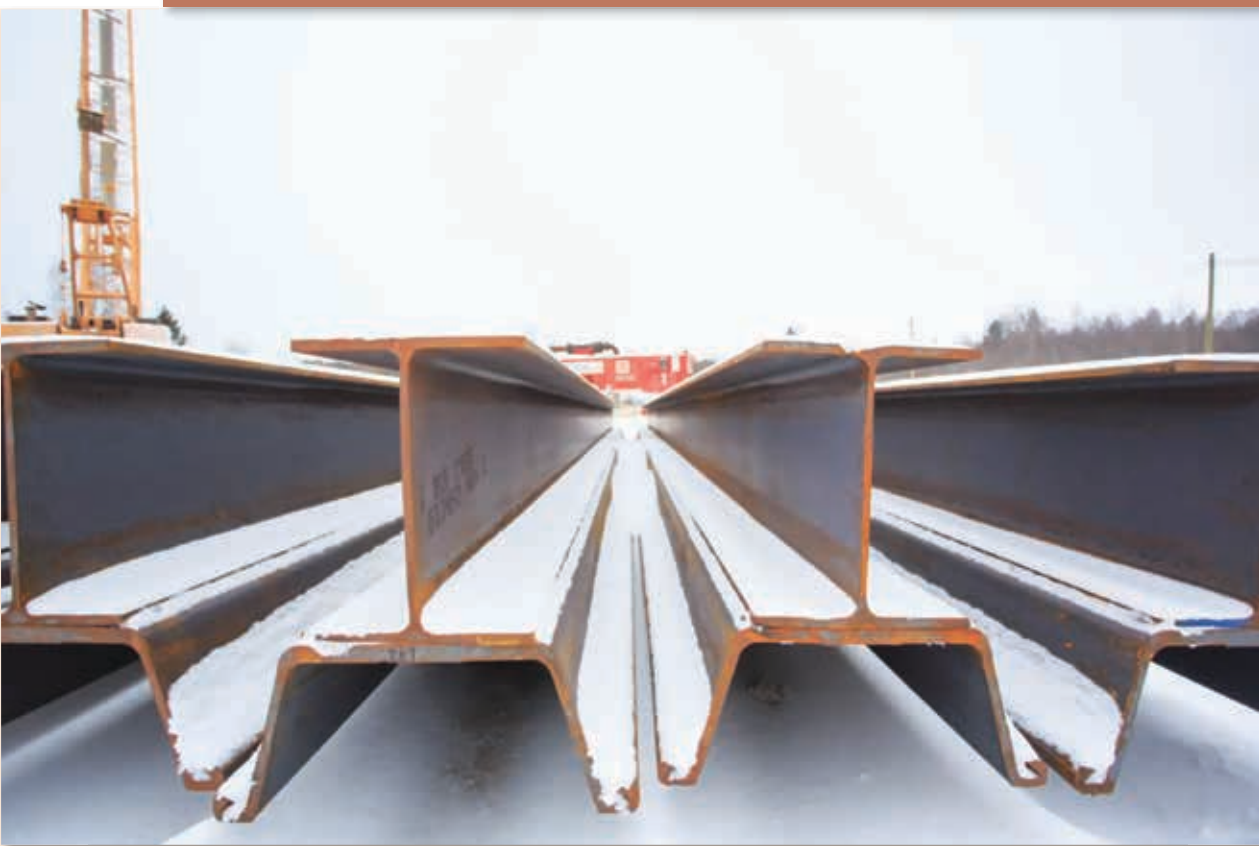


# Натурные исследования напряженно-деформированного состояния шпунта (НДС) на шлюзе №5



Зубачев Н. А.  
инженер-гидротехник  
ООО «Акватик»

С целью испытания Русских (рюмочных) Шпунтовых Стен (РШС) в реальных условиях работы и разработки на них рекомендации по расчету и эксплуатации, в 2017 году проводились исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкции больверка (шпунтовой стенки), а именно стенок камеры и палы шлюза, в сложных инженерно-геологических условиях. Испытания проводились компанией «Акватик» при реконструкции шлюза №5, исполнитель работ Зубачев Никита Александрович инженер-гидротехник III категории. При испытаниях использовалось разработанное «Профиль Группа Фирм» решение РШС №2581: комбинация горячекатаных шпунта Л5-УМ и двутавра 40Ш1 (ТУ 5264-002-78049390-2014). Одна из основных целей испытания внедрение технологии РШС в гидротехническое строительство.



РШС. Все права защищены. ©

## УСЛОВИЯ И ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ

### Место проведения работ:

Вологодская область, Кирилловский район, с. Волокoslавино, шлюз №5, палы НБ и камера шлюза в соответствии с рабочей документацией по проекту «Разработка и реализация комплексного проекта реконструкции Северо-Двинской шлюзованной системы. 1 этап. Шлюз №5».

### Сроки проведения основных работ:

С 31 января по 20 февраля 2017 года.

### Цель работ:

Исследование НДС конструкции больверка (шпунтовой стенки), а именно стенок камеры и палы шлюза, в сложных инженерно-геологических условиях.

### Особенности конструктивных решений и грунтов основания:

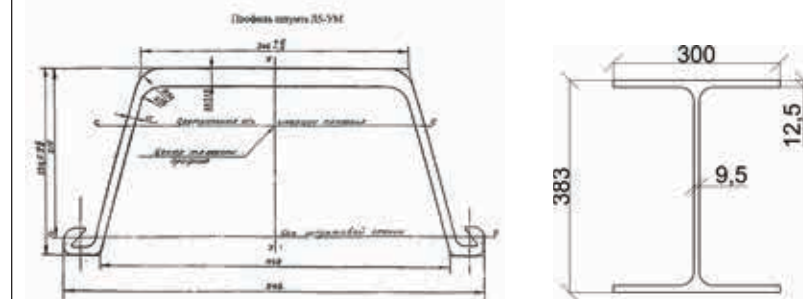
Стены камеры шлюза и палы представляет собой вертикальную шпунтовую стенку высотой 5,630 м (камера) и 3,470 м (пала НБ) из стального шпунта Л5-УМ длиной 12 м (камера) и 10 м (палы) и приваренного к шпунту двутавра (40Ш, длиной 11,5 м и 9,5 м соответственно) (рис. 1).

Грунты основания представляют собой слои насыпного песка различной крупности с включением: гравийно-галечникового материала; суглинка мягкопластичного; суглинка тугопластичного; песка средней крупности; суглинка текучепластичного; суглинка тугопластичного (характеристики грунтов смотреть в главе по инженерно-геологическим изысканиям).

### Состав и очередность работ:

Опытные участки длиной 6 м (палы) и 4 м (камера) организуются на правой стороне камеры и на левой пале НБ, на расстоянии около 16 м от скважины №15 и вблизи скважины №8 (в соответствии с геологическими разрезами).

После забивки шпунта вибрированием производится обратная засыпка участка (длиной 37 м и переменной шириной от 4 м до 1 м с уклоном откоса 1:1,5) песчаным грунтом с уплотнением и естественными откосами сопряжения с поверхностью дна.



Характеристики шпунта Л5-УМ							
b, мм	h, мм	e, мм	a, мм	Площадь сечения, см²	Масса сваи, кг/м	Момент инерции, см⁴	Момент сопротивления, см³
549	238,5	23	11	290,2	113,9	76437	3555
Характеристики двутавра 40Ш1							
b, мм	h, мм	e, мм	t, мм	Площадь сечения, см²	Масса 1м, кг	Момент инерции, см⁴	Момент сопротивления, см³
300	383	9,5	12,5	112,91	88,6	30556	1595,6

Рис. 1. Комплектующие для Русских Шпунтовых Стен (РШС) производства НТМК — г/к шпунт Л5-УМ, г/к балка 40Ш1. Материал — сталь 3сп5 природно-легированная ванадием

По мере стабилизации осадок (1–2 дня) могут быть начаты работы по нагрузке опытного участка длиной 6 м и 4 м грунтом слоями по 1,5 м (110,83), вторая очередь — 2 м (112,83) и засыпка третьей очереди — 1 м (113,83). Нагрузка с лицевой и тыловой сторон ограничивается подпорными уголковыми стенками. Отсыпка грунта осуществляется самосвалами с грубым ровнением поверхности экскаватором и дальнейшим уплотнением трамбовщиком. После каждого этапа нагрузки производится выдержка до стабилизации деформаций стенки, ориентировочно 1–2 суток (рис. 2).

### Основные наблюдения и исследования:

- Оценка плотности и характеристик грунта основания и обратной засыпки производится путем стати-



Рис. 2. Засыпка третьей очереди



Рис. 3. Положение трубы на шпунтине

ческого зондирования с поверхности берегоукрепления с отбором проб через 1 м по глубине в трех створах по середине опытного участка, с расстоянием друг от друга по длине участка 2 м на расстоянии 2 м от шпунтовой стенки в сторону засыпки и в сторону шлюза. Для определения удельного веса песчаного грунта нагрузки отбираются пробы в нескольких местах по площади пригрузки в середине слоя.

- Горизонтальные перемещения верха стенки измеряются тахеометрической съемкой, путем установления на верх инклинометрической трубы марки и снятия ее координат (определения координат производится после забивки и далее после каждого этапа пригрузки). Тахеометр устанавливается в месте, обеспечивающем обзорность всех точек испытания, и привязывается к местной геодезической сети.
- Все наблюдения проводятся после стабилизации обратной засыпки и до стабилизации деформаций на каждой ступени нагрузки.
- Наблюдения за перемещениями оси шпунта производятся с помощью цифрового инклинометра Soil Instruments тип Mkll, перемещающегося по инвентарным пластиковым трубам, закрепленным в корытах шпунта с помощью металлических шпилек (рис. 3).
- Измерения производятся после забивки шпунта, после стабилизации обратной засыпки и на каждой ступени нагрузки после стабилизации горизонтальных перемещений верха шпунтов.

Все монтажные работы и этапы проведения исследований фотографируются и снимаются на видео, результаты полевых наблюдений и измерений заносятся в журнал.

Первичная обработка результатов наблюдений проводится непосредственно в полевых условиях, окончательная — в камеральных.

По результатам работ формируется отчет и пишется рекомендации к применению данного шпунта.

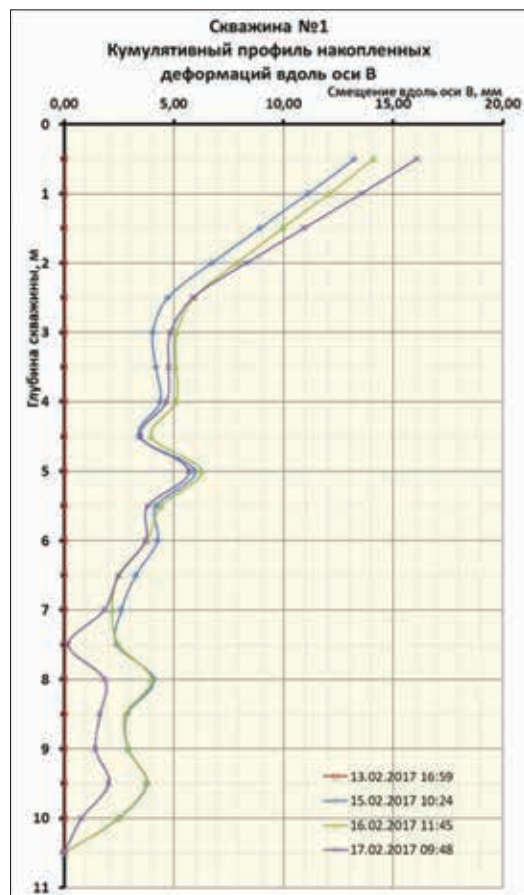


Рис. 4. Ось В, точка 1

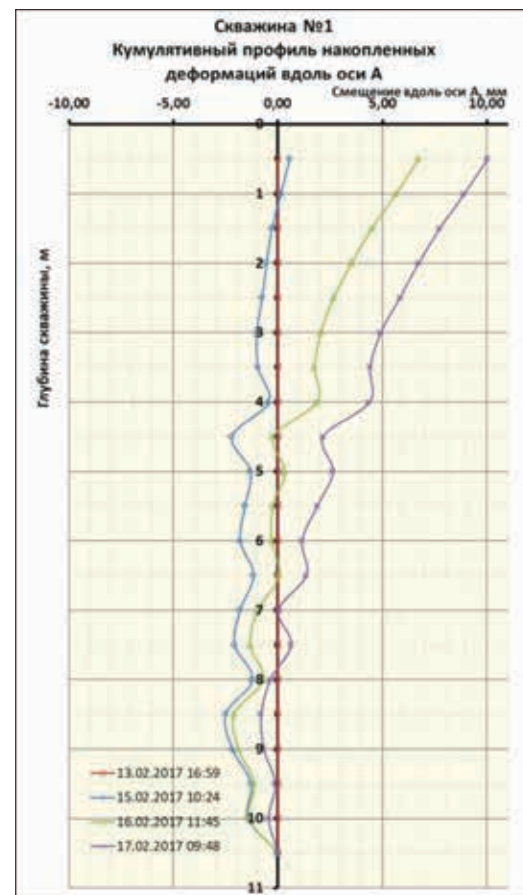


Рис. 5. Ось А, точка 1

ИТОГИ ПРОДЕЛАННЫХ ИСПЫТАНИЙ

По итогам проведенных испытаний были получены значения перемещений шпунтовой стенки, и на основе этих значений строились графики, отображающие динамику перемещений. Показаны только перемещения шпунтовой конструкции пал (1 участок), так как данная конструкция находилась в более плохих геологических условиях.

Инклинометр Soil Instruments тип Mkll меряет перемещение в горизонтальном (ось В, рис. 4) и вертикальном (ось А, рис. 5) направлениях и также выдает график взаимных перемещений (профиль скважины в плане, рис. 6). Эти перемещения являются относительными, в данном случае принята неподвижной нижняя точка шпунта, относительно которой и велись измерения. Также была предпринята попытка учесть перемещения верха шпунта при помощи тахеометрической съемки, но координаты геодезической сети оказались неточными и было принято решение не учитывать геодезические наблюдения и строить графики перемещения исключительно относительно нижней точки без учета геодезии.

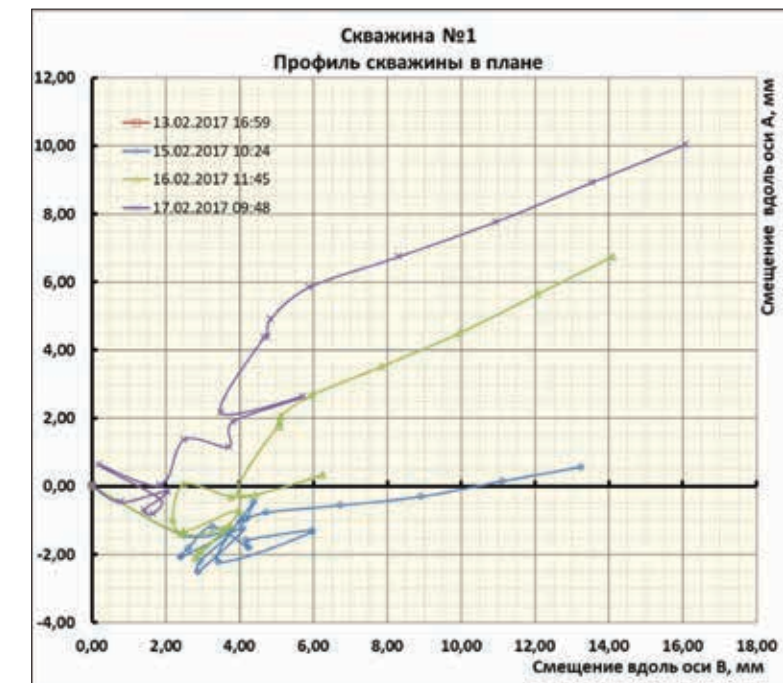


Рис. 6. В плане точка 1

УЧАСТОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЯ: ПОДХОДНЫЕ ПАЛЫ НИЖНЕГО БЬЕФА

Дата проведения испытания	Максимальные перемещения (мм)							
	13.02.2017		15.02.2017		16.02.2017		17.02.2017	
Номер испытательной точки	Ось А	Ось В	Ось А	Ось В	Ось А	Ось В	Ось А	Ось В
1	0	0	2	12	7	14	10	16
2	0	0	-5,5	6	0,5	-9,8	3,7	3,5
3	0	0	1	-0,3	6	-1,3	8,8	-0,3
4	0	0	-0,3	-0,2	1	-0,85	3	1,35

(+ от грунта, - на грунт; для оси А: + в сторону НБ, - в сторону ВБ)

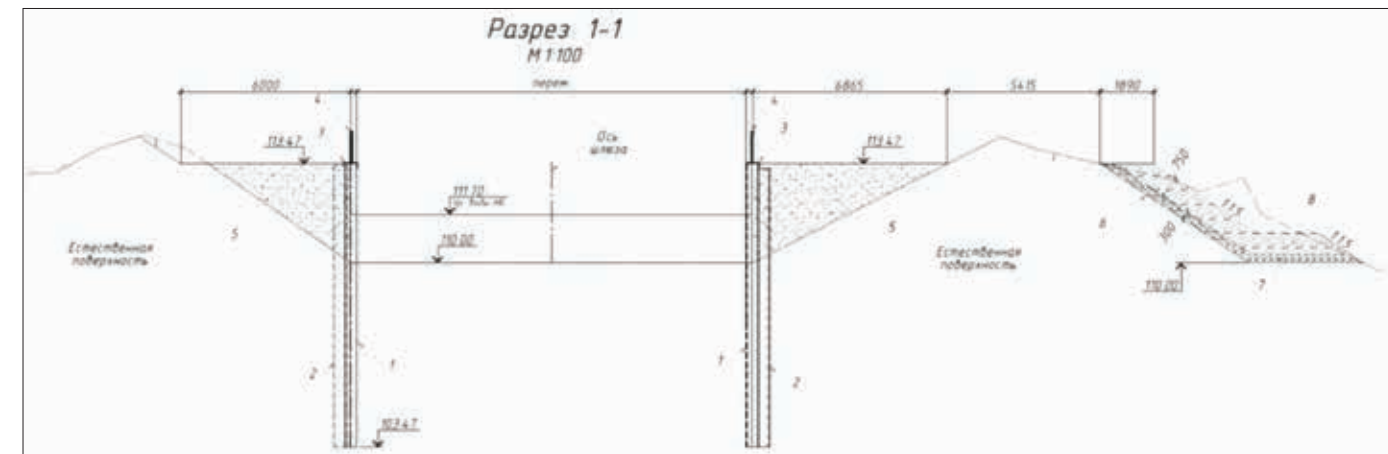


Рис. 7. Разрез участка испытаний

ВЫВОД

На основе анализа полученных данных сделаны выводы: максимальные перемещения по оси А составили ≈10 мм (от грунта), а по оси В — 16 мм в сторону НБ. Данные значения подтверждают полученные расчетные результаты = 9 и 18 мм, расхождения не превышают 10%. Полученные перемещения остаются в пределах допустимых 80 мм (согласно РД 31.35.10-86).

Конструктив Русских Шпунтовых Стен и, в частности, решение РШС №2581 обладает большим запасом прочности, устойчивости (за счет применения двутавровой балки, работающей как анкер) и полностью оправдывает свое применение в гидротехническом строительстве.