчёта железобетонной облицовки водопрводящего канала без дефектов преследовалась цель установления адекватности твердотельной модели напряжённо – деформированного состояния железобетонной облицовки водопрводящего канала с существующими натурными испытаниями железобетонных облицовок [9].

Результаты расчётов в виде эпюр интенсивности напряжений по von Mises и абсолютных перемещений представлены на рисунках 1, 2. Как видно наиболее опасным является просадка, и потеря устойчивости железобетонной облицовки водопрводящего канала вследствие образования пустот из-за фильтрации воды и следствием чего является сползание облицовки с откоса канала.

На первом этапе было произведено моделирование просадки железобетонной облицовки водопрводящего канала вследствие образования разуплотнения подстилающего грунта из-за фильтрации воды под железобетонной облицовкой водопрводящего канала.

Результаты расчётов в виде эпюр интенсивности напряжений по горизонтали и вертикали von Mises и абсолютных перемещений представлены на рисунке 3. Как видно наиболее нагруженной является зона под образованием разуплотнения грунта под железобетонной облицовкой, вследствие чего нижние ряды облицовки испытывают значительные напряжения, и начинается процесс сползания облицовки в канал.

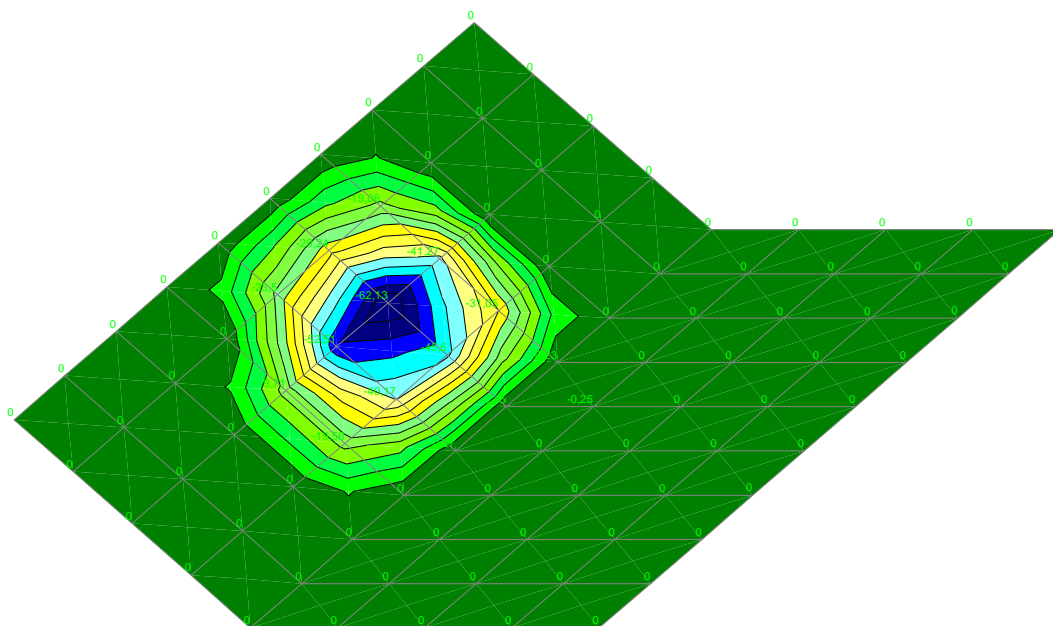


Рисунок 1 – Эпюры абсолютных перемещений вследствие образования разуплотнения подстилающего грунта

На втором этапе было произведено моделирование сползания железобетонной облицовки водопрводящего канала вследствие образования пустот из-за фильтрации воды.

Получены результаты расчётов в виде эпюр интенсивности напряжений по горизонтали и вертикали von Mises и абсолютных перемещений. В ходе моделирования сползания железобетонной облицовки установлено, что происходит потеря устойчивости элементов расположенных как ниже по ряду от эпицентра образования дефекта, происходит сползание их в канал, так и горизонтальные перемещения элементов

расположенных в том же ряду где и дефект (рисунок 3). Вследствие чего происходит потеря устойчивости элементов и смещение их относительно подстилающего грунта, как вокруг горизонтальной и вертикальной осей.

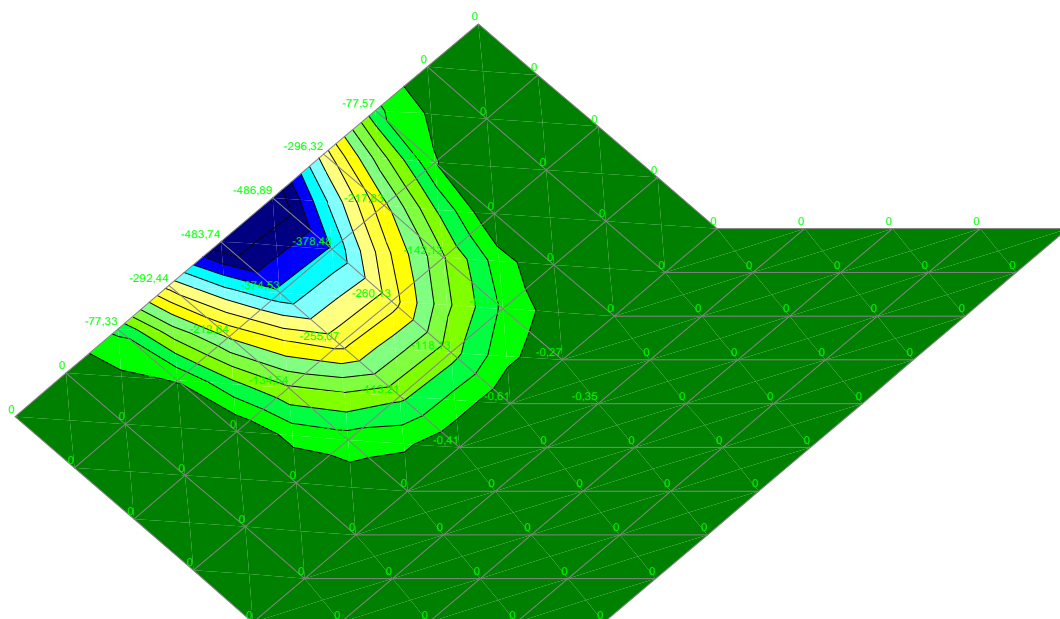


Рисунок 2 - Эпюра абсолютных перемещений вследствие сползания железобетонной облицовки водопроводящего канала

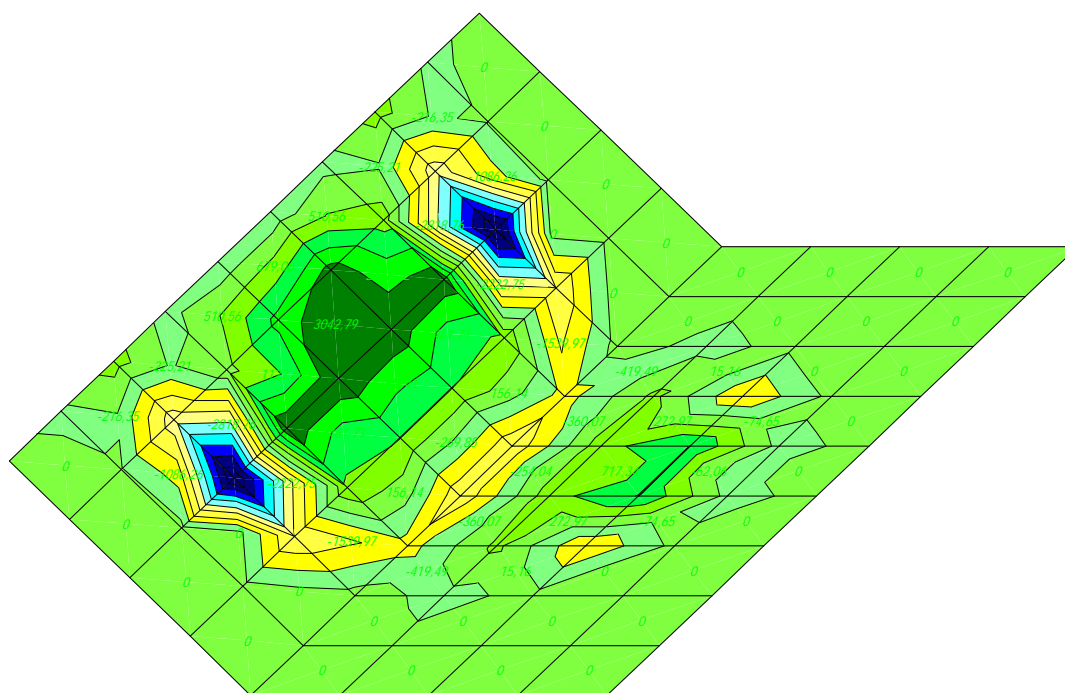


Рисунок 3 - Эпюра интенсивности напряжений по вертикали von Mises

На третьем этапе было произведено моделирование просадки, и потери устойчивости железобетонной облицовки водопроводящего канала вследствие образования пустот из-за фильтрации воды, как на дне канала, так и на его боковой стенке.

Результаты расчётов просадки, и потери устойчивости железобетонной облицовки на его боковой стенке водопроводящего канала в виде эпюр интенсивности напряжений

по горизонтали и вертикали von Mises и абсолютных перемещений представлены на рисунке 4. В ходе моделирования просадки, и потери устойчивости железобетонной облицовки установлено, что происходит потеря устойчивости опирания элементов непосредственно в эпицентре образования дефекта, в дальнейшем происходит сползание его в канал. Вследствие чего происходит потеря устойчивости элементов и смещение их относительно подстилающего грунта, как вокруг горизонтальной и вертикальной осей.

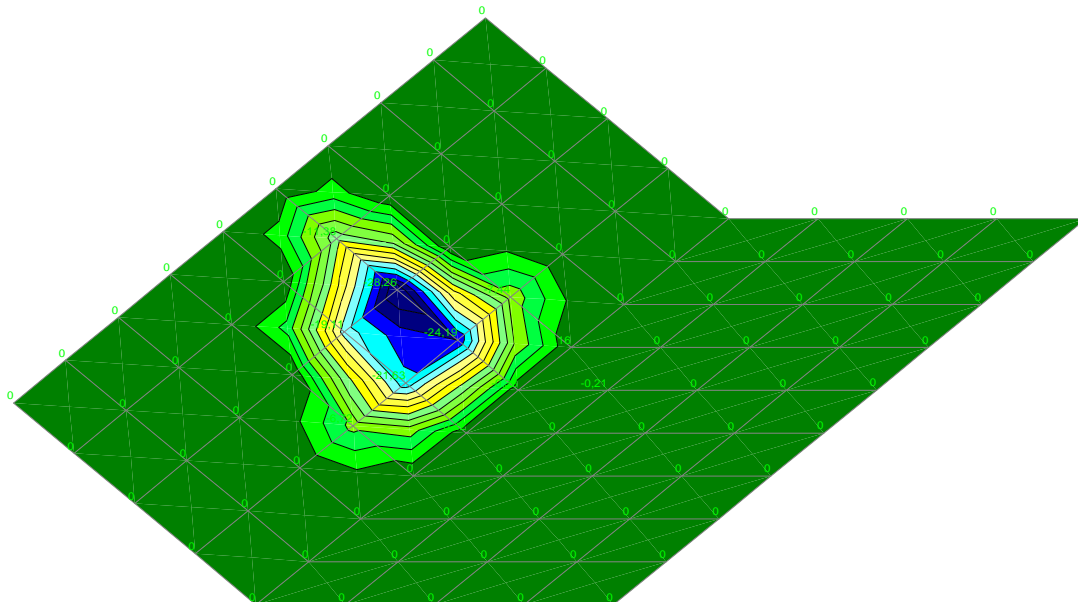


Рисунок 4 – Эпюра абсолютных перемещений вследствие просадки и потери устойчивости железобетонной облицовки на боковой стенке водопроводящего канала вследствие образования пустот из-за фильтрации воды

Получены результаты расчётов просадки, и потери устойчивости железобетонной облицовки на дне водопроводящего канала в виде эпюр интенсивности напряжений по горизонтали и вертикали von Mises и абсолютных перемещений. В ходе моделирования просадки, и потери устойчивости железобетонной облицовки на дне водопроводящего канала установлено, что происходит потеря устойчивости опирания элементов непосредственно в эпицентре образования дефекта, в дальнейшем происходит увеличение по направлению к центру канала. Вертикальные напряжения разрастаются по оси канала, а горизонтальные напряжения перпендикулярно оси канала. В дальнейшем с увеличением размера дефекта происходит потеря устойчивости железобетонных элементов и смещение их относительно подстилающего грунта, как вокруг горизонтальной и вертикальной осей.

Выполнен трехмерный анализ жесткости железобетонной облицовки с учётом контактного опирания. Установлено, что вертикальные напряжения разрастаются по оси канала, а горизонтальные напряжения перпендикулярно оси канала. В дальнейшем с увеличением размера дефекта происходит потеря устойчивости железобетонных элементов и смещение их относительно подстилающего грунта, как вокруг горизонтальной и вертикальной осей [10].

Задача оценки остаточного ресурса водопроводящих сооружений, в том числе после воздействия на них особых нагрузок, является в настоящее время одной из злободневных задач в сфере обеспечения безопасности эксплуатации водопроводящих сооружений, требующих своего разрешения в целях осуществления прогнозирования во времени величины этого ресурса вплоть до исчерпания их потребительной ценности. Задача определения остаточного ресурса может быть решена с различной строгостью её

постановки [11, 12]. Выполнять подобную работу могут лишь специалисты достаточно высокой квалификации, вынужденные, зачастую, руководствоваться только собственным накопленным опытом, так как для объектов IV класса, как правило, не предусматривается установка контрольно-измерительной аппаратуры, в связи с чем, специалисты, в основном, ориентируются на качественные и, частично, количественные диагностические показатели, определяемые на основе визуальных наблюдений и простейших измерений.

Литература:

1. *Волосухин Я.В., Бандурин М.А.* Проведение эксплуатационного мониторинга с применением неразрушающих методов контроля и автоматизация моделирования технического состояния гидротехнических сооружений / Мониторинг. Наука и безопасность. 2011. № 3. С. 88-93.

2. *Бандурин М.А.* Обследование состояния оросительных лотковых каналов Азовской оросительной системы неразрушающими методами / Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета. 2006. № 24. С. 72-76.

3. *Боев А.В., Доля В.К., Круглов А.К., Фомушкин А.В., Шаблицкий А.Ю.* Портативный прибор для наладки, калибровки и поверки измерительных каналов, содержащих пьезоэлектрический преобразователь / Инженерный вестник Дона. 2010. Т. 13. № 3. С. 167-171.

4. *Волосухин В.А., Бандурин М.А.* Особенности применения моделирования аварийных мостовых переездов через водопроводящие каналы при проведении эксплуатационного мониторинга / Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2012. № 5. С. 82-86.

5. *Бандурин, М.А.* К вопросу о состоянии железобетона лотковых каналов Азовской оросительной системы / Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2006. № 24. С. 82-86.

6. *Бандурин М.А.* Особенности технической диагностики длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений / Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. - 2005.-прилож. № 1 С. 141-147.

7. *Бандурин М.А.* Моделирование напряженно-деформированного состояния оросительного лотка-оболочки / Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2006. № 24. С. 76-81.

8. *Бандурин М.А.* Особенности технической диагностики длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений / Инженерный вестник Дона 2012 № 2.

9. *Серпокрылов Н.С., Кожин С.В., Тайвер Е.А.* Очистка сточных вод бассейнов для содержания ластоногих до норм оборотного водоснабжения / Инженерный вестник Дона. 2011. Т. 15. № 1. С. 431-441.

10. *Волосухин Я.В., Бандурин М.А.* Вопросы моделирования технического состояния водопроводящих каналов при проведении эксплуатационного мониторинга / Мониторинг. Наука и безопасность. 2012. № 1. С. 70-74.

11. *Волосухин Я.В., Бандурин М.А.* Применение неразрушающих методов при проведении эксплуатационного мониторинга технического состояния каналов Обводнительно- оросительных систем / Мониторинг. Наука и безопасность. 2012. № 2. С. 102-106.

12. *Волосухин В.А., Бандурин М.А.* Патент на изобретение «Способ проведения эксплуатационного мониторинга технического состояния лотковых каналов оросительных систем» № 2368730. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений 27 сентября 2009 г.