

## ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РЕМОНТА (РЕКОНСТРУКЦИИ) ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН

*Н. Н. Линкевич, кандидат технических наук  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Беларусь*

### Аннотация

Приведены определения терминов «контролируемые показатели», «диагностические показатели», «критерии безопасности гидротехнического сооружения»; описаны уровни значений диагностических показателей. Изложена характеристика грунтовых плотин для отнесения их к существующей в Беларуси классификации категорий возможных эксплуатационных технических состояний. Дается обоснование необходимости ремонта (реконструкции) грунтовых плотин.

**Ключевые слова:** контролируемые показатели, диагностические показатели, критерии безопасности гидротехнического сооружения, техническое состояние сооружений, ремонт, виды ремонтов, реконструкция, грунтовые плотины.

### Abstract

*N. N. Linkevich*  
**JUSTIFICATION OF THE NEED FOR REPAIR (RECONSTRUCTION) OF EARTH DAMS**

Definitions of the terms are given: monitored indicators, diagnostic indicators, safety criteria for hydraulic structures; the levels of values of their diagnostic indicators are given. The characteristics of earth dams are outlined for classifying them into the classification of categories of possible operational technical conditions existing in Belarus. A justification for the need for repair (reconstruction) of earth dams is given.

**Keywords:** monitored indicators, diagnostic indicators, safety criteria for hydraulic structures, technical condition of structures, repairs, types of repairs, reconstruction, earth dams.

### Введение

Состояние любого, в том числе грунтового, сооружения в период эксплуатации оценивается контролируруемыми показателями.

*Контролируемые показатели* — назначенные проектной документацией значения количественных и качественных диагностических показателей состояния (измеряемые и рассчитываемые), которые для работающего сооружения должны периодически определяться и сравниваться с их критериальными значениями (критериями безопасности), данными в проектной документации и уточненными в период эксплуатации.

*Диагностические показатели* — наиболее значимые для оценки и диагностики технического состояния гидротехнического сооружения контролируемые показатели [1–3].

*Критерии безопасности гидротехнического сооружения* — предельные значения количественных и качественных показателей состояния гидротехнического сооружения и условий его эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии гидротехнического сооружения [4].

В строительных нормах Республики Беларусь СН 3.04.01-2020 только регламентируется, что в составе проектной документации гидротехнических сооружений должны быть разработаны *критерии их безопасности* [5]. В то же время в этих нормах и других действующих нормативных документах не приводятся ни порядок назначения критериев безопасности гидротехнических сооружений (далее — ГТС), ни группы критериев безопасности для отнесения сооружений к действующей в стране классификации возможных эксплуатационных состояний ГТС: исправное (хорошее), работоспособное (удовлетворительное), ограниченно работоспособное (не вполне удовлетворительное), неработоспособное (неудовлетворительное) и предельное (предаварийное) [4, 6].

Также отсутствуют критерии безопасности для диагностических показателей визуальных и инструментальных наблюдений, на основе анализа которых и оценивается реальное состояние сооружений.

Поэтому за основу их назначения и отнесения сооружений к актуальной классификации возможных эксплуатационных состояний ГТС

### Основная часть

В соответствии с ГОСТ Р 57793-2017 [1] для ГТС критерии безопасности должны быть разработаны для двух уровней значений их диагностических показателей:

К1 – первый (предупреждающий) уровень значений диагностических показателей, определяемый при основном сочетании нагрузок и воздействий, при достижении которых устойчивость, механическая и фильтрационная прочность ГТС и его основания, а также пропускная способность водосбросных и водопропускных сооружений еще соответствуют условиям нормальной эксплуатации;

К2 – второй (предельный) уровень значений диагностических показателей, устанавливаемый при особом сочетании нагрузок и воздействий, при превышении которых состояние сооружения становится предаварийным, в котором дальнейшая эксплуатация ГТС в проектном режиме недопустима.

Показатели состояния сооружений (критерии безопасности) подразделяют на качественные и количественные [3].

**Качественные** диагностические показатели состояния сооружений и их критериальные значения должны быть установлены на основе визуальных наблюдений и экспертных оценок по результатам анализа последствий потенциально опасных процессов (деформаций, коррозии, износа, старения, суффозии и др.) и нарушений в работе. За критерий К1 следует принимать условие проявления в начальной стадии того или иного потенциально опасного процесса (нарушения) в работе сооружения и отсутствие развития деструктивных процессов во времени. При этом техническое состояние ГТС по данным показателям оценивается по [1] как *частично (ограниченно) работоспособное*. За критерий К2 следует принимать наличие и развитие деструктивных процессов или нарушений во времени, способных вызвать значительные повреждения или аварию сооружения. При этом следует считать, что сооружение переходит в *неработоспособное (предаварийное) состояние* [1].

приняты опыт и стандарты Российской Федерации [1–3, 7 и др.].

**Количественные** критериальные значения К1 и К2 диагностических показателей должны быть установлены на основе расчетных допустимых нагрузок, полученных нагрузок и воздействий, зафиксированных в процессе инструментальных натурных наблюдений.

Перечень и состав критериев безопасности для каждого конкретного ГТС должен соответствовать составу его диагностических показателей, определяемому проектной документацией [3].

Перед вводом в эксплуатацию и в ее процессе (не реже чем через каждые пять лет) и (или) реконструкции гидротехнических сооружений *необходимо уточнять состав и значения критериев безопасности* на основе результатов натурных наблюдений за состоянием сооружений, нагрузок и воздействий, а также изменений характеристик материалов сооружений и оснований, конструктивных решений. Для эксплуатируемых ГТС *численные критериальные значения* К1 и К2 диагностических показателей (предельно допустимых параметров) принимают равными расчетным значениям для основного и особого сочетаний нагрузок и воздействий [1, 3, 5]. Для диагностических показателей, для которых достоверные расчетные значения трудно получить из-за отсутствия исходных данных, сложности учета многочисленных факторов и т. п., критериальные значения устанавливают статистическим методом по результатам анализа данных многолетних наблюдений за работой и состоянием сооружения, используя регрессионные модели. Статистические методы для назначения критериев безопасности применяют при наличии представительного (от 5 до 10 лет) временного ряда измерений контролируемых показателей в диапазоне нагрузок и воздействий, ранее испытанных ГТС в процессе эксплуатации [1].

**Техническое состояние сооружений (конструкций)** в соответствии с СН 1.04.01-2020 [6] характеризуется пятью категориями:

I – исправное (хорошее) состояние;

II – работоспособное (удовлетворительное) состояние;

III – ограниченно работоспособное (не вполне удовлетворительное) состояние;

IV – неработоспособное (неудовлетворительное) состояние;

V – предельное (предаварийное) состояние.

Критерии отнесения к категории приведены в [4, прил. 1; 6, п. 12.4.6].

Оценка технического состояния ГТС производится по критериям их технического состояния на основании актов осмотра, результатов технического обследования и сравнивается с проектными характеристиками ГТС.

Плотина считается **работоспособной и исправной**:

1) если значения контролируемых показателей состояния не превышают предельно допустимых значений (K1), установленных для работоспособного и исправного состояния сооружения;

2) в ходе визуальных наблюдений не обнаружено потенциально опасных повреждений и неблагоприятных процессов.

При исправном и работоспособном состоянии плотины проводятся контрольные наблюдения, технический уход и текущий ремонт.

Состояние плотины считается **ограниченно (частично) работоспособным** в случаях:

1) когда визуальными наблюдениями обнаружены повреждения, которые характеризуются начальной стадией (признаком) проявления и отсутствием развития деструктивных процессов во времени;

2) значение минимум одного натурального диагностического показателя превысило свое критериальное значение K1 или вышло за пределы прогнозируемого при данном сочетании нагрузок интервала значений, но не превысило критериального значения K2.

В этом состоянии эксплуатация плотины при фактических нагрузках разрешается при периодическом контроле ее состояния, строгом соблюдении всех эксплуатационных требований, при возможных ограничениях некоторых параметров эксплуатации (снижение уровня верхнего бьефа и др.) до исполнения необходимых мер по приведению ее в работоспособное состояние. Требуется детальное обследование и расчет конструкции с оценкой степени ее нагруженности, а также разработ-

ка мероприятий по ремонту и – при необходимости – усилению конструкции. Неусиленные конструкции требуют повторного обследования в сроки, установленные аттестованным специалистом по обследованию сооружений.

Состояние плотины считается **неработоспособным** в следующих случаях:

1) если в ходе визуальных наблюдений обнаружены опасные процессы или нарушения, характеризующиеся явным проявлением и развитием во времени, способные вызвать значительные повреждения или аварию плотины;

2) значение минимум одного натурального диагностического показателя превысило свое критериальное значение K2.

В этом состоянии эксплуатация плотины недопустима без проведения оперативных мер по восстановлению требуемого уровня безопасности. Необходимо незамедлительно ограничить нагрузки, срочно усилить или заменить конструкции (уточняется расчетом и выполняется при значительной сложности или экономической нецелесообразности ее усиления), провести специальные наблюдения или исследования с участием специализированных организаций.

Различают следующие виды ремонтов плотин из грунтовых материалов: текущие, капитальные, предотвращающие аварии, послеаварийные, ремонты при реконструкции сооружений.

К **текущим ремонтам** относится выполнение таких ремонтных работ, как:

1) доведение гребня плотины до проектной отметки в местах просадок, разрушений и деформаций свыше 1,0 м;

2) восстановление или замена песчано-гравийного или твердого покрытия проезжей части плотин;

3) исправление повреждений в береговых одеждах, в креплениях откосов и гребня;

4) уполаживание откосов;

5) заделка промоин и других поверхностных деформаций на гребне и откосах плотины;

6) досыпка оплывших и деформированных откосов плотин до проектных параметров;

7) восстановление дренажа в нижних бьефах плотин с полной или частичной заменой его элементов;

8) заделка трещин, пустот, провалов, ходов землеройных животных в теле плотин;

9) проведение противофильтрационных мероприятий (расширение профиля плотины с помощью призм, устройства противофильтрационного экрана, укладка полиэтиленовой пленки и т. д.);

10) расчистка дренажных каналов.

Обычно необходимость такого рода ремонтных работ устанавливается визуальными и инструментальными наблюдениями, причем не требуется специальных обоснований и применения значительных технических средств. Строительно-монтажные работы по текущему ремонту выполняются без направления соответствующего уведомления о выполнении строительно-монтажных работ на основании дефектного акта и сметной документации [8].

*Для проведения текущего ремонта не требуется наличие:*

а) предпроектной (предынвестиционной) и проектной документации;

б) разрешительной документации на строительство;

в) аттестатов соответствия, квалификационных аттестатов;

г) свидетельства о технической компетентности системы производственного контроля;

д) декларации безопасности на строительные работы [9].

К **капитальным ремонтам** относятся следующие виды работ:

1) уширение гребня плотин водохранилищ до норм, соответствующих действующим нормативным документам технических нормативных правовых актов;

2) восстановление или замена капитальных креплений откосов при деформации или разрушении; например, замена бетонного крепления верхового откоса при сниженном уровне воды верхнего бьефа;

3) заделка глубоких трещин на гребне плотины путем прохода траншей и заполнения их уплотняемым грунтом при сниженном уровне воды верхнего бьефа;

4) замена заиленного дренажа при сниженном уровне верхнего бьефа и др.

Необходимость капитального ремонта обосновывается на основе анализа результатов визуальных наблюдений, показаний контрольно-измерительной аппаратуры (далее – КИА), выполненных дополнительных ис-

следований (геофизическими и другими методами), соответствующих расчетов. Эти работы требуют применения специальных технических средств.

Решение о проведении ремонта принимается ответственным эксплуатантом по результатам технических осмотров, материалам обследования и определения физического и морального износа зданий и сооружений.

Перечень основных видов работ, выполняемых при текущем ремонте зданий и сооружений, устанавливаются согласно СП 1.04.01-2021 [10, прил. А], при капитальном ремонте зданий и сооружений – в соответствии с [10, прил. Б], при модернизации зданий и сооружений – [10, прил. В]. Перечень основных работ по видам ремонта (текущий или капитальный) на мелиоративных системах и сооружениях устанавливаются по ТКП 45-3.04-176-2009 [8, прил. Г].

Необходимость *предотвращающего аварийного ремонта* определяется в результате визуальных наблюдений, а также если показаниями КИА обнаружены следующие нарушения в работе плотины из грунтовых материалов:

- подъем поверхности депрессии с выходом на откос;
- выходы сосредоточенного фильтрационного потока, грифоны;
- вынос частиц грунта;
- повышение поверхности депрессии (выше принятых предельных значений);
- увеличение фильтрационного расхода (выше принятых предельных значений);
- мутность профильтровавшейся воды;
- продольные и поперечные трещины на гребне плотины с прогрессирующим их удлинением и раскрытием (трещины откола);
- оползание откоса (верхового или низового), грозящее разрушением плотины;
- осадка гребня (выше предельных значений);
- воронки на гребне или откосах и др.

При обнаружении указанных нарушений необходимо усилить контроль за сооружением, установить причину нарушений, наметить план первоочередных мероприятий. Одним из них является снижение напора на сооружение при постоянном контроле его состояния.

В зависимости от причины нарушения, которая в ряде случаев устанавливается только в результате выполнения научно-исследова-

тельских, а иногда и инженерно-геологических работ, разрабатывается план (проект) ремонтных работ.

Ремонтные работы могут быть двух видов – первоочередные и основные.

*Первоочередные работы* замедляют или приостанавливают разрушительные процессы в плотине.

*Основные работы* проводятся после окончательного установления причины нарушения, выполнения соответствующих расчетов, обоснования проекта ремонта. На такие работы привлекают специальные технические средства и незапланированные материальные затраты.

Аварии на плотинах из грунтовых материалов приводят к разрушению напорного фронта в результате: перелива через гребень, нарушения фильтрационной прочности в теле, основании, сопряжениях с бетонными сооружениями и берегами, обрушения откосов и др.

**Восстановительные работы выполняются на основе:**

- анализа условий эксплуатации сооружения;
- установления причин аварии;
- исполнительной съемки в месте аварии;
- инженерно-геологических и научно-исследовательских работ;
- проектных работ по восстановлению;
- оценки целесообразности проведения восстановительных работ или консервации сооружения.

**Реконструкцию плотин из грунтовых материалов** следует осуществлять при необходимости:

- 1) увеличения полезного объема водохранилища;
- 2) повышения до проектных отметок дамб, возведенных на просадочных биогенных грунтах, а также дамб, возведенных из торфа;
- 3) повышения требований к надежности сооружения и условиям его эксплуатации;
- 4) повышения экономичности сооружения за счет уменьшения потерь воды и затрат на его эксплуатацию;
- 5) выполнения требований в области охраны окружающей среды [5].

В проектной документации по реконструкции плотин из грунтовых материалов должны быть учтены результаты обследований эксплуатируемого сооружения и необходимость

реконструкции сопряженных с ним сооружений (водосбросных плотин, зданий ГЭС, шлюзов, рыбопропускных сооружений и т. д.). При соответствующем обосновании в проектной документации следует предусматривать возможность реконструкции грунтовых плотин в период эксплуатации [5].

При реконструкции плотин из грунтовых материалов, как правило, увеличивается их высота и, соответственно, напор на сооружение. Отметку гребня повышают обычно без опорожнения водохранилища или с частичным его опорожением. Водоохранилище опорожняют в том случае, когда необходимо менять или укреплять крепление верхового откоса. Если в целом конструкция плотины изменяется, то следует, согласно СП 3.04.01-2021 [11], максимально использовать ее элементы, находящиеся в удовлетворительном техническом состоянии, и выполнить их ремонт. К таким элементам можно отнести дренажи, крепления откосов, негрунтовые противофильтрационные устройства, если в них не обнаружены нарушения. Ремонт указанных элементов плотин осуществляют при выполнении их надежного сопряжения с возводимой частью плотины и с учетом условий работы всего реконструируемого сооружения.

При реконструкции **земляных насыпных плотин** наращивание однородной грунтовой плотины на слабоводопроницаемом основании следует осуществлять с верховой и низовой сторон плотины. Увеличение высоты плотины с диафрагмой (ядром) и завесой в основании возможно как с низовой ее стороны путем наращивания диафрагмы экраном, так и с обеих сторон с сохранением вертикальной диафрагмы. При этом следует определить необходимость усиления противофильтрационной завесы в основании. Увеличение высоты плотины с экраном и противофильтрационным устройством в основании возможно только с низовой ее стороны, с проверкой фильтрационной прочности экрана (из грунтовых или негрунтовых материалов) и при необходимости с усилением противофильтрационного устройства в основании [5]. Для надежного сопряжения наращиваемой призмы с низовым откосом плотины растительный слой должен быть удален.

При реконструкции плотин из грунтовых материалов важно предусматривать соответствующие мероприятия по обеспечению нормальной работы дренажа [11].

При реконструкции **земляных намывных плотин** повышение гребня однородной плотины может быть обеспечено за счет примыва низовой призмы к существующему откосу плотины. Примыв осуществляют из карьерного грунта более крупного состава, чем грунт, из которого намыт основной профиль плотины. Допускается выполнять низовую призму плотины отсыпкой грунта насухо с послойной укаткой [11].

При повышении отметки гребня намывной плотины с ядром, кроме примыва низовой призмы, следует предусматривать создание противодиффузионного устройства (например, в виде экрана), сопряженного с существующим ядром. Перед возведением низовой призмы должен быть снят растительный слой на существующем низовом откосе плотины.

### Заключение

Установлено, что в действующих нормативных документах Беларуси не приводятся порядок назначения критериев безопасности ГТС, группы критериев безопасности для отнесения сооружений к существующей в республике классификации возможных эксплуатационных состояний ГТС. Также в документации отсутствуют критерии безопасности для диагностических показателей визуальных и инструментальных наблюдений, на основе анализа которых и оценивается реальное состояние сооружений. Поэтому за основу их назначения и отнесения сооружений к существующей

До начала примыва низовой призмы плотины должны быть реконструированы все действующие дренажные устройства [5].

Работы по реконструкции проводятся в целях: продления расчетного срока эксплуатации, повышения технического состояния и надежности, снижения энергетических, материальных затрат и трудовых ресурсов при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте, улучшения условий труда и охраны окружающей среды, доведения технико-экономических показателей объекта до состояния, равноценного первоначальному проектным или даже их улучшающего.

Техническое состояние реконструируемых ГТС и их элементов следует определять в ходе специальных исследований и расчетов на основе фактических характеристик строительных материалов, принятых в проектной документации на реконструкцию сооружений и грунтов оснований [5].

Уже в Беларуси классификации возможных эксплуатационных состояний ГТС предлагается использовать опыт и стандарты Российской Федерации [1–3, 7].

Охарактеризованы грунтовые плотины для отнесения их к актуальной классификации категорий возможных эксплуатационных технических состояний, приведен перечень основных видов работ, выполняемых при текущем и капитальном ремонтах грунтовых плотин, обоснована необходимость ремонта (реконструкции) грунтовых плотин, показаны особенности их реконструкции.

### Библиографический список

1. Гидравлические и гидроаккумулирующие электростанции. Гидротехнические сооружения. Мониторинг и оценка технического состояния в процессе эксплуатации. Основные положения : ГОСТ Р 57793-2017. – Введ. 01.07.2018. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 42 с.
2. Гидроэлектростанции. Ч. 1–4. Сооружения ГЭС гидротехнические. Общие требования по организации и проведению мониторинга : ГОСТ Р 55260.1.4-2012. – Введ. 01.07.2014. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 53 с.
3. Гидравлические и гидроаккумулирующие электростанции. Гидротехнические сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения : ГОСТ Р 57792-2017. – Введ. 01.07.2018. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 73 с.
4. Об утверждении Правил эксплуатации гидротехнических сооружений и устройств для энергетических (гидроэнергетических и теплоэнергетических) нужд [Электронный ресурс] :

Постановление М-ва энергетики Респ. Беларусь, 22 июня 2020 г. № 22. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22035696>. – Дата доступа: 18.05.2024.

5. Гидротехнические сооружения общего назначения = Гідратэхнічныя збудаванні агульнага прызначэння : СН 3.04.01-2020. – Введ. 13.07.2021 (с отменой ТКП 45-3.04-150-2009 (02250), ТКП 45-3.04-169-2009 (02250), ТКП 45-3.04-170-2009 (02250), ТКП 45-3.04-271-2012 (02250)). – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2021. – 135 с.

6. Техническое состояние зданий и сооружений = Тэхнічны стан будынкаў і збудаванняў : СН 1.04.01-2020. – Введ. 23.03.2021 (с отменой ТКП 45-1.04-305-2016 (33020)). – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2021. – 66 с.

7. Гидроэлектростанции. Ч. 1–9. Сооружения ГЭС гидротехнические. Требования безопасности при эксплуатации : ГОСТ Р 55260.1.9-2013. – Введ. 01.07.2015. – Москва : Стандарт-информ, 2014. – 36 с.

8. Ремонт мелиоративных систем. Порядок проектирования = Рамонт меліярацыйных сістэм. Правілы праектавання : ТКП 45-3.04-176-2009. – Введ. 01.07.2010. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2010. – 44 с.

9. Кодекс Республики Беларусь об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности [Электронный ресурс] : 17 июля 2023 г., № 289-З : принят Палатой представителей 28 июня 2023 г. : одобр. Советом Респ. 30 июня 2023 г. // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=Hk2300289>. – Дата доступа: 23.05.2024.

10. Ремонт и модернизация зданий и сооружений = Рамонт і мадэрнізацыя будынкаў і збудаванняў : СП 1.04.01-2022. – Введ. 01.02.2021 (с отменой на территории Республики Беларусь ТКП 45-1.04-206-2010 (02250)). – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2022. – 19 с.

11. Гидротехнические сооружения общего назначения = Гідратэхнічныя збудаванні агульнага прызначэння : СП 3.04.01-2021. – Введ. 25.12.2021. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2021. – 55 с.

Поступила 15 июля 2024 г.