

**Основные мероприятия по повышению надежности
и безопасности каналов**

Линкевич Н. Н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Показана необходимость проведения эксплуатационных работ на каналах. Приведены основные мероприятия по повышению надежности и безопасности каналов.

Особенностью большей части гидротехнических сооружений является то, что они возводятся на участках местности со сложными геологическими и гидрогеологическими условиями. В период эксплуатации гидротехнических сооружений на них действуют воздушная и водная среда, волны, шуга, лед, низкая и высокая температуры, атмосферные осадки, ветер, бури, солнечная радиация. Все это приводит к изменению параметров эксплуатационной пригодности каналов и возникновению отказов. В связи с тяжелыми катастрофическими последствиями возможных аварий гидротехнических сооружений к их надежности предъявляются повышенные требования.

Изучению надежности работы каналов и их русловых деформаций посвящены работы многих отечественных и зарубежных исследователей. Среди них можно выделить следующие: В. С. Алтунин [1], М. А. Великанов [2], К. В. Гришанин [3], Г. В. Железняков [4], А. В. Ищенко [5], В. Н. Карнаухов [6], Ю. М. Косиченко [7], Г.Л. Лобанов [8], Ц. Е. Мирцхулава [9], Э. И. Михневич [10], А. Ф. Печуров [11], Е. К. Рабкова [12], С. К. Ревяшко [13], М. А. Чернов [14] и другие.

Каналы – открытые искусственные русла правильного очертания, устроенные в земляной выемке, насыпи или полувыемке-полунасыпи.

Надежность работы каналов непосредственно зависит от условий и режима их эксплуатации. Поддержание в исправном состоянии канала и сооружений на нем требует постоянного ухода за ними, своевременного проведения ремонтов и предупредительных мер на потенциально опасных участках, быстрого устранения обнаруженных повреждений, а также систематического выполнения работ по улучшению технического состояния канала. Одной из основных задач службы эксплуатации является достоверная оценка надежности и безопасности каналов в данное время, а также прогнозирование ее на будущий период.

Для достоверной оценки надежности и безопасности каналов и других

гидротехнических сооружений необходимо ведение систематических наблюдений за качеством их эксплуатации со сбором и обобщением данных о работе отдельных элементов и регистрацией в журнале:

– всех случаев отказов в работе с указанием даты, времени, конкретного места, причины возникновения, характеристики отказа и размера причиненных повреждений, их частоты, интенсивности и среднего значения времени между соседними отказами (наработки на отказ);

– времени на отыскание повреждения, ожидание ремонта и его проведение;

– проведенных мероприятий по поддержанию и восстановлению работоспособности, их объемы;

– затрат материальных ресурсов, рабочей силы и денежных средств на устранение повреждения.

Служба эксплуатации должна оценивать, прогнозировать и принимать меры по повышению основных показателей надежности: безотказности, долговечности и ремонтпригодности [15].

В процессе эксплуатации каналов должны проводиться повседневно работы по уходу, текущие и капитальные ремонты, выполняемые в плановом порядке. Аварийные работы – особый вид ремонта, проводимый после стихийных бедствий или аварий, их выполняют внепланово и, как правило, круглосуточно с принятием всех мер по быстрейшей ликвидации аварии [16].

Перечень и периодичность оказания услуг по техническому уходу за открытой осушительной сетью определены «Правилами эксплуатации (обслуживания) мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений» [17, приложение 1].

Периодичность капитального ремонта межхозяйственных магистральных или распределительных каналов в земляном русле составляет примерно 10 лет, при среднем сроке службы канала 50 лет [18, приложение Б].

Перечень основных работ по текущему и капитальному ремонту открытых каналов приведен в [18, приложение Г].

К основным мероприятиям по повышению надежности и безопасности каналов относятся:

1) проведение плановых (периодических) и внеплановых (внеочередных) осмотров, контрольных продольных и поперечных нивелировок каналов, промеров заложения откосов, берм, отметок бровок канала; контроль за оседанием грунта тела и основания каналов, особенно проходящих в торфяных грунтах и в насыпи;

2) повседневный надзор за состоянием каналов, водоохранной зоны; разъяснение населению правил пользования; охрана от повреждений и разрушений из-за бесхозяйственного отношения человека;

3) проведение систематических наблюдений за фильтрацией из каналов и работой дренажных систем (приканального дренажа), особенно в начальный период эксплуатации каналов;

4) поддержание стабильной пропускной и транспортирующей способности по всей длине канала путем проведения мер, направленных на борьбу с заилением и зарастанием их русел, так как при этом снижаются их пропускная способность и скорости течения воды, что может привести к подъему уровня воды и нарушению безопасной работы сооружения;

5) своевременная очистка русел каналов от древесно-кустарниковой и иной растительности (скашивание и удаление травы, водной растительности, вырубка и удаление деревьев и кустарника с откосов, дна, берм и эксплуатационных полос каналов), наносов, завалов, топляков и других посторонних предметов (бревен, пней, камней, земляных глыб и пр.);

6) устранение на каналах запруд, мостов, переходов и других временных сооружений, не отвечающих техническим требованиям и не предусмотренных проектной документацией;

7) своевременная подготовка каналов и сооружений к пропуску весенних и летне-осенних паводков и половодий и пропуск его (опробование затворов и подъемных механизмов, очистка от снега и посторонних предметов, скалывание и дробление льда, очистка сороудерживающих решеток, пополнение запасов аварийных материалов и инструментов, организация постоянного дежурства на ответственных сооружениях во время половодий и паводков, ликвидация возникающих разрушений и другие мероприятия);

8) подготовка каналов и сооружений к зимнему периоду (очистка русел каналов от захламления, открытие затворов регуляторов, заделка трещин и раковин в бетонных и железобетонных сооружениях, смазка трущихся частей механизмов, обозначение вешками труб-переездов и др.);

9) приведение параметров поперечного сечения и продольного уклона каналов, а также отметок к проектным размерам (досыпка и оправка дамб, очистка берм, исправление откосов и др.);

10) ликвидация деформаций русла канала при размывах русловым и склоновым потоком, возникающим в период снеготаяния и ливней и действия ветровых волн (ветровая и водная эрозия); обычно достаточной защитой откосов от дождевой эрозии (при упорядоченном отводе притекающих со стороны поверхностных вод) является создание на их поверхности и в прибрежной полосе устойчивого травяного покрова;

11) устранение фильтрационных деформаций (мокрых пятен, суффозии, выпора и др.) при выходе фильтрационного потока на низовой откос путем устройства противофильтрационных устройств или «одежд»;

12) исключение деформаций русла канала, связанных с развитием карсто-суффозионных процессов, заделка очага фильтрационных дефор-

маций (трещин) с использованием конструкций из геомембран и габрионных матов. Например, габрионно-геомембранной конструкции, предложенной Щедриным В. Н., Косиченко Ю. М., Баклановой Д. В., Баевым О. А. [19]. Габрионно-геомембранная конструкция собирается следующим образом (рис.) [20].

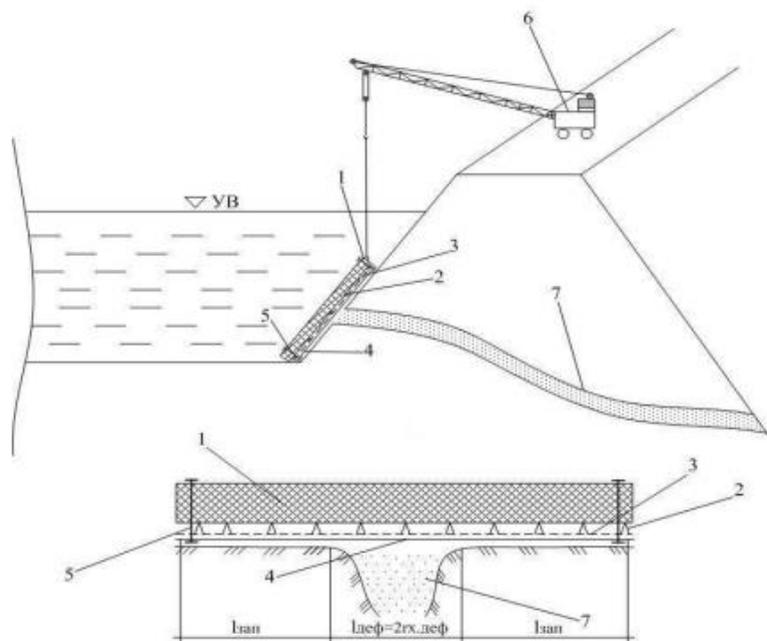


Рис. Укладка габрионно-геомембранной конструкции и заделка очага фильтрационных деформаций:

- 1 – арматурные каркасы с габрионами; 2 – алюминиевая проволока;
 3 – геотекстиль; 4 – водонепроницаемая геомембрана; 5 – металлическая скоба;
 6 – подъемный кран; 7 – свободный фильтрационный ход; $l_{\text{зап}}$ – ширина запаса, принимаемая не менее 1,5 м; $l_{\text{деф}}$ – ширина области деформации

Габрионы размещают в решетчатые арматурные каркасы (заранее изготовленные по размерам $4 \times 3 \times 0,3$ м, весом 37 кг), к которым по всему периметру проволокой через 1,0–1,5 м прикрепляется тканый геотекстиль, обладающий высокой прочностью, малой деформируемостью, высокой водопроницаемостью и средней плотностью (600 г/м^2), после чего укладыва-

ется полотнище водонепроницаемой геомембраны (изготовленной, например, из полиэтилена низкой или высокой плотности, в том числе из полимерных отходов) и производится крепление всей конструкции с двух сторон с помощью металлических скоб. После этого готовая габионно-геомембранная конструкция погружается под воду на откос с помощью подъемного крана на предварительно установленное по результатам промерных работ место расположения входной части свободного фильтрационного хода в дамбе канала;

13) ликвидация просадок дамб на потенциально опасных участках канала посредством уширения насыпей; сбора и отвода воды с нагорной стороны насыпи; перехвата и отвода от насыпи грунтовых вод; восстановления проектных отметок дамб; возведения поддерживающего сооружения; укрепления откосов;

14) устранение оползней на откосах каналов, проходящих в насыпи и на косогоре, а также в несвязных мелкозернистых и пылеватых песчаных и малосвязных супесчаных грунтах (в зоне высачивания грунтовых вод), особенно при их слоистом сложении и заложении у подошвы пльвунных грунтов, путем уположивания откосов; применением контрбанкетов, т. е. креплением (пригрузкой) откосов фильтрующими материалами (пористым бетоном, гравием, щебнем и т. п.) с устройством при необходимости приоткосного дренажа для снижения фильтрационного давления; созданием противофильтрационных устройств или облицовок канала; возведением поддерживающих сооружений при ремонте дамб на косогоре и др.

Для предотвращения оползней, образуемых в результате промерзания и оттаивания поверхностного слоя откосов в связных глинистых и суглинистых грунтах, откосы одерновывают или покрывают их слоем растительного грунта необходимой толщины;

15) исключение выпучивания грунта с низовой стороны дамбы канала в насыпи или на косогоре, где оно связано с наличием грунтовых вод, посредством устройства дренажа для перехвата и отвода воды или биодренажа – посадки деревьев с наибольшей водопоглощаемостью вдоль канала (эвкалипт способен выкачать из земли до 300 л/сут, ясень – до 400 л/сут, дуб – 250–600 л/сут, ива, тополь, береза, клен – до 250 л/сут, черемуха, ель – 150–250 л/сут, сосна – до 150 л/сут) либо увеличением длины фильтрационного потока под дамбой;

16) своевременное проведение текущего и капитального ремонтов канала;

17) повышение требований к качеству выполнения проектных и строительных работ;

18) обеспечение устойчивости откосов дамб и каналов осушительно-увлажнительных и польдерных систем, так как они в зоне действия водорегулирующих сооружений и насосных станций работают в условиях пе-

ременного уровня воды в русле.

Устойчивость незакрепленных откосов будет обеспечиваться при соблюдении следующих основных условий:

а) при откачке воды на польдерах, сбросе воды из прудов, а также в нижнем бьефе за водорегулирующими сооружениями на осушительно-увлажнительных каналах максимальная скорость $v_{\text{сн}}$ снижения уровня воды в канале не должна превышать допустимую $v_{\text{сн,доп}}$, т. е. должно соблюдаться условие:

$$v_{\text{сн}} < v_{\text{сн,доп}}, \quad (1)$$

где $v_{\text{сн}}$ – максимальная скорость снижения уровней в канале, м/ч;

$v_{\text{сн,доп}}$ – допустимая скорость снижения уровней, м/ч, которую для песчаных незакрепленных откосов следует определять по формуле Э. И. Михневича [10, 21–23], при условии, что высота снижения уровня откачки $h_{\text{сн}}$ больше допустимой высоты высачивания $h'_{\text{в,д}}$ грунтовых вод на откос, т. е. $h_{\text{сн}} > h'_{\text{в,д}}$. Если $h_{\text{сн}} \leq h'_{\text{в,д}}$, то скорость снижения уровня в канале $v_{\text{сн}}$ не ограничивается, местная устойчивость от гидродинамического давления не нарушается и необходимость в определении допустимой скорости снижения отпадает.

Проверку на устойчивость откосов канала следует проводить для положения горизонта, соответствующего меженному периоду. Для связных устойчивых грунтов (глина, суглинок, торф) величина допустимой скорости снижения уровней не ограничивается.

Допустимые скорости снижения уровня воды в канале в разных грунтах приведены в [21, табл. 9.2].

Максимальную скорость $v_{\text{сн}}$, м/с, снижения уровня воды в устье канала рекомендуется определять по формуле А. П. Русецкого [21].

Если максимальная скорость снижения уровней удовлетворяет условию (1), то устойчивость откосов при принятых параметрах канала и подаче насосных агрегатов обеспечивается. Если условие (1) не соблюдается, то есть при скорости снижения уровня воды $v_{\text{сн}} > v_{\text{сн,доп}}$, предусматриваются мероприятия по обеспечению устойчивости откоса (увеличение ширины по дну, глубины, коэффициента заложения откоса; уменьшение высоты сработки горизонта в одном цикле; уменьшение подачи насосов; крепление откосов, например, дренирующей пригрузкой из крупнозернистого материала или пористого бетона) [21].

б) скорость продольного потока вдоль откосов дамб и в каналах не должна превышать допускаемую на размыв, значения которой определяются по формулам для оценки устойчивости откосов к размыву, разрабо-

танном Э. И. Михневичем [10, 22–26];

в) откосы должны быть устойчивы к воздействию волн [26, 27].

Перечисленный комплекс мероприятий способствует уменьшению величины общего риска возникновения аварийной ситуации на угрожаемых участках канала.

Литература

1. Алтунин, В. С. Мелиоративные каналы в земляных руслах / В. С. Алтунин. – М.: Колос, 1979. – 255 с.
2. Великанов, М. А. Руслевой процесс / М. А. Великанов. – М.: Физматгиз, 1958. – 396 с.
3. Гришанин, К. В. Устойчивость русел рек и каналов / К. В. Гришанин. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 144 с.
4. Железняков, Г. В. Пропускная способность русел каналов и рек / Г. В. Железняков. – Л.: Гидрометеоздат, 1981. – 310 с.
5. Ищенко, А. В. Обоснование рациональных конструкций противофильтрационных устройств гидротехнических сооружений: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.07 / Ищенко Александр Васильевич. – СПб., 2010. – 32 с.
6. Карнаухов, В. Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы на открытой сети мелиоративных систем / В. Н. Карнаухов. – Минск: Беларус. навука, 2013. – 347 с.
7. Косиченко, Ю. М. Противофильтрационный покрытия из геосинтетических материалов: монография / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев. – Новочеркасск: РосНИИПИМ, 2014. – 239 с.
8. Лобанов, Г. Л. Неразмываемые русла земляных каналов и разработка рекомендаций по их гидравлическому расчету: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.16 / Лобанов Георгий Леонидович. – Новочеркасск, 1995. – 24 с.
9. Мирцхулава, Ц. Е. Основы физики и механики эрозии русел / Ц. Е. Мирцхулава. – Л.: Гидрометеоздат, 1988. – 303 с.
10. Михневич, Э. И. Устойчивость русел открытых водотоков / Э. И. Михневич. – Минск: Ураджай, 1988. – 240 с.
11. Печкуров, А. Ф. Устойчивость русел рек и каналов / А. Ф. Печкуров. – Минск: Ураджай, 1989. – 644 с.
12. Рабкова, Е. К. Проектирование и расчет оросительных каналов в земляном русле / Е. К. Рабкова. – М.: Изд-во УДН, 1990. – 252 с.
13. Ревяшко, С. К. Динамическая устойчивость мелиоративных каналов / С. К. Ревяшко. – Минск: Ураджай, 1988. – 112 с.
14. Чернов, М. А. Противофильтрационные конструкции каналов и водоемов с применением геомембран из полиэтилена высокого и низкого давления: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.07 / Чернов Михаил Александрович. – Новочеркасск, 2011. – 24 с.

15. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения: ГОСТ 27.002-89. – Введ. 01.07.90. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 37 с.

16. Ачкасов, Г. П. Технология и организация ремонта мелиоративных гидротехнических сооружений / Г. П. Ачкасов, Е.С. Иванов. – М.: Колос, 1984. – 174 с.

17. О некоторых вопросах эксплуатации (обслуживания) и ведения государственного учета мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 10 июля 2009 г., № 920 (ред. от 29.09.2016 г., №787) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2009. № 183. – 5/30173.

18. Ремонт мелиоративных систем. Порядок проектирования : ТКП 45-3.04-176-2009. – Введ. 01.07.2010.– Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2010. – 44 с.

19. Пат. 2562487 Российская Федерация, МПК Е 02 В 3-12. Способ заделки очага фильтрационных деформаций в дамбе канала / Щедрин В. Н., Косиченко Ю. М., Бакланова Д. В., Баев О. А.; заявитель и патентообладатель ОАО «ЮжНИИГиМ». – № 2013149777; заявл. 06.11.2013; опубл. 20.05.2015, Бюл. № 14. – 7 с.

20. Щедрин, В. Н. Обеспечение безопасности и надежности низконапорных гидротехнических сооружений: монография / В. Н. Щедрин [и др.]. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 283 с.

21. Пolderные мелиоративные системы. Правила проектирования: ТКП 45-3.04-179-2009 (02250). – Введ. 01.07.2010. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2010. – 106 с.

22. Михневич, Э. И. Методика расчетов каналов и коллекторов: пособие для студентов специальностей 1-70 04 01 «Водохозяйственное строительство» и 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» / Э. И. Михневич, Н. Н. Линкевич. – Минск: БНТУ, 2021. – 126 с.

23. Михневич, Э. И. Открытые водотоки: пропускная способность и устойчивость / Э. И. Михневич. – Минск: БНТУ, 2021. – 311 с.

24. Михневич, Э. И. Определение допускаемых скоростей течения воды в каналах / Э. И. Михневич // Гидротехническое строительство. – 1989. – № 1. – С. 14–18.

25. Михневич, Э. И. Расчет пропускной способности и устойчивости каналов / Э. И. Михневич // Экология и строительство. – 2020. – № 1. – С. 23–31.

26. Михневич, Э. И. Обеспечение устойчивости откосов дамб для защиты от наводнений на реке Горыни / Э. И. Михневич, П. М. Богославчик, Е. А. Володько // Наука и техника. – 2013. – № 5. – С. 39–44.

27. Левкевич, В. Е. Динамическая устойчивость берегов водохранилищ Беларуси / В. Е. Левкевич. – Минск: Право и экономика, 2015. – 306 с.