

**Реконструкция гидротехнических сооружений
на примере ГЭС «Яново»**

Немеровец О. В.¹, Чайко П. В.²

¹Белорусский национальный технический университет,

²РУП «Белнипиэнергопром»

Минск, Республика Беларусь

В статье рассматриваются вопросы реконструкции гидротехнических сооружений на примере ГЭС «Яново». Проанализированы причины необходимости модернизации, проведены оценки технического состояния существующих объектов, а также предложены основные направления реконструкционных мероприятий. Работа демонстрирует важность системного подхода к реконструкции гидротехнических сооружений для обеспечения их долговечности и безопасности.

Гидроэлектростанции (ГЭС) являются важными элементами энергетической системы, обеспечивая экологически чистую и возобновляемую энергию. Однако со временем эксплуатация гидротехнических сооружений требует проведения реконструкционных мероприятий, направленных на повышение их надежности, безопасности и эффективности. При разработке проектной документации для плотин, подлежащих реконструкции и новостроящихся, производятся прогнозные расчеты параметров волны прорыва и зон вероятного затопления по [1]. Положения [1] применяют при разработке оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) для объектов, к которым относятся искусственные водоемы с площадью водной поверхности более 50 га, плотины высотой 2 м и более [2; 3]. За последние пять лет в мире имели место более 300 аварий ГЭС IV класса. Это объясняется неудовлетворительным уровнем их технического обслуживания, отсутствием или недостаточным штатом эксплуатационного персонала, а в ряде случаев – потерей собственника и эксплуатирующей организации [4]. В Республике Беларусь все земляные плотины согласно [5] относятся плотинам III и IV классов. В настоящее время эксплуатируется около 150 водохранилищ с объемом более 1 млн м³ [6]. На наиболее крупных водохранилищах требования к обеспечению безопасности удовлетворяются в полной мере, чего нельзя сказать о многочисленной группе менее крупных водохранилищ водохозяйственного комплекса, которые эксплуатируются 40–50 лет и нуждаются в выделении необходимых средств для выполнения ремонтных работ. В свою очередь ГЭС «Яново» – одна из ключевых станций региона, эксплуатируемая более 50 лет, что обуславливает необходимость ее модернизации.

Текущее состояние и причины необходимости реконструкции. Обследование технического состояния выявило износ основных элементов: выщелачивание бетона на водосливной поверхности плотины, неработоспособность гидроагрегатов, систем управления и защиты. Основные проблемы включают:

- усталость бетона и коррозию металлических элементов;
- недостаточную пропускную способность при паводковых нагрузках;
- ограничения по экологическим требованиям.

Эти факторы требуют проведения комплексной реконструкции для обеспечения безопасной эксплуатации станции в долгосрочной перспективе.

Основные направления реконструкционных мероприятий:

1. Усиление и ремонт плотинных конструкций.

Проведен расчет прочности и устойчивости существующих плотинных сооружений с целью определения необходимости усиления. Предлагается замена или укрепление устаревших участков бетона, установка дополнительных армирующих элементов.

2. Модернизация гидроагрегатов.

Обновление турбинных установок с целью повышения КПД до современных стандартов (до 90 %), снижение уровня шумов и вибраций, а также внедрение автоматизированных систем управления.

3. Улучшение систем защиты и автоматизации.

Установка современных систем мониторинга состояния сооружений, автоматизированных систем управления аварийными ситуациями, а также системы дистанционного контроля за параметрами работы оборудования.

4. Повышение пропускной способности.

Расширение пропускной способности водосбросных устройств для безопасного прохождения паводковых вод с учетом изменений климата.

Инженерные расчеты и проектные решения. На основе проведенных расчетов определены параметры новых конструктивных элементов: толщины укреплений, мощности турбин, характеристик систем автоматизации. Используются современные программные комплексы для моделирования поведения сооружений при различных нагрузках.

Реализация предложенных решений позволит повысить надежность станции, снизить эксплуатационные расходы и обеспечить соответствие экологическим требованиям.

ГЭС «Яново» расположена на реке Лоша у д. Изабелино Островецкого района. Согласно гидрогеологического районирования территории Беларуси район расположен в границах Прибалтийского гидрогеологического артезианского бассейна. Гидрографическая характеристика и гидрологическая изученность Река Лоша - река в Ошмянском и Островецком р-нах, левый приток Вилии). Длина 55 км.

ГЭС «Яново» – русловая гидроэлектростанция, которая относится к IV классу капитальности. Установленная мощность ГЭС 150 кВт. В состав гидроузла входит водосбросное сооружение в виде ячеистой плотины, грунтовая однородная плотина, резервный пруд и ГЭС. Построен гидроузел в 1955 году по проекту Гипросельэлектро, после размыва грунтовой плотины в 1994 году восстановлен.

Водосбросное сооружение представляет собой двухпролетную водосливную плотину практического профиля железобетонной конструкции и предназначено для пропуска в нижний бьеф расходов весеннего половодья и дождевых паводков. Водослив состоит из двух водосливных пролетов шириной по 6 м каждый. Пролеты перекрыты монолитными плитами по монолитным балкам. Отметка порога водослива 150,30 м. Водопроточные отверстия шириной 6,0 м и напором на пороге водослива 3,5 м перекрываются рабочими плоскими металлическими затворами с винтовыми подъемниками. Над водосливной плотиной на ж. б. опорах смонтированы подъемные механизмы с электроприводом для управления затворами, установленные по проекту РУП «Полесьегипроводхоз», 2009 г.

Водосброс обеспечивает пропуск расхода воды – 149 м³/с при напоре на водосливе 3,5 м. Со стороны верхнего бьефа предусмотрены пазы для установки ремонтного загораживания. Для гашения энергии сбросного потока в нижнем бьефе устроен железобетонный водобойный колодец длиной 16 м и глубиной 0,5 м. За водобойным колодцем выполнена рисберма длиной 28,5 м, которая заканчивается зубом из каменной наброски. План гидротехнических сооружений представлен на рис. 1.

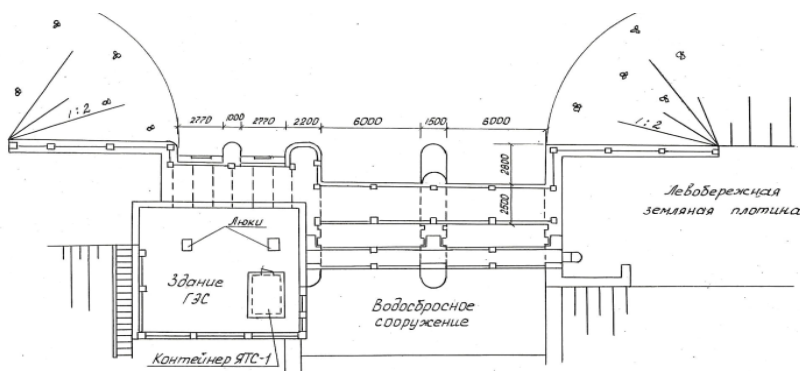
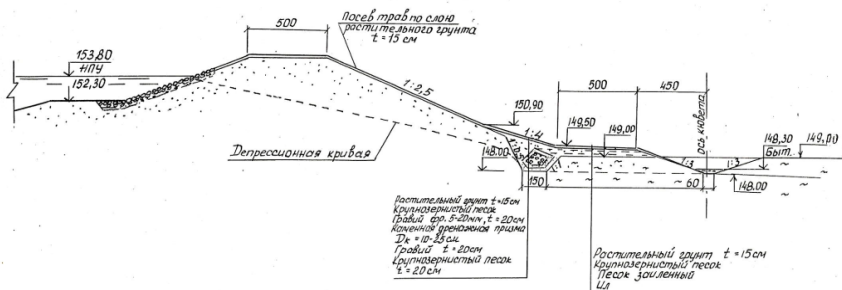


Рис. 1. План гидротехнических сооружений

Поперечный разрез грунтовой плотины представлен на рис. 2. Основные технико-экономические показатели ГЭС приведены в табл.



Размеры в см.

Рис. 2. Поперечный разрез грунтовой плотины

В соответствии с данными технического отчета «Визуальный осмотр подводной части гидротехнических сооружений по объекту «Реконструкция гидросооружений ГЭС «Яново» с благоустройством территории Островецкого района», выполненного ПодводТехСервис в 2025 г. и результатам общего инженерного обследования строительных конструкций, выполненного РУП «Белнипиэнергопром в 2022 г. строительных конструкций железобетонные сооружения ГЭС в подводной и надводной частях требуют ремонта.

Рабочие затворы водосливной плотины и здания ГЭС имеют ряд дефектов:

- конструкции металлических плоских затворов значительно деформированы, имеют перекосы, «выгиб» в сторону нижнего бьефа. Между направляющими затвором в пазах быков и устоев и конструкциями самих металлических затворов образованы зазоры шириной 20–100 мм. Наблюдаются значительные протечки воды в узлах «паз-затвор». Данные повреждения не обеспечивают нормальное функциональное назначение затворов – создание напора в верхнем бьефе и регулируемый сброс воды;

- антикоррозионная защита металлических затворов и направляющих (закладных) в пазах для установки затворов утрачена.

Подводными обследования гидротехнических сооружений ГЭС «Яново» установлено что:

- перед затворами образовалось скопление растительного и бытового мусора шириной полосы вдоль затвора до 2 м и высотой до 0,5 м;

- у разделительного бычка образовалось скопление наносов в объеме 0,6 м³;

- со стороны нижнего бьефа дно водобойного колодца покрыто донными наносами 3–5 см (преимущественно песчаными);

– образование воронки размыва за водобойным колодцем глубиной 2,28 м площадью 50 м².

Настоящим проектом реконструкции ГЭС «Яново» в соответствии с техническим заданием на разработку проектной документации для выполнения модернизации гидросооружений предусматривается:

- разработка схемы пропуска строительных расходов на период выполнения ремонтных работ;
- замена рабочих и ремонтного затворов водосливной плотины;
- замена рабочих, ремонтных затворов и сороудерживающих решеток здания ГЭС;
- ремонт и расчистка понура;
- ремонт и расчистка рисбермы, с последующей отсыпкой крупным камнем;
- расчистка придамбового канала;
- ликвидация размыва грунта.

После осушения котлована проектом предусматривается расчистка дна верхнего и нижнего бьефов от наносов, ила и мусора.

В соответствии с заданием на проектирование проектом так же предусматривается расчистка придамбового канала. Для обеспечения стока канал предусмотрена планировка канала с уклоном не менее 0,003 ‰.

Понур предназначен для увеличения пути фильтрации и уменьшения фильтрационного давления на бетонные сооружения. В связи с длительной эксплуатацией сооружений настоящим проектом предусмотрено устройство понура соответствии с п.7.3.4 СН 3.04.01-2020 из суглинка толщиной 0,6 м с пригрузкой щебнем и креплением сборными железобетонными плитами. Длина понура принята 10 м.

При выполнении подводного обследования установлено наличие размыва грунта объемом 1,7 м³ под плитой водобойного колодца на расстоянии 3,6 м от внешнего угла левобережного устоя нижнего бьефа. Длина участка 5,2 м, высота 0,27 м и глубина подмыва 1,2 м.

Для ликвидации подмыва проектом предусматривается укладка щебня и каменной наброски по слою геотекстиля.

На основе проведенных расчетов РУП «Белнипиэнергопром» определены параметры новых конструктивных элементов: толщины укреплений, мощности турбин, характеристик систем автоматизации. Используются современные программные комплексы для моделирования поведения сооружений при различных нагрузках.

Таблица

Основные технико-экономические показатели ГЭС

Основные технико-экономические показатели ГЭС		
1. Местоположение объекта		
1. Створ гидроузла	В створе водопропускного сооружения водохранилища на р. Лоша	
2. Гидрологические данные		
1	2	3
1. Расчетный расход 1 % обеспеченности весеннего половодья	м³/с	119,46 (131,0)
2. Расчетный расход 5 % обеспеченности весеннего половодья	м³/с	83,72 (91,0)
3. Расчетный расход 10 % обеспеченности весеннего половодья	м³/с	67,44
4. Расчетный уровень 1 % обеспеченности весеннего половодья	м	150,12
5. Расчетный уровень 5 % обеспеченности весеннего половодья	м	149,75
6. Расчетный уровень 10 % обеспеченности весеннего половодья	м	149,55
3. Данные по гидроузелу		
3.1. Водохранилище (существующее)		
1. Отметка НПУ	м	153,80
2. Отметка УМО	м	153,3
3. Площадь зеркала водохранилища при НПУ	км²	1,06
4. Емкость водохранилища при НПУ	млн.м³	2,27
5. Средняя глубина	м	2,1
6. Назначение	гидроэнергетика	
3.2. Здание ГЭС		
1. Тип здания	русловое	
2. Установленная мощность	кВт	150 (по проекту)
3. Количество гидроагрегата	шт	2¹ (по проекту)
4. Годовая выработка электроэнергии (50 % обеспеченности)	тыс. кВт*ч	861,6 (по проекту)
5. Работа с установленной мощностью	час/год	8240
3.3. Турбинные водоводы		
1. Количество	шт.	2
2. Диаметр	мм	1000
3.4. Отводящие водоводы		
1. Количество	шт.	2
2. Диаметр	мм	1000

¹В настоящее время один турбоагрегат демонтирован.²В скобках указаны значения взятые по паспорту ГЭС.

Реализация предложенных решений позволит повысить надежность станции, снизить эксплуатационные расходы и обеспечить соответствие экологическим требованиям.

Литература

1. Правила определения количественных и качественных характеристик водного режима при создании плотин и водохранилищ на реках : ТКП 17.06-06-2012 (02120). – Введ. 16.01.2012. – Минск : Минприроды, 2012. – 40 с.

2. О государственной экологической экспертизе, стратегической экологической оценке и оценке воздействия на окружающую среду : Закон Республики Беларусь от 8 июля 2016 г. № 399-З // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=N11600399> (дата обращения: 23.04.2025).

3. Пособие по проведению оценки воздействия на окружающую среду водохранилищных ГЭС / Концерн «Белэнерго». – Минск : Белэнерго, 2005. – 68 с.

4. Обеспечение безопасности и надежности низконапорных гидротехнических сооружений / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, Д. В. Бакланова, [и др.]. – Новочеркасск : РосНИИПМ, 2016. – 283 с.

5. Гидротехнические сооружения. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-3.04-169-2009 (02250). – Введ. 30.12.2009. – Минск : Минстройархитектуры, 2011. – 74 с.

6. Водоохранилища Беларуси : справочник / М. Ю. Калинин, В. Н. Счисленок, П. П. Рутковский [и др.]. – Минск : ЦНИИ КИВР, 2005. – 183 с.

УДК 624.131.552

Методика оценки влияния вибродинамических воздействий при производстве работ на строительной площадке на эксплуатационную надежность рельсовых путей башенных кранов

Повколас К. Э., Шавловская О. А.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Предложена методика расчета дополнительной динамической осадки плитных фундаментов на примере расчета деформаций (абсолютных и относительных) оснований рельсовых путей башенных кранов. Она основана на экспериментально обоснованном факте о достижении предельного уплотнения основания при вибродинамических воздействиях, распространяющихся в грунте, после превышения критического ускорения колебаний грунта.