

Экспертиза конструкций плотины на реке Сытке. (г.Силламяэ)

Tellija: OÜ Irmari

Reg.nr 11236779

Asukoht V.Tskalovi 25, 40232

Sillamäe, Ida-Virumaa

Oleg Uljanov tel: +372 534 77 257

e-mail: ou@irmari.ee

Täitja: OÜ Consulting Engineer

Reg.nr 10003608

Asukoht Pargitaguse 3-16,

31024 Kohtla-Järve, Ida-Virumaa

Koostaja: Vladimir Fjodorov

MTR registreeringu nr: EK 10003608-0001

Töö nr. T-07-15

tel: 33 76759, 53916265

e-mail: ce@vnet.ee

12.08.2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
1 Составляющие экспертизы	3
2 Конструкция плотины	4
3 Оценка состояния конструкций плотины	5
3.1 Плита моста	6
3.2 Пешеходный мостик	8
3.3 Служебный мост	8
3.4 Устои и открылки плотины	8
3.5 Стойки гидротехнического затвора плотины	9
4 Решения по усилению и реновации конструкций плотины	9
4.1 Восстановление плиты моста	9
4.1.1 Реновация плиты моста	9
4.2 Реновация пешеходного мостика	10
4.3 Реновация служебного моста	10
4.4 Реновация устоев и открылок плотины	11
4.5 Реновация конструкций гидротехнического затвора плотины	11

Lisa

Fotod (1÷16) 12-20

Чертежи плотины :

1. План и разрезы по плотине чертёж ТР/ГТ-19;
- 2..Фрагменты чертежа ТР/ГТ-25 . Расположение съёмных стоек и щитов.
Деталь паза ;
3. Габариты и армирование служебного и пешеходного мостика чертёж ТР/ГТ-27;
4. Армирование плиты моста и детали чертёж ТР/ГТ-28 ;
5. Заключение по образовавшейся трещине в сопряжении правого верхового открылка со стеной плотины №-3 от 14.10.1949 г.

1 Составляющие экспертизы

При составлении настоящей экспертизы использованы следующие документы и результаты исследований:

Чертежи проекта, разработанного проектной организацией Ленфилиал НИИ-9 Таллинское отделение в 1948 г. в составе :

1. План и разрезы по плотине чертёж ТР/ГТ-19;
2. Разбивка бетона плотины на блоки, план и разрезы чертёж ТР/ГТ-24;
3. Расположение съёмных стоек и щитов. Деталь паза чертёж ТР/ГТ-25;
4. Габариты и армирование служебного и пешеходного мостика чертёж ТР/ГТ-27;
5. Армирование плиты моста и детали чертёж ТР/ГТ-28.
6. Чертёж (лист 4) железобетонной стойки, разработанный КБ от 27.06.1960 г.
7. Заключение по образовавшейся трещине в сопряжении правого верхового открылка со стеной плотины №-3 от 14.10.1949г.
8. Осмотр состояния конструкций плотины 02.06.15, 26.06.2015
9. Анализ работы конструкций.

2 Конструкция плотины

Рассматриваемая бетонная плотина № 3 (фото 1, 2, чертёж ТР/ГТ19 приложения) была построена в 1949 году, т.е. плотина эксплуатируется уже в течение 66 лет. Кроме регулирования уровня воды в верхнем бьефе, конструкция плотины является также мостовым переходом для транспорта (в проекте плита моста) и пешеходов (в проекте пешеходный мостик), а также моста для обслуживания гидротехнических затворов (в проекте служебный мост).

Рассматриваемая низконапорная бетонная водосливная плотина возведена на скальном основании. Плотина имеет конструкцию, основу которой составляют водосливной пролёт, образованный бетонным флютбетом и устоями, перекрываемый гидротехническими затворами. За водосливом устраивается массивное крепление русла — водобой с заглублением в виде водобойного колодца, далее располагается более лёгкое крепление — рисберма. Под водобоем устроен дренаж. С существующими земляными плотинами водосливная плотина сопрягается массивными устоями и открылками.

При строительстве бетонной плотины (флютбет, устои плотины и открылки) она технологически была разбита на отдельные блоки объёмом бетона от 40 до 216 м³, которые последовательно бетонировались бетоном марки $R_{0,28} = 110 \text{ кг/см}^2$ (маркировка бетона на тот период). Флютбет выполнен из бетонных блоков, где толщина бетона на большем протяжении равна двум метрам. Концы флютбета выполнены с утолщением равным 3,25 м. Устои плотины в верхней части плотины имеют толщину 1 м, в нижней части на уровне примыкания к флютбету — 1,8 м. Высота устоев плотины составляет 4,5 м. Открылки плотины в верхнем бьефе имеют переменную толщину от 1,3 м до 1,8 м и высоту 4,5 м (фото 2). Открылки плотины в нижнем бьефе имеют переменную толщину от 1,0 м до 2,0 м и переменную высоту от 5,5 м до 3 м (фото 1). Следует отметить, что армирование открылок плотины в верхнем бьефе в проекте не показано, хотя оно присутствует (фото 2). Кроме того, необходимо отметить, что при бетонировании верхнего правого открылка в 1949 г образовалась трещина в месте изгиба открылка (фото 2). На этот брак при производстве работ было составлено заключение, которое приведено в приложении экспертизы.

Как уже отмечалось выше, конструкция плотины включает в себя мостовой переход для транспорта, служебный мост и пешеходный мостик.

Мостовой переход (в проекте плита моста) для транспорта представляет собой железобетонную плиту толщиной 330 мм на опорах и 400 мм в средней части. Плита армирована продольной гладкой арматурой диаметром 25 мм, установленной с шагом 100 мм, и поперечной гладкой арматурой диаметром 12 мм, установленной с шагом

200 мм. Плита опирается на железобетонные опорные подушки сечением 250(h)x800 мм. Ограждение моста с двух сторон выполнено посредством бордюра 15(h)x15 см и внешнего ограждения, выполненного из железобетонных столбиков сечением 150x150 мм. Столбики смонтированы на железобетонной плите толщиной 120 – 200 мм и шириной 600 мм, которая через железобетонную балку сечение 800(h) x 200 соединена с плитой моста. Следует отметить, что в конструкцию плиты ограждения, примыкающей к пешеходному мостику, были внесены изменения, которые не отражены в проекте. Плита ограждения была усилена железобетонной балкой сечением 400(h) x 500 мм (фото 3).

К плите моста с зазором равным 1 см примыкает пешеходный мостик шириной 304 см. Конструктивно он представляет собой железобетонную плиту толщиной 100 мм со свесами шириной 620 мм, усиленную двумя железобетонными балками сечением 500(h) x 250 мм. Балки армированы арматурным каркасом. Нижняя арматура каркаса – четыре стержня гладкой арматурой диаметром 25 мм, верхняя арматура – два стержня гладкой арматурой диаметром 8 мм, хомуты – гладкая арматура диаметром 6 мм, установленных с шагом 250 мм. Сама плита армирована продольной и поперечной гладкой арматурой диаметром 8 мм с шагом 100 и 160 мм соответственно. Следует отметить, что в конструкцию плиты пешеходного мостика, были внесены изменения, которые не отражены в проекте. Плита пешеходного мостика была усилена четырьмя железобетонными балками сечением 400(h) x 500 мм (фото 3).

Видимо, все эти работы по усилению конструкций пятью дополнительным железобетонными балками проводились значительно позже, так как в качестве арматуры применялась арматура периодического профиля. Кроме того, по цвету бетона видно, что марка применяемого бетона значительно выше марки бетона плиты. Эти балки значительно меньше подверглись коррозии, наблюдается только точечная коррозия хомутов каркаса (фото 3).

К плите пешеходного мостика с зазором равным 2 см примыкает служебный мост шириной 290 см, на котором смонтирована передвижная платформа с подъёмным механизмом для подъёма гидротехнических затворов. Конструктивно служебный мост состоит из двух частей – упорной балки с ограждением и площадки обслуживания с ограждением. Эти части разделены между собой промежутком шириной в 38 см. В этот промежуток смонтированы съёмные железобетонные стойки, в пазы которых устанавливаются деревянные щиты гидротехнического затвора. Железобетонная упорная балка сечением 500 x 500 мм выполнена со свесом шириной 55 см и толщиной 100 - 200 мм, на котором смонтировано ограждение из ж/б столбиков сечением 15 x 15 см. Упорная балка армирована арматурным каркасом. Нижняя

арматура каркаса – четыре стержня гладкой арматурой диаметром 20 мм, один - диаметром 25 мм, верхняя арматура – один стержень гладкой арматурой диаметром 25 мм, один стержень – диаметром 8 мм. Хомуты – гладкая арматура диаметром 6 мм. По высоте балки, примыкающей к свесу, установлено дополнительно три стержня гладкой арматуры диаметром 20 мм. Площадка обслуживания конструктивно представляет собой железобетонную плиту толщиной 100 мм, усиленную по краям двумя железобетонными балками сечением 500(h) x 250 мм. Балки армированы арматурным каркасом. Нижняя арматура каркаса – четыре стержня гладкой арматурой диаметром 20 мм, верхняя арматура – два стержня гладкой арматурой диаметром 8 мм, хомуты – гладкая арматура диаметром 6 мм, установленных с шагом 250 мм. Сама плита армирована продольной и поперечной гладкой арматурой диаметром 8 мм с шагом 140 и 190 мм соответственно.

Следует отметить, что согласно проекту все железобетонные стойки гидротехнического затвора запроектированы как съёмные, т.е. предполагается по мере необходимости их замена. В пазы стоек вставляются деревянные съёмные щиты, посредством которых и регулируется сток воды.

Железобетонные стойки гидротехнического затвора усилены стойками из двутавровых балок №30. Нижняя часть стоек усиления закреплена в бетонном основании плотины (флутбет), верхняя часть стоек через трубы диаметром 83 мм крепится к балке пешеходного мостика (фото 4). В проектной документации это усиление не отражено.

3 Оценка состояния конструкций плотины

3.1 Плита моста

Как уже отмечалось выше, конструкции плотины эксплуатируются в течение 66 лет.

Следует отметить, что при проектировании сооружений, задаётся их долговечность (срок службы при установленной системе обслуживания и ремонта). В этот период надёжность конструкций достаточно высока и уровень внезапных отказов конструкций мал. При эксплуатации сооружений за пределами долговечности - интенсивность внезапных износных отказов резко возрастает. Если ремонт конструкций не проводился вовремя, то долговечность сооружений существенно снижается. Кроме того, существует понятие оптимальной долговечности, т.е. срока службы сооружений, в течение которого экономически целесообразно его восстанавливать. Затем наступает срок, когда затраты на восстановление становятся нецелесообразными, ибо превышают стоимость строительства нового сооружения. Долговечность обычных сооружений на тот период, в том числе и мостов, не превышала 50 лет, уникальных сооружений – 100 лет. В настоящее время согласно современным требованиям норм (EVS-EN 1990: 2002/A1:2006) долговечность моста должна составлять 100 лет.

В ходе эксплуатации конструкции подвергались силовому воздействию нагрузок и агрессивному воздействию окружающей среды. Действие этих составляющих приводит к физическому износу конструкций - это потеря ими своих первоначальных свойств. Следует также учитывать, что после стольких лет эксплуатации существуют скрытые дефекты, которые невозможно обнаружить визуально.

Так, на железобетонную плиту моста постоянно действовала многократно повторяющаяся циклическая нагрузка (динамическая нагрузка при движении транспорта). Она оказывает сильное влияние на прочность бетона. При достижении величины $(N = 1,5...2) \cdot 10^6$ циклов прочность бетона снижается вдвое. Наступает т.н. предел выносливости бетона, и в бетоне начинают образовываться структурные микротрещины. В настоящее время количество циклов динамической нагрузки соответствует расчетному показателю N, если даже принять за основу прохождение 100 автомашин в день через мост. Согласно проектной документации (чертёж ТР/ГТ-27 см. приложение) в плите моста применялся бетон марки М-110 (маркировка бетона на тот период), т.е в настоящее время прочность бетона может составить 50% от проектной, что явно недостаточно.

Учитывая выше сказанное, можно сделать вывод, что проектный срок службы плиты моста исчерпан. В течение ограниченного временного промежутка (1-3 года) плиту моста надо восстановить заново с учетом требований современных норм и на основе существующего проектного решения (чертёж ТР/ГТ-27 см. приложение).

Ниже представлены выявленные дефекты в плите моста, по которым надо проводить работы по восстановлению и реновации вне зависимости от вывода выше по полному восстановлению плиты моста. Это связано с тем, что подготовительные мероприятия на восстановление плиты моста потребует определённого времени.

В железобетонной плите моста толщиной 200 мм и в столбиках ограждения (фото 5, 6) наблюдается значительная коррозия поперечной арматуры, защитный слой бетона полностью разрушен. Реновацию этих конструкций производить нецелесообразно. Плиту моста толщиной 200 мм необходимо восстановить заново согласно существующему проектному решению с учётом современных требований, а железобетонные столбики ограждения заменить металлическими. В разделе четыре настоящей экспертизы будут представлены соответствующие решения.

В железобетонной балке моста, соединяющей плиту моста толщиной 400 и 200 мм в большей степени в средней части наблюдается коррозия поперечной арматуры (фото 5) и продольной арматуры с локальным разрушением защитного слоя бетона (фото 6). Решения по реновации повреждённых конструкций балки моста будут даны в разделе четыре настоящей экспертизы.

В самой плите моста толщиной 400 мм в большей степени по краям наблюдается коррозия поперечной и продольной арматуры (фото 7) с локальным разрушением защитного слоя бетона. Решения по реновации повреждённых конструкций плиты моста будут даны в разделе четыре настоящей экспертизы.

3.2 Пешеходный мостик

В железобетонной балке пешеходного мостика на правой опоре наблюдается коррозия арматуры и разрушение защитного слоя бетона (фото 4). Во второй балка усиления пешеходного мостика, на левой опоре наблюдается небольшая коррозия продольной арматуры, и локальное разрушение защитного слоя бетона арматуры (фото 8). Решения по реновации повреждённых конструкций пешеходного мостика и балки усиления будут даны в разделе четыре настоящей экспертизы.

3.3 Служебный мост

В упорной балке, служебного моста, в отдельных местах наблюдается коррозия арматуры хомутов (фото 9). Следует также отметить, что опалубка свеса упорной балки не снята, и её состояние на данный момент не определить (фото 9). При производстве работ по реновации необходимо опалубку свеса упорной балки снять. Защитный слой бетона наружной балки площадки обслуживания во многих местах разрушен (фото 10), прочность защитного слоя бетона не высокая, он легко крошится. Нижняя продольная арматура в отдельных местах сильно корродированна (фото 11). В лучшем состоянии находится внутренняя балка площадки обслуживания. Защитный слой бетона продольной арматуры этой балки в отдельных местах повреждён (фото 11). Сама плита площадки обслуживания находится в удовлетворительном состоянии.

Решения по реновации и восстановлению повреждённых конструкций служебного моста будут даны в разделе четыре настоящей экспертизы.

3.4 Устои и открылки плотины

В левом устое плотины в нижнем бьефе наблюдается трещина и скол в бетоне глубиной 60 мм (фото 12). Раскрытие трещины в нижней части составляет в районе скола не более 5 мм. Бетон в районе скола не потерял своей прочности. На правом устое плотины в нижнем бьефе в месте колебания уровня воды наблюдается коррозия бетона (фото 13). В верхнем бьефе на правом устое плотины так же наблюдается небольшая коррозия бетона. Открылки плотины в нижнем бьефе подверглись небольшой коррозии (фото 1). Более сильная коррозия наблюдается в левом открылке верхнего бьефа (фото 2, 14). Следует отметить, что при такой большой толщине бетона устоев и открылок плотины, выявленные дефекты пока не ухудшают условия эксплуатации плотины, но надо принять меры по реновации повреждённых конструкций. В разделе четыре настоящей экспертизы будут даны решения по устранению выявленных дефектов.

3.5 Стойки гидротехнического затвора плотины

Как уже отмечалось выше, железобетонные стойки гидротехнического затвора согласно проектному решению запроектированы как съёмные. В четвёртой стойке гидротехнического затвора от правого устоя моста (фото 15) в нижней части полностью разрушен бетон заполнения металлической обоймы стойки. Стойку необходимо демонтировать и заменить новой.

Двухавровые балки усиления стоек гидротехнического затвора (фото 3, 4, 9) находятся в настоящий момент в удовлетворительном состоянии, хотя процесс коррозии наблюдается, учитывая среду эксплуатации. Трубы крепления балок усиления к пешеходному мостику (фото 3, 4, 9) находятся в аварийном состоянии, корродированны насквозь (фото 16). Эти трубы необходимо заменить новыми с окраской их антикоррозионным составом. На левом устое моста наблюдается разрушение верхней части паза для щитов гидротехнического затвора (фото 17). В разделе четыре настоящей экспертизы будут даны решения по устранению выявленных дефектов

4 Решения по восстановлению и реновации конструкций плотины

4.1 Восстановление плиты моста

Как уже отмечалось выше, проектный срок службы плиты моста исчерпан. Необходимо разработать новый проект плиты моста на основе современных норм и с учетом существующего проектного решения (чертёж ТР/ГТ-27 см. приложение)

В течение ограниченного временного промежутка (1-3 года) плиту моста надо восстановить заново.

4.1.1 Реновация плиты моста

Так как работы по полному восстановлению плиты моста могут начаться с определённой задержкой, то ниже представлены решения по реновации конструкций плиты моста, которые необходимо проводить в ближайшее время.

В железобетонной плите моста толщиной 200 мм (фото 5, 6, разрез II-II чертёж ТР/ГТ-28 приложения) полностью демонтируется бетон до железобетонной балки моста, соединяющий плиту моста толщиной 200 и 400 мм. Гладкая продольная арматура полностью демонтируется. Поперечная арматура отрезается на 15 см от края, так как она сильно корродированна и восстановлению не подлежит. Оставшаяся часть гладкой поперечной арматуры защищается и обрабатывается согласно технологии, приведённой ниже в данном разделе. В данном случае выполняются только первые три пункта технологии, т.е. ремонтный раствор РЕР 25 не используется, так как вся конструкция в последующем бетонируется. С каждым хомутом старой арматуры стыкуется на всю длину хомут из арматуры Ø8A500HW. Такой же марки устанавливается и продольная арматура. В качестве бетона применяется бетон марки

C35/45, а защитный слой бетона принять равным 30 мм. В качестве ограждения моста установить металлические столбики и перила, как это уже сделано на противоположной стороне моста.

Железобетонную балку моста, саму плиту моста толщиной 400 мм реновировать по технологии фирмы Maxit (допускается применение аналогичных технологий и других фирм, например Sika). :

1. В местах коррозии арматуры её необходимо полностью обнажить. Находящийся вокруг арматуры бетон сбивают механически или при помощи воды под давлением. При механическом удалении последний слой необходимо удалить очень осторожно или следует использовать гидropескоструйную обработку. Если участки стальных стержней проржавели более чем на 1/3, то их следует вырезать и приварить на их место новые.
2. Арматурную сталь следует очищать до металлического блеска по окружности всего сечения арматуры, после чего её высушивают и немедленно покрывают раствором Ветонит REP 05. Первый слой толщиной 1 мм наносят вокруг очищенной арматуры. Раствор наносят при помощи щётки.
3. Второй слой можно наносить после достаточного высыхания первого слоя, через 4-24 часа в зависимости от условия высыхания. После нанесения второго слоя пазы арматуры должны быть почти полностью покрыты раствором.
4. На следующий день допускается наносить ремонтный раствор REP 25. Если были перерывы в работе, то основу (REP 05) увлажняют за 24 часа перед началом ремонтных работ.

4.2 Реновация пешеходного мостика

Железобетонную балку пешеходного мостика на правой опоре (фото 4), и вторую балку усиления пешеходного мостика на левой опоре (фото 8) реновировать по технологии, приведённой выше в разделе 4.1. Конструкция пешеходного мостика приведена на чертеже ТР/ГТ-27 (см. приложение)

4.3 Реновация служебного моста

Упорную балку служебного моста вместе со свесом в местах коррозии арматуры хомутов (фото 9), реновировать по технологии, приведённой выше в разделе 4.1. По этой же технологии провести реновацию в местах коррозии продольной арматуры, наружной и внутренней балок площадки обслуживания (фото 10, 11). Для наружной балки площадки обслуживания (фото 10), при больших повреждениях защитного слоя бетона, вместо ремонтного раствора REP 25 (п.4 технологии Maxit раздел 4.1) применять бетон марки C30/37. Конструкция служебного мостика приведена на чертеже ТР/ГТ-27(см. приложение)

4.4 Реновация устоев и открылок плотины

Бетонные устои плотины подверглись небольшой коррозии (фото 12, 13) и поврежденные места восстанавливаются путём нанесения торкрет - бетона. Предварительно необходимо дефектные места зачистить струёй воды под давлением. По такой же технологии восстановить открылки плотины в нижнем бьефе (фото 1).

В левом открылке верхнего бьефа (фото 2, 14) весь повреждённый бетон необходимо убрать на всю глубину повреждения. В местах сопряжения повреждённого бетона и целого вырезать диском полки глубиной не менее 60 мм. В результате получатся ниши, которые после установки опалубки будут заполняться бетоном марки С30/37. Существующую корродированную арматуру вырезать, новую арматуру устанавливать не надо.

4.5 Реновация конструкций гидротехнического затвора плотины

Монтаж четвёртой стойки гидротехнического затвора (фото 15) вести согласно проектному решению (фрагмент чертежа ТР/ГТ-25 разрез 2-2 см. приложение).

Перед демонтажем труб крепления балок усиления (фото 3, 4, 9), поставить временные деревянные распорки. Трубы крепления балок усиления окрасить краской Hammerite dualtech или соответствующим аналогом. Разрушенную верхнюю часть паза для щитов гидротехнического затвора (фото 17) восстановить согласно проектному решению (фрагмент чертежа 2ТР/ГТ-25 план по В-В см. приложение).

Заключение

Проектный срок службы плиты моста исчерпан. В течение 1-3 лет плиту моста надо восстановить заново по проекту на основе современных норм и с учетом существующего проектного решения. Выполнение решений настоящей экспертизы по восстановлению и реновации конструкций плотины позволяют продолжить эксплуатацию плотины.

Владимир Фёдоров
Инженер-строитель к.т.н.



Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4



Foto 5



Foto 6



Foto 7



Foto 8



Foto 9



Foto 10



Foto 11



Foto 12



Foto 13



Foto 14



Foto 15



Foto 16



Foto 17