

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
СУДОХОДНОЙ ПЛОТИНЫ ГИДРОУЗЛА «СТАХОВО»
ЛУНИНЕЦКОГО РАЙОНА БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Г.Г. Круглов, кандидат технических наук, доцент
Н.Н. Линкевич, кандидат технических наук, доцент**

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь*

Аннотация

Приведены описание конструкции сооружений судоходной плотины гидроузла № 12 «Стахово», методики натурных обследований. Определена прочность на сжатие бетонных конструкций неразрушающим методом с помощью измерителя прочности бетона ИПС-МГ4.03. Описано техническое состояние сооружения и его механического оборудования, наличие дефектов и разрушений конструктивных элементов плотины. Все наиболее значительные дефекты сооружения сфотографированы. На основании проведенных исследований разработаны рекомендации по ремонту и реконструкции судоходной плотины.

Ключевые слова: гидроузел, судоходная плотина, береговой устой, ферма «Поаре», понур, рисберма

Abstract

**G.G. Kruglov, M.M. Linkevich
THE TECHNICAL CONDITION OF THE
NAVIGABLE DAM OF THE HYDROSYSTEM
“STAKHOVO”, LUNINETS DISTRICT, BREST
REGION**

The description of the navigable dam structures of the hydrosystem No. 12 “Stakhovo”, methods of field surveys are given. The compressive strength of concrete structures is determined by a non-destructive method using the concrete strength tester IPS-MG4.03. The technical condition of the structure and its mechanical equipment, the presence of defects and destruction of the structural elements of the dam are described. All the most significant structural defects are photographed. Based on the conducted research, recommendations on the repair and reconstruction of the navigable dam were developed.

Keywords: hydrosystem, navigable dam, coastal abutment, Poare farm, upstream floor, apron

Введение

Основными задачами натурных обследований является оценка общего состояния сооружений гидроузла, соответствие их проекту, установление дефектов и повреждений отдельных конструкций, вскрытие возможных причин их появления и разработка профилактических и восстановительных мероприятий по их устранению для обеспечения надежной и безопасной работы.

Обследования проводились и заказчиком, и исполнителем, Их результаты сопоставлялись, и все обнаруженные дефекты и повреждения повторно проверялись. Записи и фотографирование проводились непосредственно на месте.

Описание конструкций судоходной плотины гидроузла № 12 «Стахово»

Судоходная плотина гидроузла № 12 «Стахово» введена в эксплуатацию в 1958 г. В настоящее время она находится в ведении Днепро-Бугского водного пути.

Плотина расположена на реке Припять на расстоянии 50 км от г. Пинска, на 465-м километре от устья р. Припять, в 25,9 км от ближайшего гидроузла № 11 «Качановичи» и в 350 м выше верхней головы судоходного шлюза, в деривационном канале, протяженность которого 380 м, а ширина 75–80 м. Основное назначение плотины – подъем и поддержание судоходных уровней в р. Припять на участке от верхнего бьефа гидроузла № 12 «Стахово» до гидроузла № 11 «Качановичи», а также пропуск паводковых расходов реки. При уровнях воды 132,0 м через плотину пропускается максимальный расход 391,9 м³/с. Паводковые расходы более 391,9 м³/с пропускаются через плотину и по пойме р. Припять.

Длина по гребню плотины – 75 м, максимальная высота от подошвы до служебного мостика 6,44 м, ширина служебного мостика – 1,20 м. Плотина имеет один водосливной пролет высотой 3,50 м, шириной 75 м, который перекрывается затвором с поворотными фермами. На гребне плотины уста-

новлено 59 ферм «Поаре» трапецидальной формы, пролеты между которыми перекрываются деревянными щитами «Буле». Общее количество щитов – 300 шт (рис. 1). Отметка НПУ – 131,8 м.



Рисунок 1 – Затвор с поворотными фермами «Поаре»

В основании плотины залегают мелкие и средней крупности пески, хорошо окатанные, с встречающимися илистыми прослойками. Плотность твердых частиц грунта составляет 2,64–2,67 г/см³, пористость – 36–40 %, угол внутреннего трения грунта в состоянии естественной влажности – 38°, в насыщенном состоянии – 34°, а коэффициент фильтрации 0,0031÷0,010 см/с.

Основными конструктивными элементами судовой плотины являются: тело плотины, береговые устои, понур, рисберма.

Тело плотины выполнено в виде одноступенчатой бетонной плиты толщиной 2,44 м со стороны верхнего бьефа и 1,6 м в месте установки поворотных ферм. Ширина плотины по основанию – 10,4 м, длина – 75 м. Плотина отрезана от береговых устоев конструктивными швами. В пороге плотины устроены ниши для подшипников поворотных ферм. Тело плотины расположено на деревянных сваях диаметром 24 см, длиной 5,26 м, погруженных до отметки 120,8 м. Сваи находятся по ширине плотины в семь рядов. Расстояние между рядами свай – 1,30 м, а между сваями в ряду – 1,25 м.

Со стороны напорной грани плотины забит понурный, а со стороны низовой грани – водобойный шпунтовые ряды. Шпунты деревянные, из брусьев толщиной 16 см. Понурный шпунт длиной 6,10 м погружен до отметки 120,56 м, а водобойный шпунт длиной 5,50 м забит до отметки 121,06 м.

Поворотные фермы «Поаре» трапецидальной формы сварной конструкции изготовлены из стального швеллера, а пешеходный мостик, устанавливаемый по гребню ферм, – из уголка и рифленого стального листа. Опорно-ходовая часть ферм выполнена в виде чугунного подшипника, в котором вращается шип фермы.

Понур глиняный длиной 11 м, шириной 88,4 м имеет переменную по длине толщину от 0,7 м в начале до 1,84 м в месте сопряжения с телом плотины. Сверху понур закреплен одиночным каменным мощением толщиной 25 см на слое щебня 0,15 м и песка 0,2 м. Поверхность понура имеет обратный уклон $i = 0,062$.

Рисберма, расположенная в нижнем бьефе непосредственно за порогом плотины, имеет длину 40 м. Первые 5 м рисбермы закреплены каменной наброской толщиной до 1,3 м на трехслойном обратном фильтре из крупного и мелкого щебня и песка. Остальные 35 м рисбермы закреплены каменным мощением толщиной 40 см по слою щебня толщиной 15 см и хворостяному тюфяку толщиной 30 см. Первые 15 м этого крепления усилены сваями, забитыми в шахматном порядке, через 2 м. Сваи деревянные, диаметром 30 см, длиной 4,84 м, погружены до отметки 123,16 м.

Береговые устои. В основании береговых устоев выполнены бетонные плиты толщиной 1,6 м каждая, опирающиеся на деревянные сваи.

Высота правобережного берегового устоя – 4,86 м, длина – 10,4 м, ширина поверху – 5,35 м, понизу – 8,35 м. Лицевая грань устоя вертикальная, в ней выполнена ниша для укладки ферм, а тыловая грань ступенчатая. Пять ступеней высотой 0,75 м и шириной 0,5 м каждая.

Высота левобережного устоя – 4,86 м, длина – 10,4 м, ширина поверху – 4,0 м, понизу – 5,0 м. В левобережном устое размещается лоток, подводящий воду к зданию микроГЭС, которая в настоящее время не функционирует.

Методика натуральных обследований

Обследование судовой плотины гидроузла № 12 «Стахово» проводилось по методике, разработка которой предшествовала проведению этих работ. Методика натуральных обследований составлена на основании опыта проведения подобных работ, обзора и анализа литературных источников [1...10]. Об-

следование сооружений проводилось силами и средствами организации исполнителя. Заказчик оказывал исполнителю содействие по всем вопросам, предоставлял техническую документацию, имеющуюся в его подразделениях, активно помогал в проведении натурных обследований гидротехнических сооружений.

Для определения прочностных свойств бетонных конструкций использовался неразрушающий метод ударного импульса с помощью «Измерителя прочности бетона ИПС-МГ4.03» (сертификат № 31204). Диапазон измерений прочности – $3 \div 100$ МПа, пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений – ± 8 %. Измерения проводились для правобережного и левобережного устоев на участке сооружения размером не менее 100 см^2 . Число измерений на каждом участке – не менее 15. После 15-ти измерений прибор проводит автоматическую обработку результатов, и на дисплее высвечивается конечный результат: прочность бетона в МПа и его класс.

Таким образом, в состав работ, выполняемых в рамках натурных обследований, включены:

- изучение технической документации;
- обследование общего состояния сооружений;
- установление повреждений и дефектов отдельных конструкций сооружений;
- выявление причин, вызывающих повреждения конструкций;
- определение прочностных свойств бетонных конструкций;
- разработка рекомендаций по ремонту и реконструкции сооружения.

К технической документации, подлежащей изучению, относятся как проектная, так и исполнительная, а также документация по реконструкции, проведению ремонтов, акты приемки скрытых работ, материалы предшествующих обследований и исследований, книги текущего состояния сооружений и др. Эти материалы изучаются, в первую очередь, в эксплуатирующей организации, а в случае отсутствия – в организациях, выполнявших эти работы. Если в документах отсутствуют необходимые сведения или они не соответствуют действительности, то нужно внести коррективы в документы и поставить в известность заказчика. При изучении технических отчетов по обследованию или актов осмотров необходимо установить по документам, а затем

и в натуре, выполнение мероприятий по устранению дефектов, сделанные выводы, рекомендации и их выполнение.

При изучении материалов необходимо обратить особое внимание на идентичность и взаимную увязку элементов сооружений в документации разных лет, их размеры и высотное расположение и др. Если такое несоответствие устанавливается, то требуется сопоставление с натурой, установление истинного положения или состояния, что отражается в отчете.

В результате изучения технической документации должны быть получены следующие материалы:

- наличие проектной и другой технической документации;
- материалы предшествующих обследований или исследований и принятые решения по ремонту или реконструкции и их выполнение;
- несоответствия в материалах разных лет;
- перечень документации, требующей восстановления.

Техническая документация по судоходной плотине изучалась в Республиканском унитарном эксплуатационно-строительном предприятии «Днепро-Бугский водный путь», которое осуществляет эксплуатацию плотины.

В результате изучения технической документации установлено, что судоходная плотина была введена в эксплуатацию в 1958 г. В сентябре 2013 г. силами сотрудников водолазной станции Республиканского унитарного эксплуатационно-строительного предприятия «Днепро-Бугский водный путь» было проведено обследование надводных и подводных конструкций судоходной плотины и состояния верхнего и нижнего бьефов [11].

Обследования бетонных конструкций обычно ведутся визуальными и неразрушающими методами. Причем визуальные обследования являются основным способом контроля за состоянием сооружений, и данные этих наблюдений становятся базой для дальнейших инструментальных обследований.

Техническое состояние надводных конструкций плотины

Техническое состояние надводных бетонных конструкций плотины неудовлетворительное. На верхнем открылке правобережного устоя в пределах

колебания уровня воды полностью разрушен штукатурный слой и поверхностный слой бетона на глубину до 30 см (рис. 2).



Рисунок 2 – Верховой открылок правобережного устоя

Продольная стенка правобережного устоя в пределах колебания уровней воды также существенно разрушена (рис. 3).



Рисунок 3 – Продольная стенка правобережного устоя

Значительные разрушения бетона с оголением арматуры имеются в нише правобережного устоя (рис. 4 и 5).



Рисунок 4 – Раковины в бетоне с оголением арматуры в нише правобережного устоя



Рисунок 5 – Разрушения в бетоне и оголение арматуры на контакте с закладными частями

На низовом открылке правобережного устоя в зоне колебания уровней воды разрушен штукатурный слой, имеются многочисленные каверны глубиной до 5–8 см и горизонтальная трещина практически на всю длину открылка (рис. 6).



Рисунок 6 – Низовая стенка правобережного устоя

На верховом открылке левобережного устоя также разрушен штукатурный слой в зоне колебания уровней воды, имеются многочисленные сколы и раковины, оголение арматуры (рис. 7).



Рисунок 7 – Левобережный береговой устой

На продольной стенке левобережного устоя разрушены штукатурный слой и поверхность бетона на глубину до 30 см, имеются многочисленные рако-

вины и сколы. Многочисленные белесые пятна по всей поверхности стены свидетельствуют об интенсивном процессе выщелачивания бетона. В нескольких местах разрушен защитный слой и оголена арматура, которая интенсивно корродирует, на что указывают ржавые подтеки на поверхности стенки (рис. 8).



Рисунок 8 – Разрушения продольной стенки левобережного устоя

Определение прочности бетонных конструкций береговых устоев проведено для боковых поверхностей открылков устоев, на гребне устоя и для боковых поверхностей продольных стенок. На каждом участке проводилось не менее 15-ти измерений, после чего прибор выдавал на дисплей прочность бетона в МПа (мегапаскалях) и марку бетона. Результаты измерений приведены в таблице.

Анализ данных по прочности надводных конструкций береговых устоев плотины показывает, что только в 5 из 27 точек прочность бетона была равна или превышала 20 МПа, что соответствовало или было выше марки бетона М200, которая является минимальной для гравитационных бетонных плотин. В остальных 22 точках прочность бетона колебалась в пределах 7,5 МПа–18,3 МПа, что не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к напорным гидротехническим сооружениям.

Техническое состояние подводных конструкций плотины

Обследование подводных конструкций плотины и состояния дна и берегов верхнего и нижнего бьефов было выполнено в сентябре 2013 г. силами сотрудников водолазной станции Республиканского унитарного эксплуатационно-строительного предприятия «Днепро-Бугский водный путь», основные результаты которого приводятся ниже в соответствии с [11].

Гребень плотины находится в неудовлетворительном состоянии. Отмечены дефекты и повреждения, свидетельствующие о снижении несущей способности и эксплуатационной пригодности конструкции. Есть значительные сколы бетона с оголением арматурной сетки. На поверхности гребня повсеместно наблюдаются неровности, трещины шириной 0,5–2 см, разрушение поверхности бетона на 0,5–11 см.

В соответствии с [12] разрушения классифицируются по III категории – ограниченно работоспособное (не вполне удовлетворительное) состояние.

Состояние ферм не удовлетворительное. В подводной части ферм наблюдается старение металла, повреждения в виде деформаций и повсеместная коррозия металла. Вышел из зацепления с подшипником шип 41-й фермы плотины, считая от левобережного устоя (рис. 1, 9).

В соответствии с [13] техническое состояние металлических конструкций плотины оценивается как IV категория – неработоспособное (неудовлетворительное) состояние.

Рисберма плотины также находится в неудовлетворительном состоянии. За порогом плотины наблюдается размыв каменного мощения рисбермы. Образовалась воронка размыва дна глубиной до 4 м, оголены шпунтовые ряды. Воронка размыва распространяясь вниз по течению на 40 м, вызвала размыв крепления камнем правого берега (рис. 10).



Рисунок 9 – Аварийная ферма «Поаре»

Таблица – Определение прочности бетонных конструкций береговых устоев

№ п/п	Наименование конструктивного элемента плотины	Местоположение участка измерения	Номера точек измерения	Прочность бетона на сжатие, МПа	Марка бетона
1	2	3	4	5	6
1	Правобережный устой	Верховой открылок: – боковая поверхность выше максимального уровня воды – боковая поверхность в зоне колебания уровней воды – гребень устоя	1	17,2	M150
			2	14,4	M150
			3	10,8	M100
			1	9,6	M75
			2	9,0	M75
			3	8,4	M75
		Низовой открылок: – боковая поверхность выше максимального уровня воды – боковая поверхность в зоне колебания уровней воды	1	17,2	M150
			2	14,4	M150
			3	11,9	M150
			1	9,3	M75
			2	9,0	M75
			3	9,6	M75
2	Левобережный устой	Верховой открылок: – боковая поверхность выше максимального уровня воды – боковая поверхность в зоне колебания уровней воды	1	18,3	M150
			2	20,6	M200
			3	19,9	M200
			1	9,0	M75
			2	9,8	M75
			3	7,5	M75
		Продольная стенка: – боковая поверхность – гребень устоя	1	10,7	M100
			2	9,5	M75
			3	9,0	M75
			1	34,2	M250
			2	30,3	M250
			3	28,6	M250



Рисунок 10 – Размыв правобережного откоса

В соответствии с [12] разрушения риббермы классифицируются по IV категории – неработоспособное (неудовлетворительное) состояние.

Каменное мощение понура находится в удовлетворительном состоянии.

Выводы

Судоходная плотина гидроузла № 12 «Стахово», введенная в эксплуатацию в 1958 г., устарела физически и морально.

Техническое состояние плотины неудовлетворительное, имеются многочисленные дефекты и разрушения бетонных и металлических конструкций.

Прочность бетона на сжатие в береговых устоях колеблется в пределах 7,5–18,3 МПа, что не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к напорным гидротехническим сооружениям.

Фермы «Поаре» находятся в неудовлетворительном состоянии вследствие старения металла, многочисленных деформаций, повсеместной коррозии, разрушен опорный шарнир 41-й фермы.

Техническое состояние рисбермы неудовлетворительное. За порогом плотины размыто каменное мощение, образовалась воронка размыва протяженностью 40 м и глубиной до 4 м, что грозит подмывом свайного основания и полным разрушением крепления нижнего бьефа.

В связи с опасностью выхода из строя плотины и невозможностью поддержания судоходных уровней в р. Припять необходима реконструкция судоходной плотины гидроузла № 12 «Стахово».

С учетом перспективы использования гидроэнергетического потенциала в створе гидроузла № 12 «Стахово» и строительством малой гидроэлектростанции рекомендовано при реконструкции судоходной плотины предусмотреть конструкции затворов, позволяющих их эксплуатацию в напорном режиме круглогодично, в отличие от ферм «Поаре», не позволяющих их эксплуатацию в условиях отрицательных температур.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Указания по организации натуральных наблюдений и исследований на строящихся гидротехнических сооружениях : ВСН 01–74 / Минэнерго СССР. – Л. : Энергия, 1974. – 22 с.
2. Методические указания по организации визуальных наблюдений за состоянием гидротехнических сооружений гидроэлектростанций. – М. : СПО Союзтехэнерго, 1979.
3. Типовая техническая программа обследования гидротехнических сооружений эксплуатируемых электростанций. – М., 1973. – 10 с.
4. Типовая инструкция по эксплуатации гидротехнических сооружений русловых и тепловых электростанций с водохранилищами (приплотинных гидроэлектростанций.) – М.; Л. : Госэнергоиздат, 1955. – 31 с.
5. Трункова, М. М. Методы обследования и способы ремонта бетонных гидротехнических сооружений / М. М. Трункова. – М., 1979. – 83 с.
6. Бечин, А. П. Исследование бетона эксплуатируемых гидротехнических сооружений / А. П. Бечин, М. М. Трункова, В. А. Рябов. – Л. : Энергия, 1970. – 32 с.
7. Эксплуатация гидротехнических сооружений / под ред. Н. А. Ржаницына. – М. : Речной транспорт, 1956. – 406 с.
8. Аварии повреждения и ремонт гидротехнических сооружений в СССР. – Л., 1972. – 72 с.
9. Физдель, И. А. Дефекты в конструкциях и сооружениях и методы их устранения / И. А. Физдель. – М. : Стройиздат, 1987. – 336 с.
10. Физдель, И. А. Дефекты и обрушения конструкций и сооружений / И. А. Физдель. – М. : Стройиздат, 1957. – 58 с.
11. Технический отчет о водолазном обследовании судоходной плотины гидроузла № 12 «Стахово» Брестской области / Республиканское унитарное эксплуатационно-строительное предприятие «Днепро-Бугский водный путь». – Пинск : М-во транспорта и коммуникаций, 2013. – 11 с.
12. Здания и сооружения. Техническое состояние и обслуживание строительных конструкций и инженерных систем и оценка их пригодности к эксплуатации. Основные требования : ТКП 45-1.04-208-2010 – Минск : Минстройархитектуры, 2010. – 25 с.
13. Конструкции стальные. Обследование и диагностика технического состояния. : ТКП 45-5.04-49-2007. – Минск : Минстройархитектуры, 2007. – 129 с.

Поступила 20.08.2018