

УДК 626:001.891.5(063)

О МЕТОДИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ НАТУРНЫХ ОБСЛЕДОВАНИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ИСКУССТВЕННЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ БЕЛАРУСИ

Левкевич В.Е., к. т. н., доцент, Малашевич В.А., Ласута Г.Ф., к. с.-х. наук
Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь

e-mail: ecoserv@tut.by

В статье описаны основные положения методики проведения натуральных обследований гидротехнических сооружений на искусственных водных объектах Беларуси.

Concept of the methodology for carrying-out full-scale surveys of the waterworks on artificial water bodies of Belarus is presented.

(Поступила в редакцию 12 июля 2013 г.)

На сегодняшний день в Республике Беларусь эксплуатируется более 10 тыс. водных объектов – озер, прудов, водохранилищ. На долю малых водохранилищ (объемом от 1 до 10 млн. м³, площадью водного зеркала до 40 км²) приходится более 150 водных объектов. Суммарная длина береговой линии малых водохранилищ достигает превышения 1 200 км [1]. Основная их часть имеет в своем наличии различного рода инженерные сооружения, включающие плотины, дамбы, водосбросы, водовыпуски, гидроэлектростанции, шлюзы, водозаборы, сооружения берегозащиты и другие. Большинство указанных объектов эксплуатируются значительный отрезок времени, при этом не всегда учитывается то, что срок их эксплуатации в соответствии с классом капитальности сооружений не должен превышать пятидесятилетний рубеж, оценка надежности объектов потенциальной опасности требует наличия объективной информации о техническом состоянии указанных сооружений и инженерных систем гидротехнического назначения [2].

На рис. 1 представлена динамика ввода в эксплуатацию водохранилищ на территории Беларуси в период с 1933 года. Из анализа ситуации, становится очевидным, что 30 искусственных водных объектов (21,1 % от общего числа водохранилищ) эксплуатируются более 50 лет. Соответственно пятая часть гидротехнических сооружений (ГТС), может представлять потенциальную опасность возникновения чрезвычайных ситуаций.

В качестве инструмента осуществления диагностики искусственных водных объектов и гидротехнических сооружений на них, а также прогноза их состояния и управления сложившейся ситуацией может явиться комплексная система мониторинга и, в частности, – система мониторинга факторов риска на водохранилищах и их гидротехнических сооружениях [2]. В настоящее время ведется разработка такой системы. Однако реализация идеи ее создания не представляется возможной без наличия соответствующей методики, которая позволит оценить техническое состояние сооружений, входящих в состав искусственных водных объектов Беларуси, дать количественно-качественную оценку индивидуально каждому узлу (конструктивному элементу). Соответственно, полученные результаты будут использоваться для анализа динамики изменения технического состояния и прогнозирования чрезвычайных ситуаций и принятия управленческих решений по их предотвращению.

Анализ существующих методик по оценке технического состояния определил новизну и актуальность настоящих исследований. Как правило, используемые технические нормативные правовые акты, в том числе инструкции и наставления носят локальный характер и содержат общий свод требований не в полной мере охватывающий необходимый

спектр вопросов, которые следует решать при оценке технического состояния гидросооружений водохранилищ и рек. Данная проблема характерна не только для Республики Беларусь, Российской Федерации и стран ближнего зарубежья. В мировой практике в основном используются методики оценки состояния морских гидротехнических сооружений. При разработке представленной методики за основу был принят ряд технических нормативных правовых актов: «Руководство по техническому контролю гидротехнических сооружений морского транспорта РД 31.3.3-97» [3]; «Безопасность гидротехнических сооружений инструкция о порядке ведения мониторинга безопасности гидротехнических сооружений предприятий, организаций, подконтрольных органам Госгортехнадзора России РД 03-259-98» [4]; «Правила проведения натурных наблюдений за работой бетонных плотин РД 153-34.2-21.545-2003» [5]; «Правила организации и проведения натурных наблюдений и исследований на плотинах из грунтовых материалов РД 153-34.2-21.546-2003» [6].

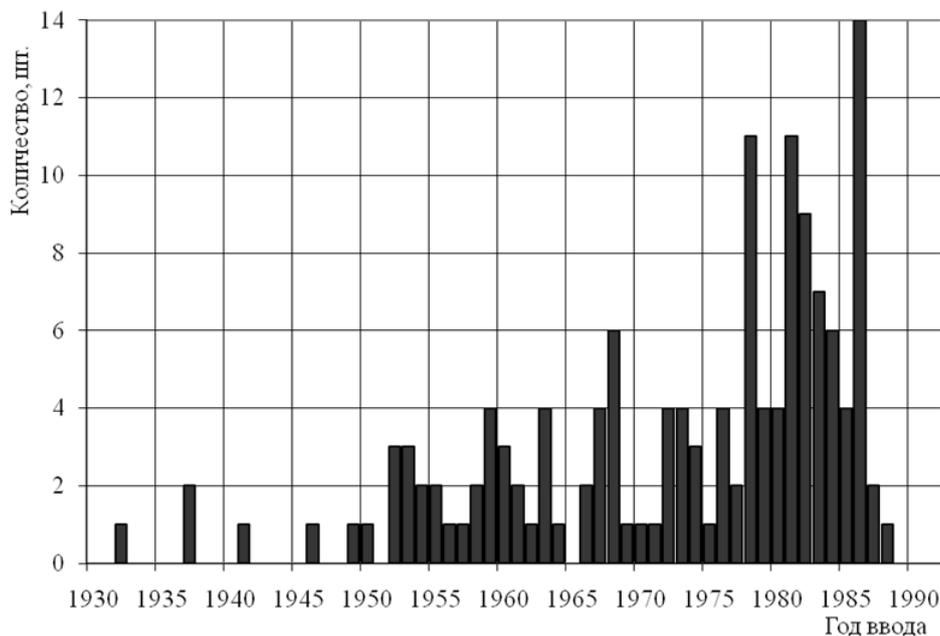


Рисунок 1 – Динамика ввода водохранилищ в эксплуатацию

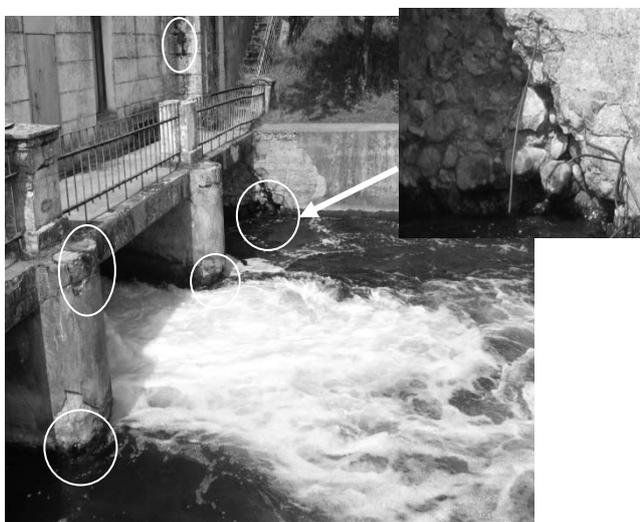
Водоохранилища Беларуси обладают рядом отличительных особенностей, главными из которых являются их линейные и гидроморфологические характеристики, особенности гидрологического режима эксплуатации, а именно расположение искусственных водных объектов: преимущественно не на реках первого порядка, а на притоках второго-третьего порядков.

В настоящей статье изложена методика натурных исследований факторов, приводящих к возникновению чрезвычайных ситуаций на водных объектах. Указанная методика разработана на основании данных, полученных авторами в результате проведенных обширных натурных обследований гидротехнических сооружений, расположенных на водохранилищах в различных регионах страны. Всего было обследовано около 75 % водохранилищного фонда Беларуси. В основу методики положено использование данных визуальных и инструментальных методов регистрации состояния элементов водных объектов и гидротехнических сооружений.

Визуальные наблюдения [7] являются одним из основных методов контроля сооружений, на которых контрольно-измерительная аппаратура [4-6] либо отсутствует, либо имеется в ограниченном количестве. На сооружениях, оснащенных КИА, роль визуальных наблюдений не снижается, поскольку ряд признаков неблагоприятного состояния

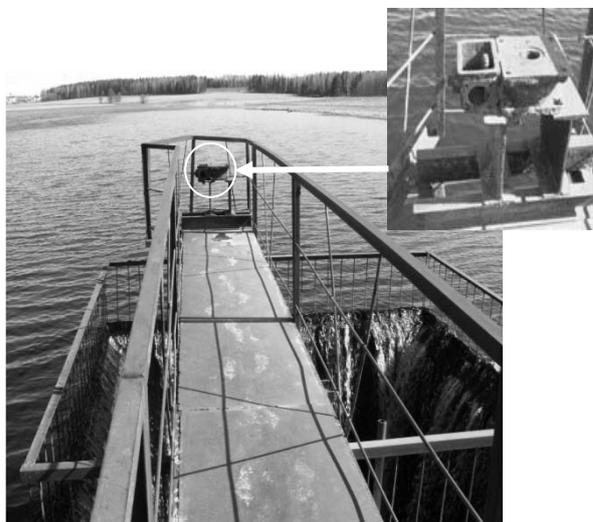
сооружения, его основания, береговых примыканий или бетона как материала могут быть обнаружены только лишь визуальными наблюдениями (проявление выходов фильтрации, выщелачивание, трещинообразование и др.). Визуальные наблюдения заключаются в систематических осмотрах сооружения и его элементов [4-7] для оценки состояния, выявления дефектов и неблагоприятных процессов, снижающих эксплуатационную надежность сооружения.

Объектами визуальных наблюдений (рис. 2, 3) в общем случае является: водохранилище и вся прилегающая территория к гидроузлу, включая дренажные устройства (дрены, шахты, колодцы), контрольно-измерительная аппаратура (марки, репера и т. п.), механическое оборудование ГТС (затворы, краны, подъемные механизмы, сороудерживающие решетки, лебедки и т. п.), повреждения которых могут отразиться на состоянии и устойчивости гидросооружения. Визуальные наблюдения сопровождаются описаниями наблюдаемых явлений, зарисовками с использованием различных условно-графических изображений (рис. 4), замерами, фотосъемкой и заканчиваются заполнением журналов и ведомостей дефектов, которые затем переносятся в соответствующую базу данных.



разрушение водосброса со стороны
нижнего бьефа

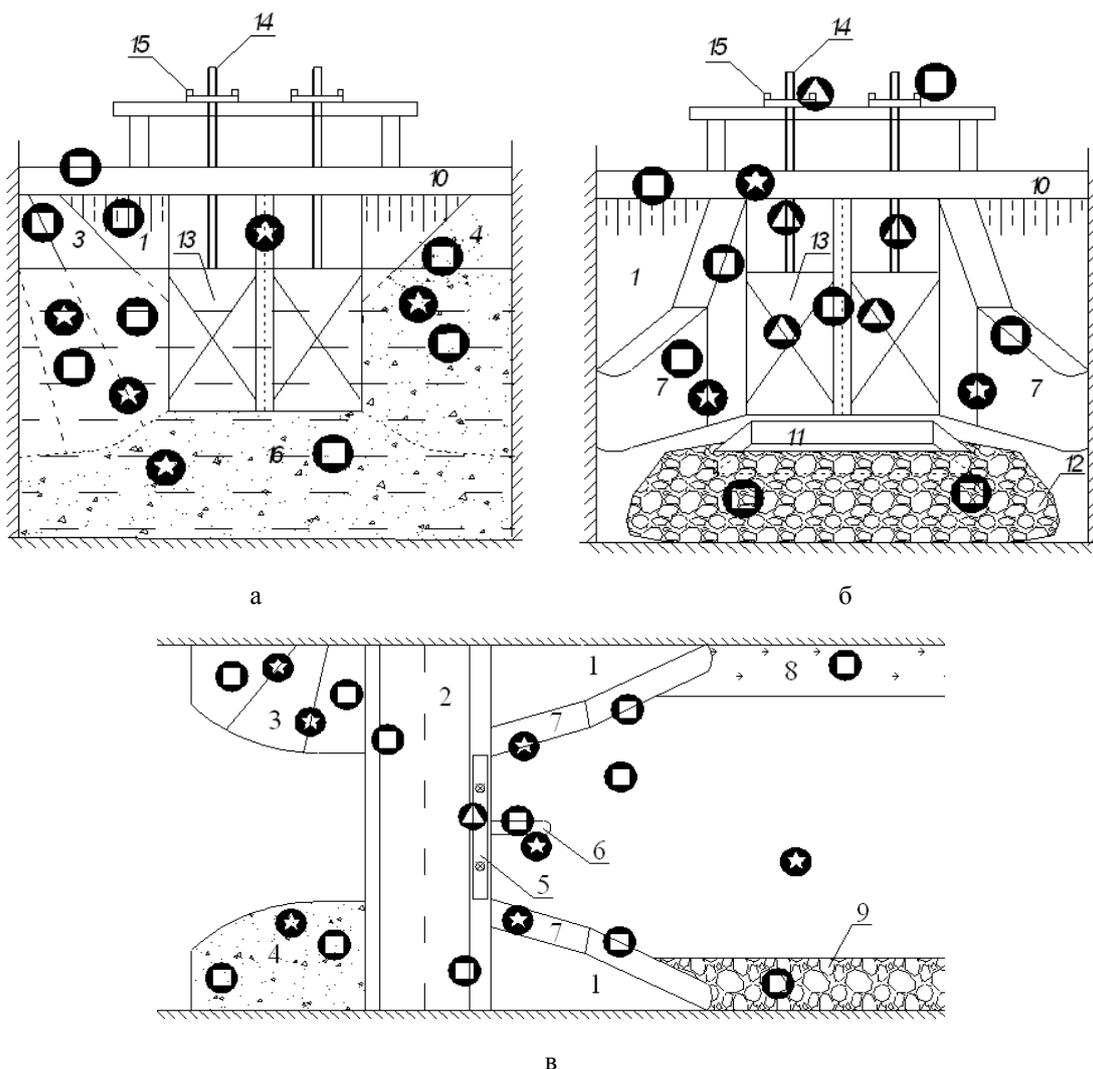
**Рисунок 2 – Вид водосброса на
водохранилище ГЭС Дружба Народов
(обследование 27.07.2011)**



отсутствие механизма для поднятия затворов
шахтного водосброса

**Рисунок 3 – Вид водосброса на
водохранилище Мали
(обследование 14.04.2011)**

Для измерения повреждений на поверхности железобетонных, бетонных и стальных элементов, а также линейных деформаций используется набор измерительных инструментов включая рейку или метровую линейку с сантиметровыми делениями, металлическую линейку с миллиметровыми делениями, набор щупов из тонкой стальной проволоки разного диаметра или пластинок различной толщины. Параметры повреждений поверхности железобетонных и бетонных элементов измеряются с точностью до 0,5 см. Раскрытие трещин шириной более 1,0 мм следует измерять металлической линейкой с точностью до 0,5 мм.



Условно-графические обозначения:

▲ - деформация; ◻ - разрушения; ★ - трещины.

- 1 – тело плотины; 2 – гребень плотины; 3 – берегозащита (ЖБ плиты);
 4 – берегозащита (бетон монолит); 5 – шлюз-регулятор; 6 – бык; 7 – устой;
 8 – одерновка; 9 – каменная наброска; 10 – перекрытие; 11 – водобойный колодец;
 12 – рисберма; 13 – затвор; 14 – винт; 15 – вращающаяся часть; 16 – понур

**Рисунок 4 – Схема гидротехнического сооружения:
 а – вид с верхнего бьефа; б – вид с нижнего бьефа; в – план**

Ширину раскрытия температурно-осадочных швов и трещин, имеющих ширину более 1 мм, следует измерять металлической линейкой с миллиметровыми делениями. Измерения глубины и ширины трещин на всей их длине (при ширине от 0,1 до 1,0 мм) должны выполняться с помощью наборов щупов из тонкой стальной проволоки разного диаметра или пластинок разной толщины. Измерения следует производить в определенных, отмеченных краской, местах. Границы выявленных трещин необходимо обвести краской, все трещины следует зарисовать с использованием графических изображений (рис. 4) или сфотографировать и каждой из них присвоить определенный номер. На изображении каждой трещины в бетонном массиве должны быть показаны: направление развития трещины, ее глубина, ширина и длина, а также отмечена дата наблюдений. В ряде случаев можно использовать деформометр [8]. Для наблюдения за процессом развития деформаций всех трещин, в местах их наибольшего расширения, следует установить маяки. Рядом с каждым

маяком должен быть нанесен номер и дата его установки, а при разрыве маяка – и дата его разрушения (рис. 4). В случае разрыва маяков дальнейшее наблюдение за состоянием трещин на них должно производиться с помощью щелемеров. Одним из вариантов такого рода приборов является штангенщелемер [8]. На основании данных проводимых наблюдений составляются графики развития трещин. Результаты наблюдений должны быть обобщены и проанализированы с указанием предполагаемой причины раскрытия швов и развития трещин с соответствующим комментарием в базе данных.

К инструментальным методам регистрации состояния элементов гидротехнических сооружений на искусственных водных объектах можно также отнести один из вариантов контроля качества железобетонных и металлических изделий с использованием методов неразрушающего контроля. Использование такого прибора как ультразвуковой дефектоскоп позволит выявить области с неоднородной сплошностью, с неоднородной структурой материала, зоны с поражениями коррозией, с несоответствием химического состава, а также размеров. Использование дефектоскопа позволит определить характеристики твердых образцов (с определением молекулярных свойств), проконтролировать состояние сварных, паянных, клеевых соединений, деталей агрегатов электромеханического оборудования гидроэлектростанций в полевых и лабораторных условиях.

Проведение натурных исследований в целом за факторами, приводящими к возникновению чрезвычайных ситуаций на водных объектах необходимо:

сопровождать фото- и видеофиксацией. Получение фотоинформации необходимо осуществлять в три этапа:

1-й этап – предварительное обследование участка и изучение условий съемки; определение объема необходимой фотоинформации и выбор объектов съемки;

2-й этап – определение положения камеры (точки съемки), направления съемки и дистанции съемки; определение и осуществление мероприятий по увеличению контраста яркости деталей объекта;

3-й этап – ориентирование камеры относительно объекта и привязка к реперным точкам или маркам.

Вид технического состояния элемента определяется категорией и масштабом выявленных дефектов [3]:

малозначительный – дефект 1 категории, работоспособное состояние элемента;

значительный – 2 категории, неработоспособное состояние. Состояние, при котором элемент не может выполнять свои функции в штатном режиме без проведения ремонтно-восстановительных работ;

критический – 3 категории, предельное состояние. Состояние, при котором элемент создает непосредственную угрозу возникновения чрезвычайной ситуации и не может выполнять свои функции в штатном режиме без проведения капитального ремонта.

Категория дефекта зависит от его вида по значениям показателей технического состояния определенного элемента гидросооружения [3].

Влияние дефекта на работоспособность элемента определяет его сохранность и характеризуется коэффициентом сохранности α , который определяется путем сравнения признаков характера дефектов, выявленных в результате обследований с их значениями. Коэффициент сохранности для элементов с малозначительными дефектами, $1 > \alpha_1 \geq 0,8$, с значительными – $0,7 > \alpha_2 \geq 0,4$, с критическими – $\alpha_3 < 0,3$.

Коэффициент сохранности группы однородных элементов определяется по формуле (1) [3]:

$$\alpha_1 = \frac{\sum_{j=1}^m a_j}{m} \quad (1)$$

где a_j – частное значение коэффициента сохранности элемента;

$j = 1, 2, 3, \dots, m$ - номер элемента i -ой группы однородных элементов;
 m – количество элементов в i -ой группе однородных элементов.

Коэффициент сохранности сооружения из n групп однородных элементов определяется по формуле (2) [3]:

$$a_n = \frac{\sum_{i=1}^n a_i b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \quad (2)$$

где $i=1, 2, 3, \dots, n$ – порядковый номер элемента (группы однородных элементов);

b – показатель значимости групп элементов в составе сооружения;

a_i – коэффициент сохранности i -ой группы однородных элементов, определяемый по формуле (1).

Показатель значимости b элементов ГТС в составе гидроузла принимается в процентном выражении в зависимости от важности и потенциальной опасности показателя.

Для обоснования показателя b авторами были проведены исследования с использованием метода Дельфи, который основан на экспертном оценивании и статистическом анализе полученных экспериментальных данных. С целью реализации указанной задачи из 25 литературных источников таких авторов как Замарин Е.А., Фандеев В.В., Ничипорвич А.А., Субботин А.С., Эйдельман С.Я., Иванов П.Л., Аравин В.И., Широков В.М., Лопух П.С., Калинин М.Ю. и др. [1,7,8] было выбрано конкретное количество упоминаний отдельно взятых описанных выше конструктивных элементов в составе гидроузла. Также была составлена анкета, в которой перечислены те же элементы гидротехнических сооружений, представляющие интерес научного и прикладного характера. Анкету было предложено заполнить независимым специалистам, решающим задачи по исследованию, проектированию, модернизации и техническому обслуживанию ГТС, соответственно имеющим более глубокие познания в данной области деятельности. Значимость элементов указывалась в числовом выражении таким образом, чтобы итоговая сумма баллов по индивидуально каждому сооружению (виду сооружения) образовывала целое число «10». Полученные результаты были обработаны и в количественно-качественном выражении было дано обоснование показателя значимости b каждому отдельно взятому конструктивному элементу.

Абсолютная величина коэффициента сохранности сооружения определяет значение износа сооружения (таблица 1).

На основании изложенного следует, что для прогнозирования и управления риском на искусственных водных объектах и их гидротехнических сооружениях в рамках системы мониторинга необходимо создание соответствующей методики проведения натурных обследований факторов, приводящих к возникновению чрезвычайных ситуаций. В работе представлены результаты исследований в области оценки состояния ГТС путем натурных обследований на предмет выявления факторов, приводящих к возникновению чрезвычайных ситуаций на искусственных водных объектах Беларуси.

Таблица 1 – Физический износ сооружений по значениям коэффициента сохранности

Коэффициент сохранности, α	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0
Показатель физического износа, b , %	0	20	40	60	80	100

Описанная выше методика позволит провести экспресс-оценку ГТС и установить реальное состояние гидросооружений, расположенных на водохранилищах Республики Беларусь и тем самым спрогнозировать развитие и предотвратить возникновение чрезвычайных ситуаций на них.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калинин, М.Ю. Водохранилища Беларуси: справочник. – Минск: ОАО «Полиграфкомбинат им. Я.Коласа», 2005. – 182 с.
2. Левкевич, В.Е. К созданию системы мониторинга риск-ситуаций на искусственных водных объектах / В.Е. Левкевич, В.А. Малашевич // Вестн. Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2011. № 1 (13). – С. 110-120.
3. Руководство по техническому контролю гидротехнических сооружений морского транспорта: РД 31.3.3-97. Введ. 01.04.97. М. : АСТ-ЛТД, 1997. – 96 с.
4. Безопасность гидротехнических сооружений инструкция о порядке ведения мониторинга безопасности гидротехнических сооружений предприятий, организаций, подконтрольных органам Госгортехнадзора России : РД 03-259-98. Введ. 12.01.98. М. : ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 1998. – 5 с.
5. Правила проведения натурных наблюдений за работой бетонных плотин : РД 153-34.2-21.545-2003. Введ. 01.01.2003. М. : Технический комитет по стандартизации: Научно-исследовательский ин-т контроля и диагностики технических систем, 2003. – 18с.
6. Правила организации и проведения натурных наблюдений и исследований на плотинах из грунтовых материалов : РД 153-34.2-21.546-2003. Введ. 01.02.2005. СПб. : Издательство и типография ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2005. – 67 с.
7. Кузнецов, В.С., Александровская Э.К. Визуальный контроль и оценка состояния гидротехнических сооружений // Библиотечка гидротехника / Безопасность гидротехнических сооружений. М.: НТФ Энергопрогресс, 2001. – Вып. 3(7). – С. 4-25.
8. Эйдельман, С.Я. Натурные исследования бетонных гидротехнических сооружений. – М: Государственное энергетическое издательство, 1960. – 210 с.