

ВОДНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-724-733

ANALYSIS OF DISPLACEMENTS AND DEFORMATIONS OF SHIPPING SHUTTER WALLS

V. A. Kaiuda, M. A. Kolosov, M. L. Kuzmitskiy

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

The article examines the impact of the consolidation of the soils of navigable sluices of the Gorodets hydroelectric complex. It is noted that during the period of consolidation of soils after construction, due to the support on the sand base, the structure settles, taking into account the density of soils at the base of the 38 m chamber and the consolidation of different intensities, as well as the skewing of the chamber and the movement of the top of the walls due to uneven precipitation.

During the operation of locks, movement of the top of the walls of the chambers and uneven precipitation were observed. Calculation studies suggested that the movement of walls is included in the formation and cracks in the zone of interface between the walls and the bottom of the chamber. When felling, the absence of predicted cracks was installed, which cast doubt on the results of calculations and the need to implement an expensive project. An additional analysis was carried out, which includes an assessment of the results of field observations of the deformations of the walls from 1953 to 2017, and a search for the reasons for the movement of the walls was carried out. The analysis of design, construction and operation documentation, data of field measurements and observations, results of previous studies was performed. The estimation of the draft and horizontal displacements of the gateway structures and their mutual displacement is given. The dynamics of the development of the crack from the moment of its detection to the present time has been analyzed. To explain the reasons for the displacement, a hypothesis was voiced about the appearance of through cracks in the zone of interface between the walls and the bottom and calculation was performed. The subsequent opening of the walls showed no through cracks. Three possible reasons for the appearance of wall deformation are considered in the article, the main reason being uneven ground consolidation.

Keywords: navigation lock, lock chamber, consolidation of soil, deformation of walls, cracks.

For citation:

Kaiuda, Viktoria A., Mikhail A. Kolosov, and Mikhail L., Kuzmitskiy. "Analysis of displacements and deformations of shipping shutter walls." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.4 (2018): 724–733. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-724-733.

УДК 626.4

АНАЛИЗ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ СТЕН СУДОХОДНОГО ШЛЮЗА

В. А. Каюда, М. А. Колосов, М. Л. Кузьмицкий

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

В статье рассматривается влияние консолидации грунтов судоходных шлюзов Городецкого гидроузла. Отмечается, что в период консолидации грунтов после строительства в связи с опиранием на песчаное основание происходит осадка сооружения с учетом того, что в основании камеры шириной 38 м наблюдается плотность грунтов и консолидация разной интенсивности, а также перекося камеры и перемещение верха стен из-за неравномерных осадок.

В ходе эксплуатации шлюзов было замечено перемещение верха стен камер и неравномерные осадки. Расчетными исследованиями было сделано предположение о том, что перемещение стен заключается в формировании и трещин в зоне сопряжения стен и днища камеры. При вырубке штраба установлено отсутствие прогнозируемых трещин, что поставило под сомнение результаты расчетов и необходимость выполнения дорогостоящего проекта. Выполнен дополнительный анализ, который включает оценку результатов натурных наблюдений за деформациями стен с 1953 г. по 2017 г., а также проведен поиск при-

чин перемещения стен. Выполнен анализ проектной, строительной и эксплуатационной документации, данных натурных измерений и наблюдений, результатов предыдущих исследований. Дана оценка осадки и горизонтальных перемещений конструкций шлюза и их взаимного смещения. Проанализирована динамика развития трещины с момента её обнаружения до настоящего времени. Для объяснения причин перемещения была высказана гипотеза о появлении сквозных трещин в зоне сопряжения стен с днищем и выполнен расчёт. Последующее вскрытие стен показало отсутствие сквозных трещин. В статье рассмотрены три возможных причины появления деформации стен, при этом главной причиной является неравномерная консолидация грунтов основание.

Ключевые слова: судоходный шлюз, камера шлюза, консолидация грунта, деформация стен, трещины.

Для цитирования:

Каюда В. А. Анализ перемещений и деформаций стен судоходного шлюза / В. А. Каюда, М. А. Колосов, М. Л. Кузьмичий // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 4. — С. 724–733. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-724-733.

Введение (Introduction)

В настоящее время особую актуальность приобрели проблемы строительства новых и реконструкции существующих объектов гидротехнического строительства в районах распространения слабых водонасыщенных грунтов, обусловленные особенностью современного развития районов России. При этом возникают не только технологические трудности, связанные с производством работ в особых условиях распространения слабых грунтов, но и повышенные требования к проектным решениям в этой области как на стадии конструирования, так и расчета.

В ходе эксплуатации Городецких шлюзов было замечено перемещения верха стен камер и неравномерные осадки. Для объяснения причин перемещения была высказана гипотеза о появлении сквозных трещин в зоне сопряжения стен с днищем и выполнен расчёт. Последующее вскрытие стен показало отсутствие сквозных трещин в этой зоне. В статье рассмотрены три возможных причины появления деформации стен, при этом основной причиной является неравномерная консолидация грунтов основания.

Опыт строительства сооружений на пылевато-глинистых грунтах показывает, что осадки сооружений происходят не мгновенно, а развиваются постепенно. В некоторых случаях нарастание осадок продолжается несколько лет, десятилетий и даже столетий.

Городецкие шлюзы включают в себя четыре шлюзовых камеры, между которыми расположена акватория Городецкого судоремонтного завода. Шлюзам верхнего бьефа присвоены номера № 13 и 14, нижнего — № 15 и 16 (рис. 1). В 70-е гг. XX в. шлюзы № 14 и 15 являлись наиболее загруженными по судопотоку и количеству шлюзований на всем Волго-Донском водном пути. Строительство началось 22 апреля 1951 г. Даты ввода шлюзов во временную эксплуатацию: № 13 — 28.04.1956 г., № 14 — 01.06.1956 г., № 15 — 14.08.1955 г., № 16 — 04.11.1955 г. Дата ввода шлюзов в постоянную эксплуатацию — 01.10.1961 г.

Класс судоходных сооружений — 1. Шлюзы железобетонные, однокамерные, двухниточные, докового типа с головной системой наполнения, система опорожнения — через обводные галереи.

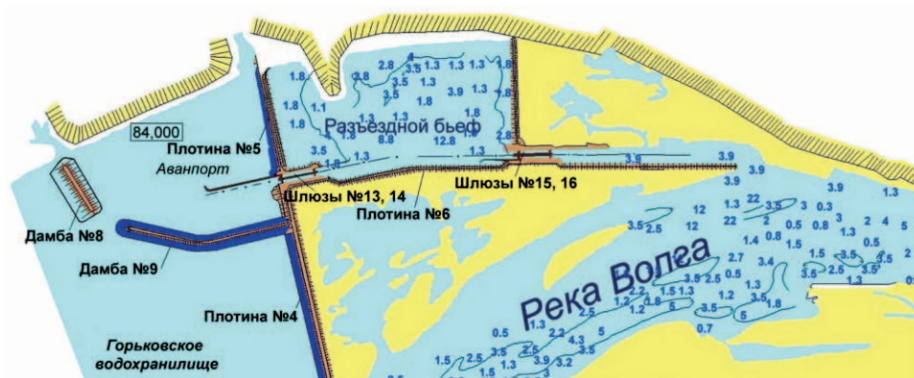


Рис. 1. Компоновка Городецкого (Горьковского) гидроузла

Полезные размеры камер шлюзов: длина: шлюз № 13 — 278,25 м, № 14 — 279,7 м; шлюз № 15 — 279,26 м, № 16 — 278,76 м, ширина: шлюз № 13 — 29,83 м, № 14 — 29,83 м; шлюз № 15 — 29,56 м, № 16 — 29,56 м. Проектная глубина на порогах верхних шлюзов 4,5 – 5,0 м, нижних шлюзов — 3,5 м. При подъеме Чебоксарского водохранилища до отметки 68,0 м гарантированная глубина на порогах нижних шлюзов должна составлять не менее 5,0 м (рис. 2) [1].



Рис. 2. Общий вид шлюза

Целью исследования является теоретическое обоснование причины перемещения стен, наблюдаемые в начальные периоды эксплуатации Городецких шлюзов.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Консолидация — это деформация грунтов в основаниях, которая происходит в период строительства сооружений и завершается после их возведения одновременно или через определенный промежуток времени, после чего ожидается многолетняя стабилизация. Процесс консолидации в основаниях сооружений обусловлен отжатием вод из зернистого скелета грунтов и иногда сопровождается относительной переукладкой части грунта относительно друг друга. Вопросы консолидации грунтов оснований под сооружениями широко исследованы в курсах механики грунтов. Основоположителем теории фильтрационной консолидации является К. Терцаги.

Повреждения в конструкциях, вызванные деформациями оснований, наиболее часто проявляются в виде трещин в фундаментах и стенах. Деформации бывают следующих видов:

- осадки-деформации, происходящие в результате уплотнения грунта под воздействием внешних нагрузок, не сопровождающиеся коренным изменением его структуры;
- просадки-деформации, происходящие в результате уплотнения и, как правило, коренного изменения структуры грунта под воздействием внешних нагрузок и дополнительных факторов, таких, как например, замачивание просадочного грунта, оттаивание ледовых прослоек и т. п.;
- набухания и усадки-деформации, связанные с изменением объема некоторых видов глинистых грунтов, например, морозным пучением;
- оседания-деформации земной поверхности, вызванные разработкой полезных ископаемых, изменением гидрогеологических условий и т. п.

Различают следующие виды неравномерных деформаций: прогиб, выгиб, кручение коробки здания, перекося. Причинами этих деформаций могут быть:

- неравномерность удельного давления на грунты оснований под подошвой фундаментов;
- неоднородность и разнопрочность грунтов оснований;
- неоднородность сжимаемости из-за различных факторов;
- влияние горных выработок или отрывки открытых котлованов и траншей вблизи сооружения;
- влияние вибрации.

При обследовании составляют чертежи и фото, характеризующие расположение трещин и других деформаций, их величину и развитие, а также характер раскрытия (кверху или книзу)

Эксплуатационным персоналом гидроузла осуществляются наблюдения, основными из которых в гидротехнической части являются инструментальные измерения уровней воды в пьезометрах, осадок высотных марок, горизонтальных перемещений конструкций и относительных смещений соседних элементов сооружения. Был выполнен анализ данных многолетних наблюдений и материалов предыдущих обследований, проведены работы по исследованию состояния бетона конструкций шлюза. По данным наблюдений на шлюзах Городецкого гидроузла, консолидация грунтов основания завершилась в 1990 г. а также последующие наблюдения показали, что в период 1995 – 2017 гг. перемещений стен не наблюдалось [2], [3].

Результаты (Results)

Анализ деформаций стен судоходного шлюза. Камеры шлюзов представляет собой рамную железобетонную конструкцию (рис. 3). В ходе эксплуатации шлюзов отмечается перемещение верха стен камер и неравномерные осадки [4]. Расчетными исследованиями [2] было сделано предположение о том, что перемещение стен заключается в формировании трещин в зоне сопряжения стен и дна камеры.

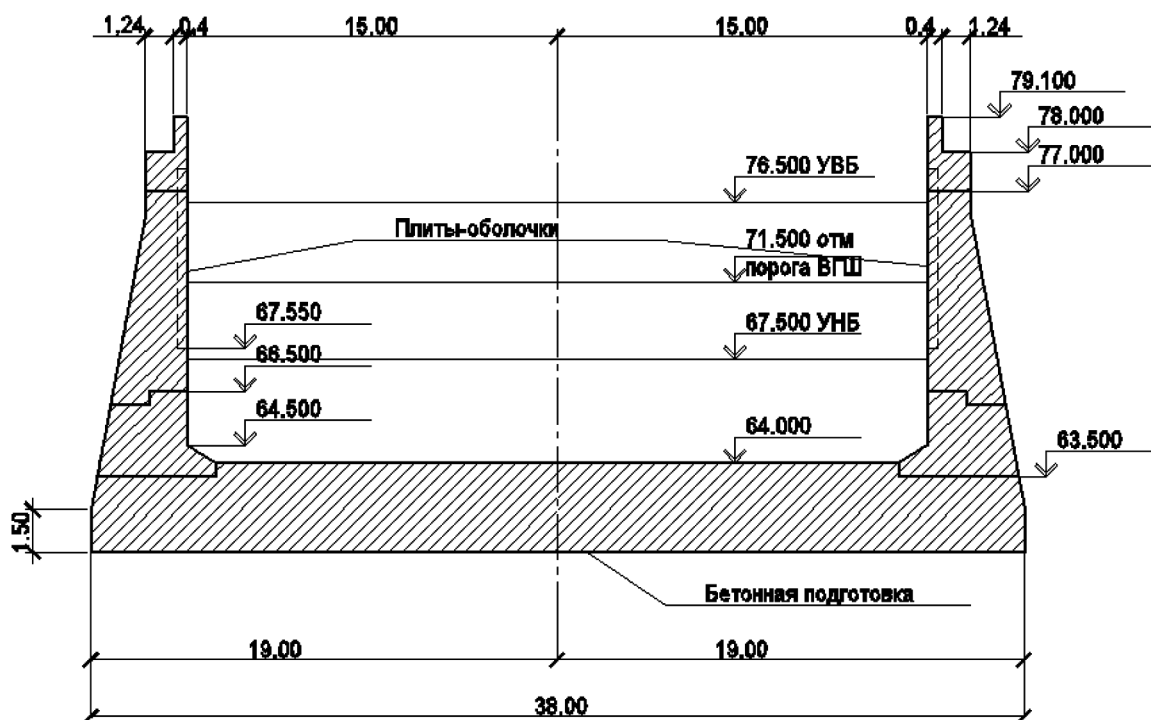
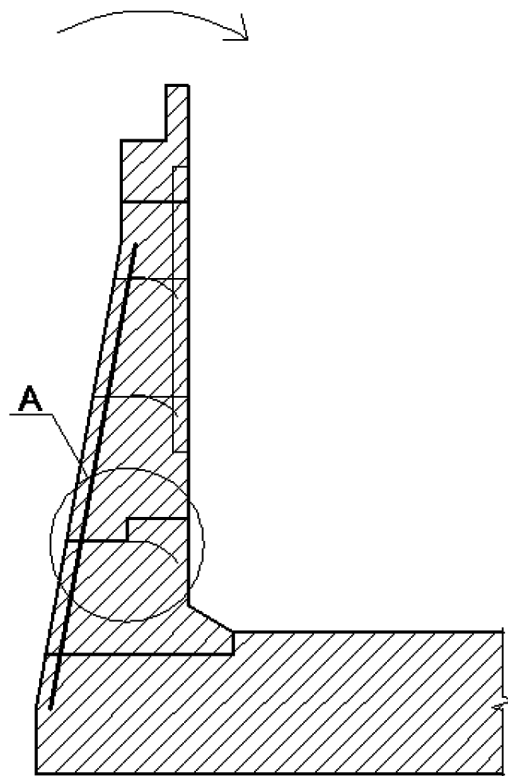


Рис. 3. Поперечный разрез типовых секций № 15 и 16

С помощью проведения расчётов, выполненных с использованием метода конечных элементов [2], было «обнаружено» местоположение трещин в зоне межблочного строительного шва (рис. 4) и даны рекомендации по ремонту. Предложения по ремонту включали установку вертикальных стальных элементов, для чего выполнялась вырубка в лицевой грани стен вертикальных штраб [3], [5]. При этом было установлено отсутствие прогнозируемых трещин, что поставило под сомнение результаты расчетов [2] и необходимость выполнения дорогостоящего проекта [3], [5].

Авторами исследования по заказу ФБУ «Администрация Волжского бассейна» был проведён дополнительный анализ, который включал оценку результатов натурных наблюдений за деформациями стен в период 1953 – 2017 гг., а также поиск причин их перемещения.



Узел А

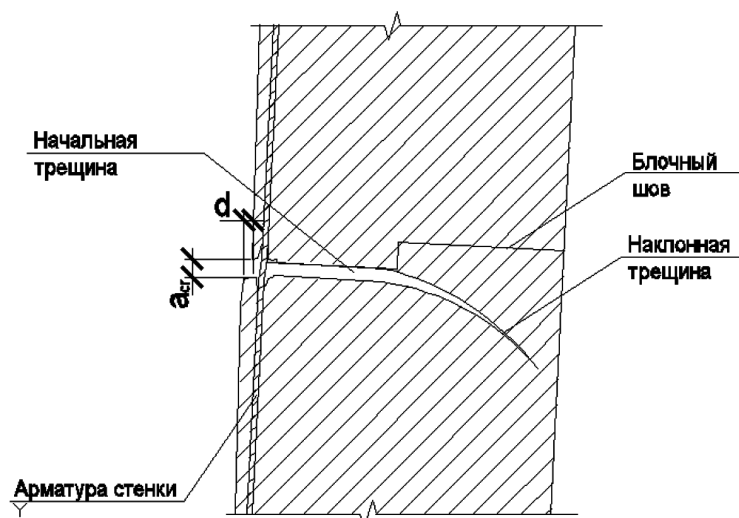


Рис. 4. Схема работы стены камеры шлюза при наличии вторичных трещин

Материалы натурных наблюдений показали, что камеры судоходных шлюзов Городецко-го гидроузла имеют доковую конструкцию и расположены на песчаном деформируемом основании мощностью до 8,0 м. Ниже песков расположены плотные глины и мергели. Камеры шлюзов составлены из секций докового типа. Бетонные стены и днище имеют армированные секции как по тыловой, так и по лицевой грани.

В ходе обследований в 2005 г. обнаружены вертикальные трещины на секциях, а лицевая грань стен камеры, облицованная плитами-оболочками, имеет локальные повреждения. Анализ представленных материалов показал, что вертикальные деформации стен (осадки) характеризуются двумя временными этапами:

– первый этап — осадки, вызванные консолидации песчаных грунтов основания (1953–1959 гг.);

– второй этап — осадки (деформации), вызванные нагрузкой на камеру (наполнение-опорожнение), а также температурным воздействием на лицевую грань стен.

Отмечается разная величина осадок в секциях по правой и левой стенке. Горизонтальные деформации стен в основном направлены как в сторону судоходного пролета камер, так и в сторону засыпки, при этом величина отклонения по отдельным секциям колеблется от 0,3 мм до 18,9 мм (шлюз № 15) и от 13,6 мм до 8,15 мм (шлюз № 16). При этом отмечается достаточно устойчивая синхронизация величины осадок и величины перемещения стен. Наиболее интенсивные перемещения и деформации стен с увеличением их значений наблюдались в период с окончания строительства до 2005 г. Более поздние наблюдения до 2017 г. показали, что рост перемещения и рост осадок прекратился, что обусловлено стабилизацией основания.

Возможные причины перемещений железобетонных стен. Для определения причин перемещения железобетонных стен необходимо рассмотреть следующие предположения (гипотезы).

Первая гипотеза — причина перемещений обусловлена нарушением несущей способности стен. Практика таких разрушений стен известна (канал им. Москвы, водный путь Св. Лаврентия, каналы и шлюзы Шванбенгейм в Германии и др.). Как правило, несущая способность стен нарушается после длительного периода эксплуатации в результате локальных повреждений отдельных участков стен и формированием сквозной трещины через все сечения стены. При осушенной камере через сквозную трещину наблюдается фильтрация грунтовых вод из обратной засыпки.

Авторами [2] для объяснения перемещения стен выбрана модель, учитывающая возможность формирования сквозных горизонтальных трещин. Выполнены поверочные расчеты, где в основу заложены трещины, наблюдаемые на лицевой грани (первичные трещины), а основные (вторичные трещины) на тыловой грани «обнаруживаются» расчетным путём. Расчетная величина перемещения стен [2] составляет 35,4 мм, расчетное напряжение в арматуре 174,3 МПа находится на отметке 66,5 м. Через предполагаемые горизонтальные трещины, обнаруженные на грани шлюзов, фильтрация воды не наблюдалась. Она наблюдалась только через температурно-осадочные швы.

Вторая гипотеза — перемещения представляют собой результат воздействия температурных деформаций стен. Для оценки воздействия температур на деформации используют данные наблюдений за температурой бетона внутри стен шлюзов № 15 – 16 камеры по установленным телетермометрам [6]. Аналитические работы [7] показали, что в результате охлаждения лицевой грани стен камеры сокращается площадь опирания в межблочном шве, что вызывает перераспределение напряжений в бетоне арматуры и приводит к деформациям сооружения. Это явление выявлено также в бетонных плотинах [8], где в результате температурных деформаций лицевой грани происходит раскрытие строительных швов на напорной грани (Саяно-Шушенский, Усть-Илимский г/у).

Анализ, выполненный на основе проведенных наблюдений за деформациями стен Городецких шлюзов, показал, что влияние охлаждения напорной грани (рис. 5) приводит к незначительным перемещениям стен и на несущую способность стен влияния и перемещения не оказывает.

Температурное влияние на перемещение стен может оказывать также промерзание грунта обратной засыпки, что особенно негативно сказывается, если в обратной засыпке имеется включения глины, обладающей свойствами пучинистости. Такое явление особенно негативно сказывается при тонких железобетонных стенах, а засыпка производится глинистым грунтом (Б.-Охтинская плотина, Ленинградская обл.). Обратная засыпка шлюзов Городецкого гидроузла выполнена песком, а толщина стены (см. рис. 3) является достаточной, чтобы исключить промораживание обратной засыпки.

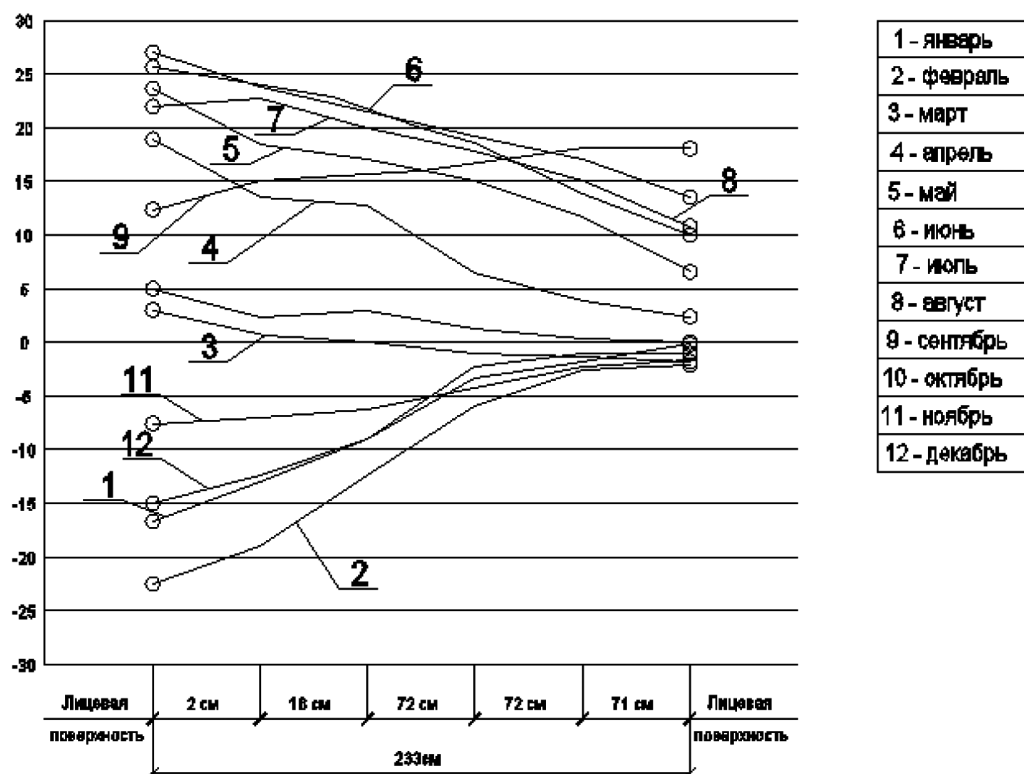


Рис. 5. Распределение температур в бетонных станах шлюза № 15 (третья секция правая сторона)

Третья гипотеза — перемещение стен вызвано неравномерными деформациями основания, что приводит к перекосу жестких армированных конструкций доковых рам (см. рис. 3) и, соответственно, к перемещениям верха стен [9]. Конструктивная связь между стенами и днищем, обусловленная армированием узлов сопряжения, обеспечивает взаимодействие деформаций днища и стен.

Обсуждение (Discussion)

Неравномерность осадок и перекося конструкция камеры как в продольном, так и в поперечном направлении отмечается в отчетах ООО «ЦСКТЭ» [3], однако их взаимосвязи автор не нашли. В результате деформации секций в продольном направлении отмечается появление в стенах временных вертикальных трещин [2], а также раскрытие температурно-осадочных швов с фильтрацией воды через уплотнение. В результате поперечного перекося секций наблюдается перемещение стен, при этом отмечается взаимосвязь «осадка — перемещение». Неравномерные деформации секций могут вызвать вертикальные трещины в стенках, однако влияние осадок на формирование горизонтальных трещин не обнаружено.

Деформации основания наиболее интенсивно происходят в период консолидации грунтов в результате медленного отжатия и выхода воды из песчаных грунтов основания [10]. Этот период наблюдается в течение 2 – 5 лет, после чего происходит стабилизация основания. По данным наблюдений на шлюзах Городецкого гидроузла консолидация грунтов основания завершилась в 1990 году, однако это осталось незамеченным при исследованиях ООО «ЦСКТЭ». Анализ данных натурных наблюдений, представленных в отчете [2], а также последующие наблюдения показали, что в период 1995 – 2017 гг. перемещений стен не наблюдалось, что является показателем отсутствия трещин в стенах.

Исследование процесса консолидации, а также свойств грунтов и их показателей, таких как плотность, прочность, пористость, влажность, коэффициент фильтрации и др., остаются не-

изменно важными для строительства и эксплуатации сооружений. Работы К. Терцаги положили начало становлению теории фильтрационной консолидации, которая в дальнейшем была развита Н. М. Герсеговым, В. А. Флориным, М. А. Цытовичем, Д. Е. Польшиным, С. А. Роза, М. Н. Гольдштейном, Н. Н. Масловым, Н. Н. Веригиным, Ю. К. Зарецким, М. Ю. Абелевым, М. В. Малышевым, А. И. Ксенофоновым и др. За рубежом фильтрационная теория консолидации получила свое развитие в работах И. Рендулика, Н. Карилло, Р. Баррона, Р. Гибсона, Д. Тейлора, Г. Менделя, В. Мершана и др. Допущения, сделанные К. Терцаги, обусловили значительные расхождения между наблюдаемыми и расчетными значениями деформаций и временем уплотнения водонасыщенных глинистых грунтов [4]. Используя научную базу, современные учёные продолжают свои исследования в данной области как в России [11], так и за рубежом [12].

Выводы (Summary)

1. Расчетный прогноз ООО «ЦСКТЭ», выполненный в 2006 г., о формировании сквозных горизонтальных трещин в стенах не подтверждается результатами анализа наблюдений, которые проводятся в настоящее время.

2. Причиной перемещения стен, наблюдаемых в начальные периоды эксплуатации шлюзов, являются неравномерные деформации основания, вызванные консолидацией песчаных грунтов. Деформации основания вызвали перекосы секций шлюза как в продольном, так и в поперечном направлении. По этой же причине происходило в первые годы разрушение уплотнений в температурно-осадочных швах и наблюдались вертикальные трещины. Начиная с 2000 г. наблюдается завершение периода консолидации грунтов основания и отсутствие деформаций стен камер шлюзов.

3. Проект ремонта камер судоходных шлюзов [5], включающий изготовление вертикальных колон на лицевой грани, выполненных без проведения анализа технического состояния камеры на 2017 г., а также без выполнения прочностных расчетов стен, базируется на ошибочных представлениях. Состояние стен в настоящее время исключает потерю их несущей способности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кривошей В. А.* Река Волга (проблемы и решения) / В. А. Кривошей. — М.: ООО «Журнал «РТ», 2015. — 92 с.
2. Исследование причин смещения стен шлюзов Городецкого РГСЧС; этапы 1 – 5 // отчет НИР. — М.: ООО «ПСКТЭ», 2006. — 74 с.
3. Капитальный ремонт шлюзов №13-16 Городецкого РГСЧС: Рабочий проект. — Т. 2 «Разработка мероприятий по гидротехнической части шлюзов». Рабочие чертежи арх. — № 16. — Экз. № 5. — Н. Новгород: ЗАО «Гидрострой-НН», 2006.
4. *Дашко Р. Э.* К проблеме фильтрационной консолидации: структура и свойства воды в глинистых грунтах / Р. Э. Дашко // Грунтоведение. — 2013. — Т. 2. — № 3. — С. 36–47.
5. Капитальный ремонт шлюзов №13-16 Городецкого РГСЧС. Разработка мероприятий по гидротехнической части шлюзов: рабочие чертежи 21066-ГР. — Т. 2. — Самара: ООО «Техтрансстрой», 2012. — 32 с.
6. Натурные исследования с целью разработки рекомендаций по снижению влияния отрицательных температур на бетон: науч.-техн. отчет по теме 79-574. — Л.: ЛИВТ, 1990. — 56 с.
7. *Семенов А. А.* Влияние отрицательных температур на напряженно-деформированное состояние стен камер судоходных шлюзов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. А. Семенов. — СПб., 2005. — 19 с.
8. *Колосов М. А.* Температурное воздействие на лицевую грань – критериальная нагрузка при оценке безопасности стен камер шлюзов / М. А. Колосов, А. А. Семенов, М. Р. Кашапов // Гидротехника. XXI век. — 2015. — № 3. — С. 66–69.
9. ГОСТ 28570-90 Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкции. — М.: Стандартинформ, 2005. — 10 с.
10. *Поляков В. Л.* Теоретический анализ водообмена между насыщенной и ненасыщенной зонами легких мелкодисперсных грунтов / В. Л. Поляков, Ю. И. Калугин // Гидротехническое строительство. — 2017. — № 6. — С. 46–53.

11. *Shtykov V. I.* The Performance of Geotextile Materials Used for Filtration and Separation in Different Structures as an Important Part of Geotextiles Requirements / V. I. Shtykov, L. S. Blazhko, A. B. Ponomarev // *Procedia engineering*. — 2017. — Vol. 189. — Pp. 247–251. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.05.039.

12. *Kumor Ł. A.* Geotechnical parameters of soil, considering the effect of additional compaction of embankment / Ł. A. Kumor, M. K. Kumor, M. Kopka // *Procedia engineering*. — 2017. — Vol. 189. — Pp. 291–297. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.05.047.

REFERENCES

1. Krivoshei, V.A. *Reka Volga (problemy i resheniya)*. M.: ООО «Zhurnal «RT», 2015.
2. *Issledovanie prichin smeshcheniya sten shlyuzov Gorodetskogo RGSiS; etap 1, 2, 3, 4, 5: otchet NIR*. M.: ООО «PSKTE», 2006.
3. ZAO «Gidrostroi-NN» «Kapital'nyi remont shlyuzov №13-16 Gorodetskogo RGSiS» *Rabochii projekt. Tom 2 «Razrabotka meropriyatii po gidrotekhnicheskoi chasti shlyuzov»*. *Rabochie chertezhi Arkh.* №16. Ekz. №5. Nizhnii Novgorod, 2006.
4. Dashko, R.E. “K probleme fil'tratsionnoi konsolidatsii: struktura i svoistva vody v glinistyykh gruntakh.” *Gruntovedenie* 2.3 (2013): 36–47.
5. *Kapital'nyi remont shlyuzov №13-16 Gorodetskogo RGSiS. Razrabotka meropriyatii po gidrotekhnicheskoi chasti shlyuzov. Rabochie chertezhi 21066-GR*. Tom 2. Samara: ООО «Tekhtransnstroi», 2012.
6. *Naturnye issledovaniya s tsel'yu razrabotki rekomendatsii po snizheniyu vliyaniya ot-ritsatel'nykh temperatur na beton. Nauchno-tekhnikeskii otchet po teme 79-574*. L.: LIVT, 1990.
7. Semenov, A.A. Vliyanie otritsatel'nykh temperatur na napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie sten kamer sudokhodnykh shlyuzov. Abstract of PhD diss. SPb., 2005.
8. Kolosov, M.A., A.A. Semenov, and M.R. Kashapov. “Temperaturnoe vozdeistvie na litsevuyu gran' – kriterial'naya nagruzka pri otsenke bezopasnosti sten kamer shlyuzov.” *Gidrotekhnika. XXI vek* 3 (2015): 66–69.
9. Russian Federation. State Standard GOST 28570-90. *Betony. Metody opredeleniya prochnosti po obraztsam, otobrannym iz konstruktsii*. M.: Standartinform, 2005.
10. Polyakov, V.L., and Yu.I. Kalugin. “Teoreticheskii analiz vodoobmena mezhdu nasyshchennoi i nenasyschennoi zonami legkikh melkodispersnykh gruntov.” *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* 6 (2017): 46–53.
11. Shtykov, V.I., L.S. Blazhko, and A.B. Ponomarev. “The Performance of Geotextile Materials Used for Filtration and Separation in Different Structures as an Important Part of Geotextiles Requirements.” *Procedia engineering* 189 (2017): 247–251. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.05.039.
12. Kumor, Łukasz Aleksander, Maciej Kordian Kumor, and Monika Kopka. “Geotechnical parameters of soil, considering the effect of additional compaction of embankment.” *Procedia engineering* 189 (2017): 291–297.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Каюда Виктория Александровна — аспирант
Научный руководитель:
Колосов Михаил Александрович
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С.О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: vika.kaiuda@gmail.com,
kaf_gsk@gumrf.ru

Колосов Михаил Александрович —
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С.О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: Kolosov-34@mail.ru,
kaf_gsk@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kaiuda, Viktoria A. — Postgraduate
Supervisor:
Kolosov, Mikhail A.
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg 198035,
Russian Federation
e-mail: vika.kaiuda@gmail.com,
kaf_gsk@gumrf.ru

Kolosov, Mikhail A. —
Dr. of Technical Sciences, professor
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg 198035,
Russian Federation
e-mail: Kolosov-34@mail.ru,
kaf_gsk@gumrf.ru

Кузьмицкий Михаил Леонидович —
доктор технических наук,
главный научный сотрудник
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: kuzmitskiymlspbuwc@mail.ru,
KuzmitskiyML@gumrf.ru

Kuzmitskiy, Mikhail L. —
Dr. of Technical Sciences,
chief research scientist
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: kuzmitskiymlspbuwc@mail.ru,
KuzmitskiyML@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 21 июня 2018 г.

Received: June 21, 2018.