

DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-135-148

ANALYSIS OF CONSTRUCTION STATUS OF NAVIGABLE GATEWAY № 3 OF NOVINKINSKY HYDROELECTRIC COMPLEX

K. P. Morgunov, G. G. Ryabov, M. V. Krasnikova

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

The main results of investigations of the state of the navigable lock No. 3 of the Novinkinsky hydrounit of the FBU «Administration «Volgo-Balt» are presented. The analysis of design, construction and operational documentation, field measurements and observations, results of previous surveys was carried out. The evaluation of the filtration regime in the base and backfill soils was carried out; the asymmetry of the depression curves was recorded on the left and right sides of the chamber. Sediments and horizontal movements of the gateway structures, their mutual displacement, are estimated. It was noted that the largest movement, both in the vertical and horizontal directions, was subjected to the camera section № 13 and the lower head of the lock. The presence of a crack in the concrete mass of the left base of the lower head of the lock is fixed. The dynamics of the development of the crack from the moment of its detection to the present time has been analyzed. The processes of soil removal into the chamber during its filling and emptying through the destroyed axial key in the bottom near section № 13 are described. It was noted that the measures for carburizing the base of the chamber with the aim of stopping the removal of soil into the interior of the cell to date have not led to a positive result. The possible causes of super-project movements of Section № 13 and the lower head of the lock are discussed, as well as the appearance and development of a crack in the bottom of the lower head. Such reasons could be the numerous subsidence of the soil on the site of the hydrosystem, caused, apparently, by a change in the process of exploiting the characteristics of the soil of the base-these are weak sandy soils in which decompensation may develop during the development of suffusion processes. Another possible reason is the poor quality of the works at the construction stage of the lock: poor performance of works on backfilling (failure to fill the layer seal, use of non-design soils), as well as poor quality of concrete caused by the use of local soil as a filler and a violation of concreting technology. Recommendations are given on the directions of further studies of the state of the structures of the hydrounit

Keywords: navigable gateway, filtration in soil, depression curve, draft sludge, mutual displacement of structures

For citation:

Morgunov, Konstantin P., Georgiy G. Ryabov, and Marina V. Krasnikova. "Analysis of construction status of navigable gateway № 3 of Novinkinsky hydroelectric complex." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.1 (2018): 135–148. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-135-148.

УДК 626.4

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ШЛЮЗА № 3 НОВИНКИНСКОГО ГИДРОУЗЛА

К. П. Моргунов, Г. Г. Рябов, М. В. Красникова

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

Представлены основные результаты исследований состояния судоходного шлюза № 3 Новинкинского гидроузла ФБУ «Администрация «Волго-Балт». Проведен анализ проектной, строительной и эксплуатационной документации, данных натурных измерений и наблюдений, результатов предыдущих исследований. Выполнена оценка фильтрационного режима в грунтах основания и обратной засыпки, зафиксирована несимметричность кривых депрессии с левой и правой стороны камеры. Оценены осадки и горизонтальные перемещения конструкций шлюза, их взаимное смещение. Отмечено, что наибольшим перемещениям как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях подверглись секция № 13 камеры и нижняя голова шлюза. Зафиксировано наличие трещины в бетонном массиве левого устоя нижней головы шлюза. Проанализиро-

вана динамика развития трещины с момента её обнаружения до настоящего времени. Описаны процессы выноса грунта внутрь камеры в процессе её наполнения и опорожнения через разрушенную осевую шпонку в днище в районе секции № 13. Отмечено, что мероприятия по цементации основания камеры с целью прекращения выноса грунта внутрь камеры до настоящего времени не привели к положительному результату. Обсуждены возможные причины сверхпроектных перемещений секции № 13 и нижней головы шлюза, а также возникновения и развития трещины в устье нижней головы. Такими причинами могли быть многочисленные просадки грунта на территории гидроузла, вызванные, по-видимому, изменением в процессе эксплуатации характеристик грунтов основания — слабых песчаных грунтов, в которых при развитии суффозионных процессов могли возникать разуплотнения. Другая возможная причина заключается в низком качестве выполнения работ на этапе строительства шлюза — некачественном выполнении работ по обратной засыпке (невыполнение послойного уплотнения, использование непроектных грунтов), а также низком качестве бетона, вызванном применением в качестве заполнителя местных грунтов и нарушением технологии бетонирования. Даны рекомендации по направлениям дальнейших исследований состояния конструкций гидроузла.

Ключевые слова: судоходный шлюз, фильтрация в грунте, депрессионная кривая, осадки конструкций, взаимные смещения конструкций.

Для цитирования:

Моргунов К. П. Анализ состояния конструкций шлюза № 3 Новинкинского гидроузла / К. П. Моргунов, Г. Г. Рябов, М. В. Красникова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 1. — С. 135–148. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-135-148.

Введение (Introduction)

Шлюз № 3 Новинкинского гидроузла расположен на северном склоне Волго-Балтийского канала, в 29,7 км от Онежского озера (рис. 1 и 2). Шлюз является сооружением II класса [1] и предназначен для пропуска судов и плотов, частичного сброса паводковых вод и поддержания подпорного уровня воды.

Начало строительства гидроузла — 1952 г., ввод шлюза № 3 в постоянную эксплуатацию — 27 октября 1964 г.



Рис. 1. Новинкинский гидроузел Волго-Балтийского канала



Рис. 2. Общий вид шлюза № 3 Новинкинского гидроузла

Шлюз № 3 — односторонний, однокамерный, расположен в нижнем бьефе, напорный фронт проходит по верхней голове шлюза. Максимальный расчетный напор на шлюзе — 13,10 м. Камера шлюза разделена температурно-осадочными швами на 13 секций, верхняя и нижняя головы — массивные железобетонные монолиты. Система наполнения — головная, из-под опускных рабочих ворот, опорожнение камеры производится через обходные водопроводные галереи в устоях нижней головы.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Эксплуатационным персоналом гидроузла осуществляются наблюдения [2], 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. Контролируется также фильтрационный расход в дренажах и глубины в подходных каналах.

Для оценки состояния конструкций шлюза № 3 Новинкинского гидроузла в 2017 г. специалистами ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова» был выполнен комплекс исследований [3], включающий анализ данных многолетних наблюдений и материалов предыдущих обследований, выполнение работ по исследованию состояния бетона конструкций шлюза, проведение расчетов напряженно-деформированного состояния конструкций.

Результаты (Results)

Анализ данных о фильтрационном режиме грунтовых вод в основании и обратной засыпке камеры шлюза. Фильтрационный режим в грунтах основания шлюза № 3 контролируется грунтовыми пьезометрами и определяется характеристиками грунтов, особенностями рельефа и уровнями воды в бьефах [4] – [8]. Для улучшения оттока фильтрующейся в грунте воды с правой и левой стороны камеры шлюза понизу обратной засыпки устроены дренажные канавы. Характерные кривые депрессии приведены на рис. 3.

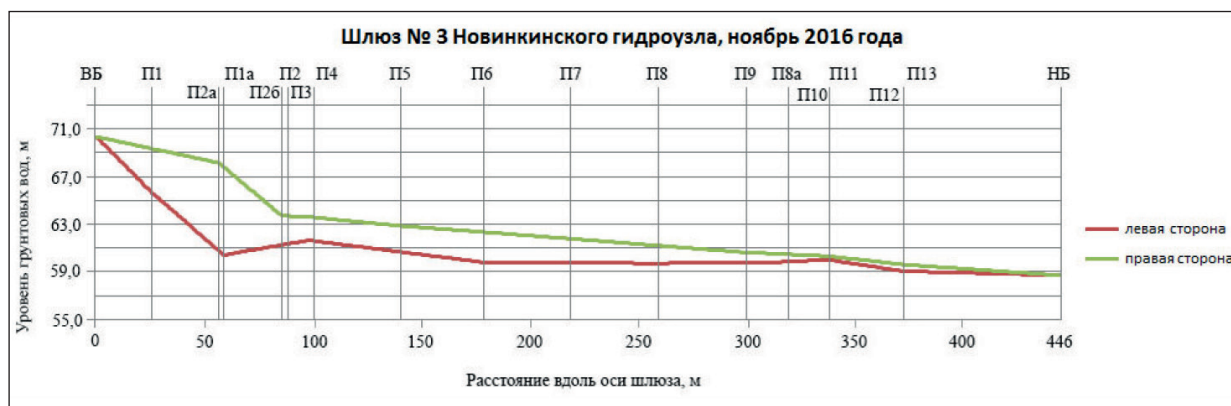


Рис. 3. Депрессионные кривые в грунте шлюза № 3 Новинкинского гидроузла в ноябре 2016 г.

Из рис. 3 видно, что депрессионные кривые, фиксируемые пьезометрами, расположенными с левой и правой стороны камер шлюза, в некоторой степени отличаются друг от друга (уровни с правой стороны выше). Наблюдения фиксируют также полное отсутствие воды в левой дренажной канаве, в течение последних лет наблюдения (с 1993 г.) она сухая. Это можно объяснить дополнительным притоком фильтрационных вод с правой, более высокой стороны гидроузла, а также дренированием фильтрационного потока в сторону расположенной слева долины реки Вытегры.

Напорным фронтом верхней головы гасится в среднем около 70 % общего напора на шлюз, что соответствует критериям безопасности гидроузла [2].

Осадка конструкций шлюза. Вертикальные перемещения (осадки) конструкций камеры шлюза определяются по отметкам геодезических марок, установленных на стенках камеры и устоях голов шлюза [9] – [11]. Анализ изменения отметок высотных марок показывает, что в период 1993 – 2017 гг. осадки всех секций стен камеры шлюза, за исключением секции № 13, а также левой стороны нижней головы весьма незначительны.

Декларацией безопасности определена интенсивность безопасного остаточного перемещения конструкций шлюза (критерий К1) не более 2 мм/г. Данные по осадкам марок секции № 13 камеры шлюза приведены в табл. 1.

Таблица 1

Осадка марок секции 13 шлюза № 3

Сторона	Марки	Осадка с 1993 г. (за 23 года), мм	Интенсивность за 23 года, мм/год	Осадка за последние 10 лет, мм	Интенсивность за последние 10 лет, мм/год	Осадка за последние два года, мм	Интенсивность за последние два года, мм/год
Левая	M77	30,0	1,30	22,5	2,25	8,0	4,0
	M79	20,0	0,87	15,5	1,55	8,0	4,0
Правая	M78	20,0	0,87	13,0	1,30	4,0	2,0
	M80	25,0	1,09	16,0	1,60	5,0	2,5

График осадок конструкций тринадцатой секции камеры шлюза приведен на рис. 4.

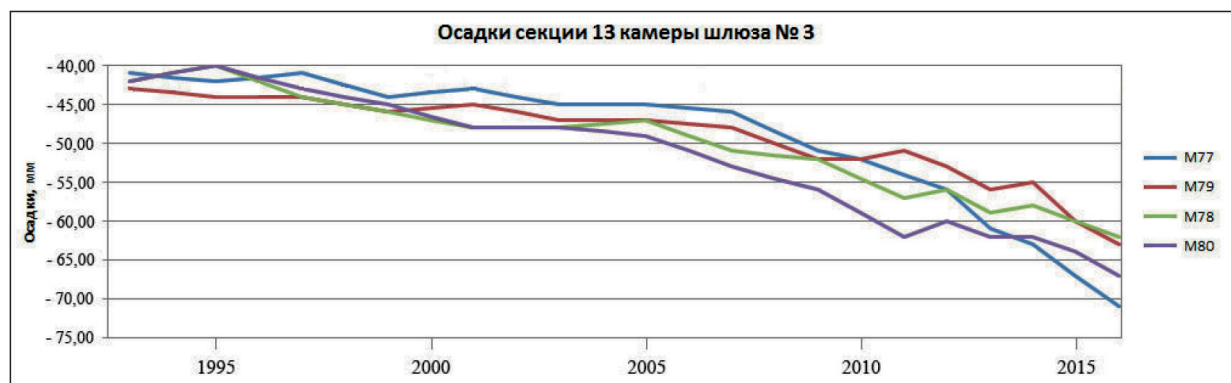


Рис. 4. Осадки марок тринадцатой секции шлюза № 3 в период 1993 – 2016 гг.

Фактические значения осадок нижней головы в период 1993 – 2016 гг. (за 23 года) приведены в табл. 2. Причем в течение последних лет наблюдается интенсификация осадок некоторых марок нижней головы.

Таблица 2

Осадка марок нижней головы шлюза № 3

Сторона	Марки	Абсолютные перемещения (осадки), мм	Интенсивность, мм/год
Левая	M81	10,0	0,43
	M83	13,0	0,57
	M89	19,0	0,83
Правая	M82	2,0	0,09
	M84	4,0	0,17
	M90	6,0	0,26

развития трещины тогда же, в 1985 г., на ней был установлен рамочный щелемер (рис. 8). Снятие показаний щелемера производится шесть раз в год, в навигационный период — при наполненной и опорожненной камере. График изменения продольных размеров трещины (вдоль оси шлюза), построенный по июльским замерам, приведен на рис. 9.

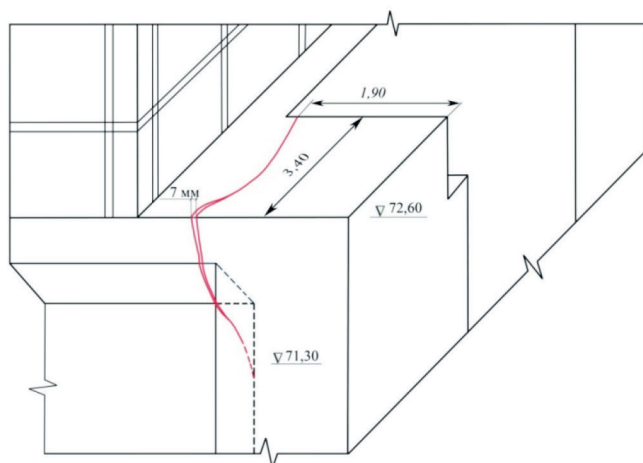


Рис. 7. Схема расположения трещины на левом устье нижней головы шлюза № 3



Рис. 8. Трещина с установленным на ней щелемером

Анализ этих измерений показывает, что с июля 1985 г. по апрель 1987 г. раскрытие трещины составило 2,6 мм, при этом в эксплуатационных отчетах за 1987 г. [12] персоналом шлюза отмечалась тенденция к движению «отколовшейся» части устоя в режиме «наполнение – опорожнение». Далее в период 1991 – 2011 гг. трещина развивалась со средней интенсивностью 0,27 мм/год, достигнув к 2011 г. размеров 5,4 мм. В последующие годы интенсивность раскрытия трещины уменьшилась. Максимального размера 7,8 мм трещина достигла в мае – июле 2015 г., затем её размеры начали уменьшаться. По состоянию на ноябрь 2016 г. размер трещины составил 6,3 мм. При опорожненной камере размеры трещины на 0,3 – 0,8 мм больше, чем при наполненной, однако летом эта тенденция либо проявляется весьма слабо, либо вообще отсутствует. По-видимому, это связано с прогревом бетонных конструкций в летнее время.

Раскрытие трещины на левом устье нижней головы шлюза № 3

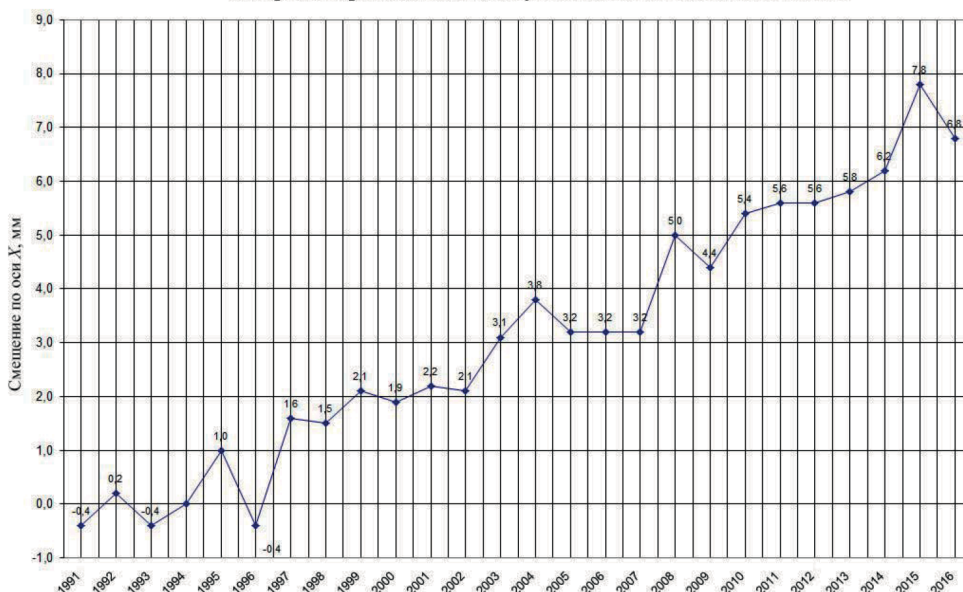


Рис. 9. График раскрытия трещины на НГ шлюза № 3 в течение 1991 – 2016 гг.

Обсуждение (Discussion)

Можно предположить, что причины аномальных перемещений секции № 13 и нижней головы, а также возникновения и развития трещины в бетоне левого устоя одни и те же. Эксплуатационным персоналом шлюза № 3 в процессе наблюдений неоднократно были зафиксированы просадки грунта на территории, прилегающей к конструкциям шлюза. В результате было констатировано следующее:

- просадки грунта обратной засыпки за период эксплуатации наблюдались повсеместно: у голов и вдоль стен камеры шлюза;
- распределение объема просадок вдоль оси шлюза за период 1990 – 2015 гг. следующее: примерно одинаковое количество у верхней головы и вдоль камеры (около 8 – 9 м³), у нижней головы примерно вдвое ниже;
- по сторонам шлюза объем просадок приблизительно одинаков (несколько больше по левой стороне), при этом у правого устоя НГ просадки практически не фиксировались.

Наиболее значительная просадка грунта зафиксирована в июне 2011 г. в районе секции № 13, у правой стены камеры шлюза. Для выявления полного объема просадки было произведено вскрытие асфальта, обнаружен провал грунта первоначальных размеров 2,5 × 3,0 м и глубиной до 3,0 м. По дальнейшим приблизительным оценкам объем провала составил около 50 м³ (рис. 10 а).

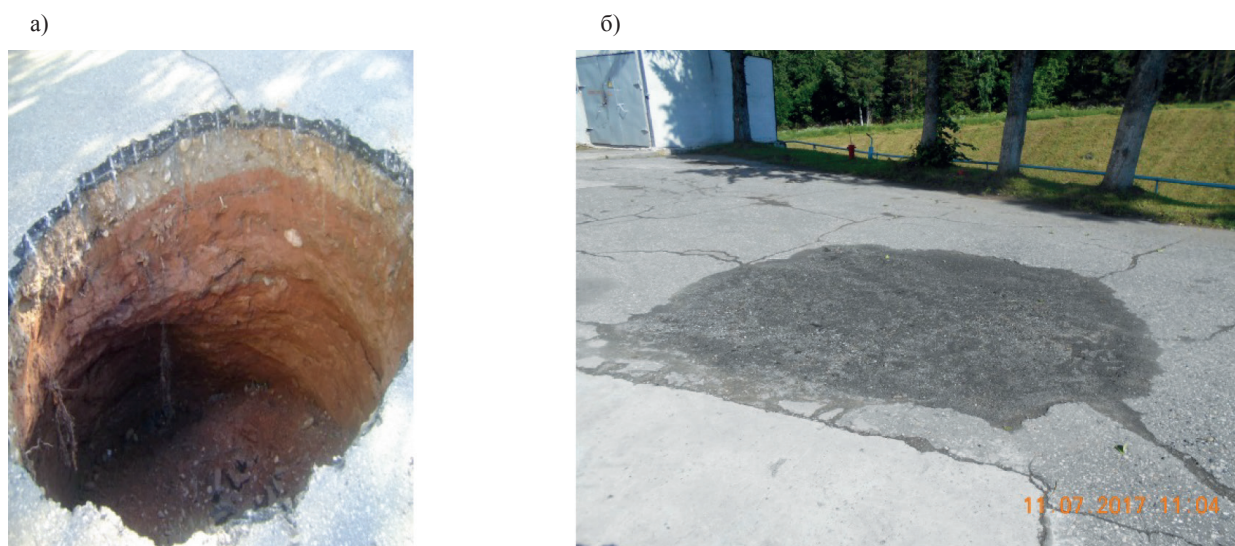


Рис. 10. Провал в районе секции № 13: а — после вскрытия асфальта (2011 г.), б — засыпанный провал территории в районе секции № 13 (2017 г.)

После засыпки провала грунтом с гидронамывом (август 2011 г.) просадки были непродолжительными, их объем ориентировочно составил до 30 м³. С 2011 г. осадки провала прекратились. На рис. 10, б приведено состояние засыпанного провала таким, каким оно сохраняется в последние годы.

Кроме того, при опорожнении камеры шлюза в межнавигационные периоды неоднократно фиксировалось проникновение внутрь камеры через осевую шпонку в районе секций № 12 и № 13 фильтрационных вод с выносом грунта (рис. 11).

По информации эксплуатационного персонала, практически при каждой откачке камеры объем выноса в районе осевой шпонки составлял 0,5 – 1,0 м³. В межнавигационные периоды 2007 – 2008 гг., 2012 – 2013 гг. и 2013 – 2014 гг. предпринимались попытки цементации основания камеры путем закачивания раствора под днище камеры через пробуренные скважины. Схема расположения очагов выноса грунта и скважин для закачки раствора у осевой шпонки секции № 13 приведена на рис. 12, однако выносы грунта внутрь камеры продолжались.

а)



б)

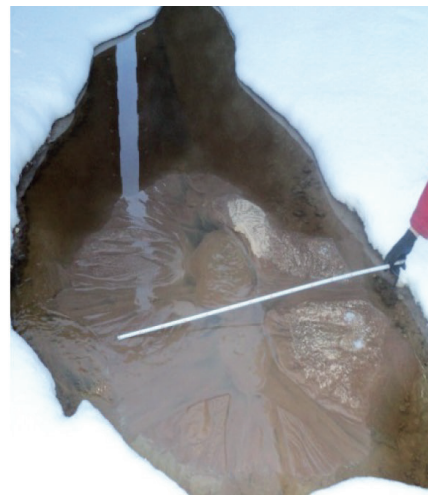


Рис. 11. Вынос грунта на осевой шпонке секции № 13 (а),
замер объема выноса (б)

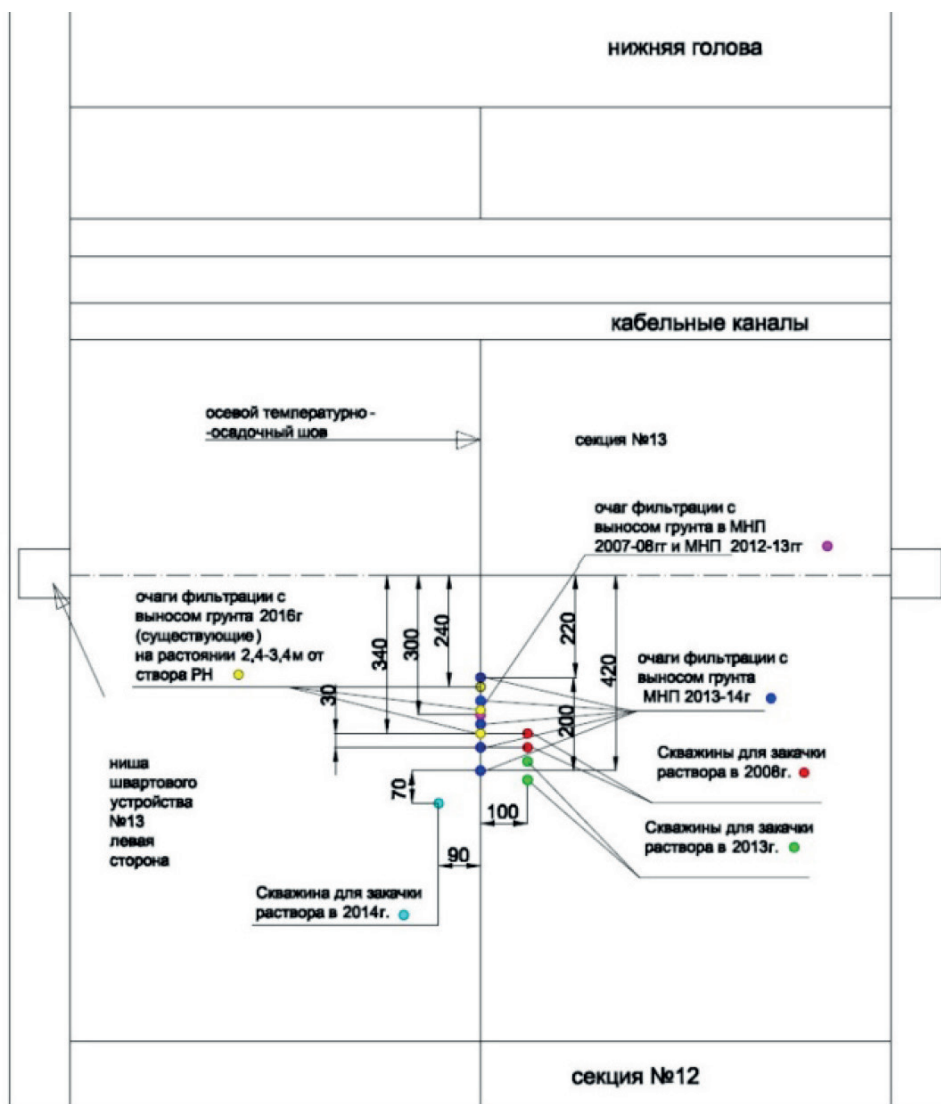


Рис. 12. Схема расположения очагов фильтрации и инъекционных скважин
секции № 13 в 2007 – 2008 гг., 2012 – 2013 гг. и 2013 – 2014 гг.

Понятно, что деформации (просадки) грунта определяются характеристиками грунта и фильтрационным режимом грунтовых вод в основании и боковых засыпках конструкций шлюза. Информация о составе и параметрах грунтов содержится в проектных материалах по гидроузлу, кроме того, она имеется, например, в материалах «Разработка и реализация комплексного проекта реконструкции Волго-Балтийского водного пути» [13] ОАО «Ленгидропроект». На рис. 13 приведен геологический разрез грунтов в районе шлюза № 3.

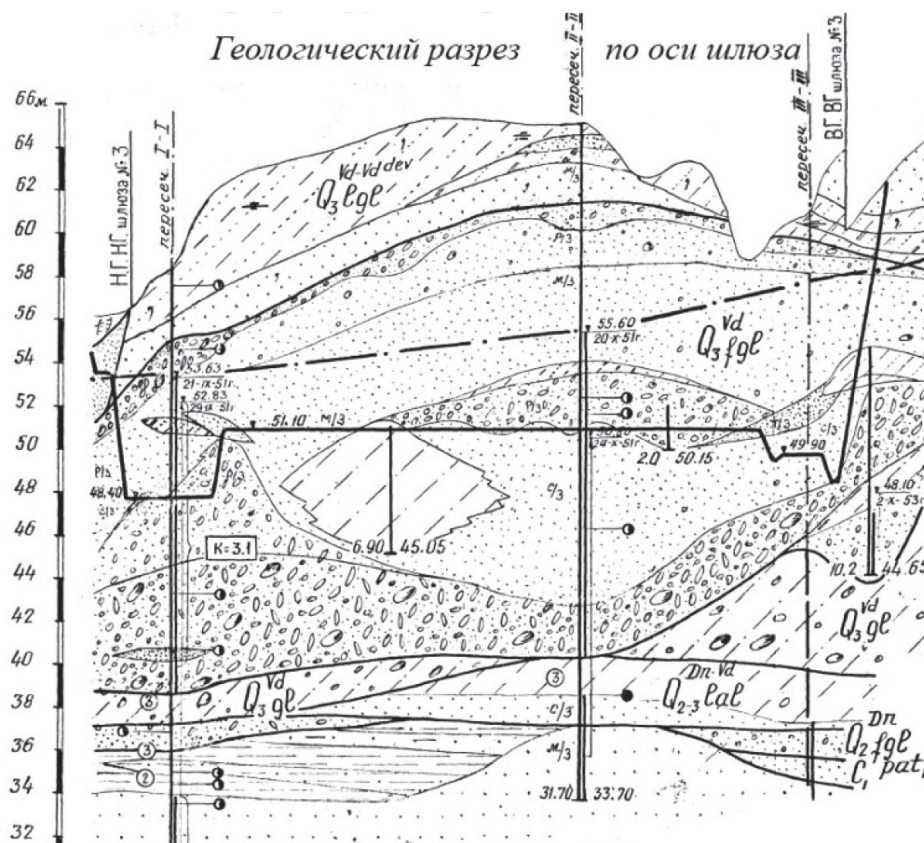


Рис. 13. Геологический разрез по оси шлюза № 3 Новинкинского гидроузла

Однако в этих материалах характеристики грунтов приняты по нормативным и проектным документам, а не по результатам современных инженерных изысканий. В соответствии с проектными данными шлюз № 3 врезан на глубину до 20 м от дневной поверхности. Основанием шлюза являются флювиогляциальные отложения, залегающие на валдайской морене. Основание камеры шлюза — пески, переходящие в песок с галькой, ниже — слой глины с линзами суглинка, затем пески. Основание верхней головы — в основном флювиогляциальные отложения, встречаются среднезернистые разности с линзами суглинков, на правых полусекциях — маренные суглинки. Основание нижней головы — пески с примесью гальки толщиной до 7,0 м, ниже — слой суглинка толщиной до 2,0 м, ещё ниже — песок с примесью гальки. При этом, как раз в районе левого устья нижней головы, проходило бывшее русло реки Вытегры.

В 2013 – 2014 гг. в ООО «ЭЦБ ГТС «Гидротехэкспертиза» (г. Москва) с привлечением специализированных организаций был выполнен комплекс работ по оценке состояния грунтов основания и засыпки камеры шлюза № 3 Новинкинского гидроузла и их влияния на состояние конструкций шлюза [14]. Работы включали проведение следующих работ:

- лазерного трехмерного сканирования, определившего формы обратной засыпки, положение стен камеры и голов шлюза;
- комплекса геофизических работ (георадиолокация, сейсмоакустика, вибродиагностика), позволившего обнаружить и локализовать зоны аномальных характеристик грунтов.

Результаты трехмерного лазерного сканирования показали, что в целом камера шлюза сохраняет свою геометрию, однако был зафиксирован непроектный уклон правой стены секции № 13 в сторону оси камеры. Кроме того, оказалось, что секция № 13 в течение периода эксплуатации (с 1964 г. по 2014 г.) имеет вертикальную осадку на 10 – 20 см больше, чем другие секции.

Геофизические методы не позволяют получить конкретные характеристики грунтов, однако дают возможность оценить сравнительную плотность грунтов, определить зоны грунта с характеристиками, качественно отличными от других: разуплотнение, переувлажнение и т. п. На основании выполненных исследований была составлена схема расположения зон с аномальными (отличными от соседних) характеристиками грунтов (рис. 14).

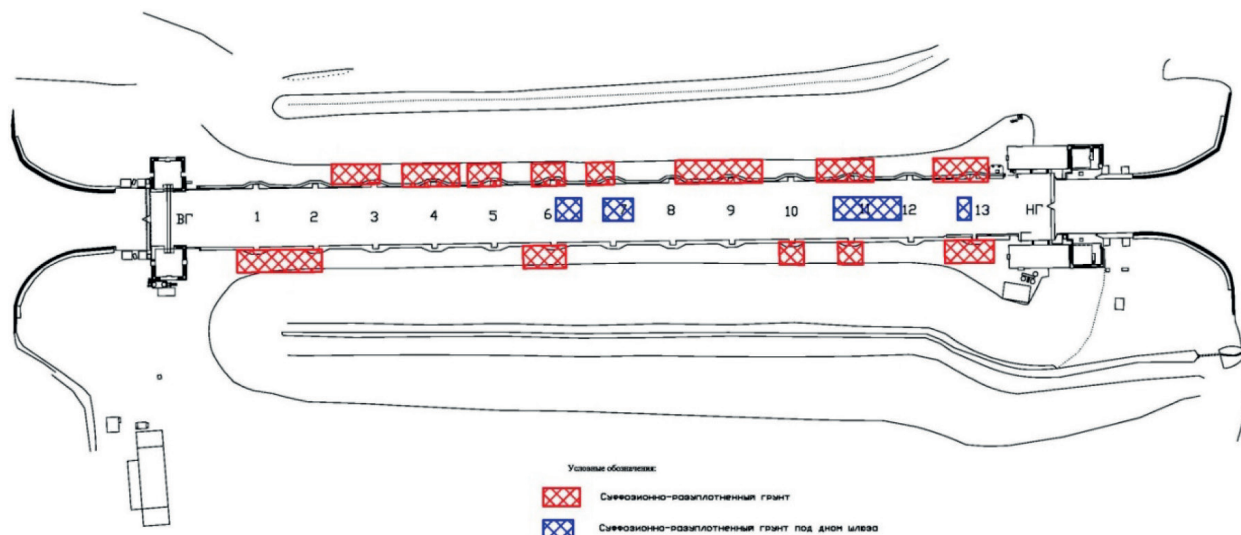


Рис. 14. Схема зон с аномальными характеристиками грунта на территории шлюза № 3

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что зоны с аномальными характеристиками (предположительно зоны разуплотнений и переувлажнений грунта) расположены практически на всей территории вокруг камеры и какой-то системы в их размещении не наблюдается.

Заключение (Conclusion)

Анализ данных наблюдений и специальных исследований позволяет сделать следующие предположения о возможных причинах возникновения разуплотнений, аномальных осадок некоторых конструкций камеры и развития трещины на левом устое нижней головы.

1. В основании и засыпке камеры представлены зоны мелкозернистых и пылеватых песков, а также зоны крупнозернистых и гравелистых песков. При наличии соответствующего градиента фильтрационных потоков между этими зонами весьма вероятно развитие процессов внутренней суффозии, приводящих к возникновению областей с различной плотностью грунтов.

2. Разрушение осевой шпонки днища в районе секции № 13 привело к перемещению внутрь камеры в процессе наполнения / опорожнения объемов грунтовых вод и выносу грунта, что также способствовало возникновению зон разуплотнения в окрестности секции № 13.

3. Нельзя исключить возможность некачественного выполнения работ по обратной засыпке стен камеры при строительстве гидроузла. В этом случае возможно было как некачественное выполнение послойного уплотнения насыпаемого грунта, так и использование для засыпки непроектных грунтов: торфа, песка, попадание мерзлого грунта, льда, снега и т. п. О такой возможности косвенно свидетельствуют бессистемность и хаотичность расположения зон разуплотнений и провалов. Образование разуплотнений и даже пустот в массиве грунта приводит к возникновению провалов, которые фиксировались службами эксплуатации. Аналогичные процессы в районе секции № 13 и нижней головы привели к сверхпроектным осадкам и перемещениям этих кон-

струкций, а неравномерные осадки и деформации конструкций нижней головы могли привести к возникновению и дальнейшему развитию трещины в бетоне левого устоя.

4. Еще одной из возможных причин возникновения трещины в бетоне левого устоя нижней головы может быть невысокое качество бетона вследствие нарушения технологии бетонирования во время строительства. Бетонирование нижней головы шлюза осуществлялось в несколько ярусов отдельными блоками бетонирования, расположенными в шахматном порядке. Во время строительства при бетонировании конструкций нижней головы в качестве несъемной опалубки использовались плиты-оболочки. При этом блоки бетонирования выполнялись из бетона различных марок (графические материалы «Новинкинский гидроузел. Шлюз № 3. Нижняя голова. Монтажная схема армирования» ООО «Ленгидропроект»).

Анализ эксплуатационной документации позволяет сделать вывод о том, что еще на этапе строительства, в процессе возведения сооружения, использовался бетон с низкими прочностными характеристиками, обусловленными, прежде всего, применением заполнителя бетонной смеси низкого качества (с использованием местного грунта). Кроме того, отдельные этапы строительства осуществлялись в зимний период, что в совокупности с качеством смеси могло только усугубить снижение прочностных свойств массива. В частности, при укладке «слабого» бетона в период отрицательных температур материал подвергался температурным деформациям, которые (в данном случае) проявились в виде неравномерного распределения вяжущей составляющей и заполнителя.

Инструментальные обследования состояния и качества бетона, выполненные ЗАО «НПЦ материалов и добавок» в 2011 г. [15], свидетельствуют о том, что бетон нижней головы шлюза № 3 Новинкинского гидроузла пористый, трещиноватый и имеет сильно разнородную структуру, отмечено также слабое сцепление цементной составляющей с заполнителем. Выход кернов при выбуривании (отношение длины керна к глубине скважины) [16] для нижней головы шлюза был наименьшим — 44 – 71 % (в среднем 60 %) при среднем выходе по остальным конструкциям — 86 %. По некоторым данным бетонирование ниши осуществлялось после бетонирования основного устоя и установки ворот (неорганизованный холодный строительный шов). Кроме того, нижние ярусы днища и устоя (пол водопроводящих галерей) бетонировались крупными блоками без применения специальных мероприятий (трубное охлаждение, применение цемента с низким тепловыделением и т. п.).

Таким образом, к возникновению аномальных осадок некоторых конструкций камеры и трещины на левом устое нижней головы мог привести комплекс причин, а именно: слабые грунты в основании, суффозионные процессы, низкое качество бетона, несоблюдение технологии на этапе строительства.

Методы и способы устранения или хотя бы стабилизации развития трещины на верховой грани левого устоя нижней головы можно разрабатывать лишь на основе максимально полного изучения причин её возникновения. Для этого представляется целесообразным выполнение комплекса исследований, включающих:

- анализ строительной документации для получения максимально полной информации о качестве строительных материалов, использованных в конструкциях нижней головы, а также порядке, очередности и объемах работ по армированию и бетонированию конструкций;
- исследование характеристик грунтов основания, засыпки нижней головы шлюза и фильтрационных режимов в них в настоящее время, а также оценка влияния этих характеристик на устойчивость и перемещения конструкций.

Научно-исследовательская работа «Проведение исследовательских работ, поверочно-теоретических расчетов прочности и устойчивости железобетонных конструкций судоходных шлюзов ФБУ «Администрация «Волго-Балт» (Верхне-Свирский шлюз, Нижне-Свирский шлюз, шлюзы № 1 – 7)» финансировалась Федеральным агентством морского и речного транспорта Минтранса Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О классификации гидротехнических сооружений. Постановление Правительства РФ от 2 ноября 2013 года № 986.
2. Декларация безопасности Новинкинского гидроузла. — СПб.: ФБУ «Администрация «Волго-Балт», 2013. — 143 с.
3. Проведение исследовательских работ, поверочно-теоретических расчетов прочности и устойчивости железобетонных конструкций судоходных шлюзов ФБУ «Администрация «Волго-Балт» (Верхне-Свирский шлюз, Нижне-Свирский шлюз, шлюзы №№ 1 – 7). Шлюз № 3 Новинкинского гидроузла // Отчет по НИР. — СПб.: ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова», 2017. — 232 с.
4. Полубаринова-Кочина П. Я. Теория движения грунтовых вод / П. Я. Полубаринова-Кочина. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Наука, 1977. — 664 с.
5. Басниев К. С. Подземная гидромеханика / К. С. Басниев, И. Н. Кочина, В. М. Максимов. — М.: Недра, 1993. — 416 с.
6. Рассказов Л. Н. Гидротехнические сооружения. — Ч. I / Л. Н. Рассказов [и др.]. — М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2008. — 576 с.
7. Моргунов К. П. Исследование изменения характеристик грунта в основании и засыпке судоходных шлюзов в процессе строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений / К. П. Моргунов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 3 (37). — С. 78–88. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-7-3-78-88.
8. Федорова Т. С. Оценка напряженно-деформированного состояния грунтового массива камеры шлюза доковой конструкции / Т. С. Федорова, С. Н. Левачев // Вестник МГСУ. — 2017. — № 5 (104). — С. 519–528. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.5.519-528.
9. Богомолов А. Н. Опыт проведения натурных наблюдений и исследований осадков земляных и бетонных сооружений в период строительства и временной эксплуатации на Волгоградском гидроузле / А. Н. Богомолов, О. Н. Вольская, В. В. Подтелков, И. В. Якименко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: строительство и архитектура. — 2016. — № 44-1 (63). — С. 93–102.
10. Моргунов К. П. Анализ напряженно-деформированного состояния элементов камер шлюзов Волгоградского гидроузла при различных условиях эксплуатации / К. П. Моргунов, М. В. Красникова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 4 (38). — С. 74–85. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-4-74-85.
11. Левачев С. Н. Напряженно-деформированное состояние бетона стен камер шлюзов канала имени Москвы / С. Н. Левачев, Т. С. Федорова // Вестник МГСУ. — 2013. — № 8. — С. 137–149.
12. Лантратов Ю. Н. Отчет по наблюдениям за трещинами в устоях нижних голов шлюзов № 3, 4 / Ю. Н. Лантратов, Е. В. Асонова. — Л.: УВБВП им. В. И. Ленина, Вытегорский РГС, 1987. — 24 с.
13. Разработка и реализация комплексного проекта реконструкции Волго-Балтийского водного пути (пояснительная записка 1887-1-ПОСЗ.1.ПЗ). — СПб.: ОАО «Ленгидропроект», 2010. — 187 с.
14. Обследование грунтов основания и обратной засыпки голов и камеры шлюза № 3 Новинкинского гидроузла ФБУ «Администрация «Волго-Балт». Технический отчет (заключительный). — М.: ООО «ЭЦБ ГТС «Гидротехэкспертиза», 2014. — 185 с.
15. Визуальное и инструментальное обследование состояния бетона шлюза № 3 Новинкинского гидроузла. Технический отчет. — СПб.: ЗАО «Научно-производственный центр материалов и добавок», 2011. — 118 с.
16. ГОСТ 28570-90 Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкции. — М.: Стандартинформ, 2005. — 10 с.

REFERENCES

1. Resolution of the Government of the Russian Federation № 986 (2 Nov. 2013). O klassifikatsii gidrotekhnicheskikh sooruzhenii.
2. Deklaratsiya bezopasnosti Novinkinskogo gidrouzla. SPb.: FBU «Administratsiya «Volgo-Balt», 2013.

3. *Provedenie issledovatel'skikh rabot, poverchno-teoreticheskikh raschetov prochnosti i ustoichivosti zhelezobetonnykh konstrukttsii sudokhodnykh shlyuzov FBU «Administratsiya «Volgo-Balt» (Verkhne-Svirskii shlyuz, Nizhne-Svirskii shlyuz, shlyuzy №№ 1 – 7). Shlyuz № 3 Novinkinskogo gidrouzla. Otchet po NIR.* SPb.: FGBOU VO «GUMRF imeni admirala S.O. Makarova», 2017.

4. Polubarinova-Kochina, P.Ya. *Teoriya dvizheniya gruntovykh vod.* 2nd edition. M.: Nauka, 1977.

5. Basniev, K.S., I.N. Kochina, and V.M. Maksimov. *Podzemnaya gidromekhanika.* M.: Nedra, 1993.

6. Rasskazov, L.N., et al. *Gidrotekhnicheskie sooruzheniya. Chast' I.* M.: Izd-vo Assotsiatsii stroitel'nykh vuzov, 2008.

7. Morgunov, Konstantin Petrovich. "Research of change of descriptions of soil in foundation and backfill of shipping lock in the process of building and exploitation of hydraulic construction." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 3(37) (2016): 78–88. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-7-3-78-88.

8. Fedorova, Tatiana Sergeevna, and Stanislav Nikolaevich Levachev. "Assessment of stress-strain state of soil mass of dock-type lock chamber." *Vestnik MGSU* 5(104) (2017): 519–528. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.5.519-528.

9. Bogomolov, Aleksandr Nikolaevich, Olga Nikolaevna Vol'skaya, Vasilii Vladimirovich Podtelkov, and Igor' Valer'evich Yakimenko. "Experience of field studies and researches of subsidence of earthwork and concrete structures during construction and temporary operation in the Volgograd hydroelectric station dam." *Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture* 44-1(63) (2016): 93–102.

10. Morgunov, K. P., and M. V. Krasnikova. "Analysis of stress-strain state elements lock chamber Volgograd hydroelectric complex under different operating conditions." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 4(38) (2016): 74–85. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-4-74-85.

11. Levachev, Stanislav Nikolaevich, and Tat'yana Sergeevna Fedorova. "Stress-strain state of concrete in the walls of lock chambers of the Moscow channel." *Vestnik MGSU* 8 (2013): 137–149.

12. Lantratov, Yu.N., and E.V. Asonova. *Otchet po nablyudeniya za treshchinami v ustoyakh nizhnikh golov shlyuzov №№ 3–4.* L.: UVBVP im. V. I. Lenina, Vytegerskii RGS, 1987.

13. *Razrabotka i realizatsiya kompleksnogo proekta rekonstruktsii Volgo-Baltiiskogo vodnogo puti (poyasnitel'naya zapiska 1887-I-POS3.1.PZ).* SPb.: OAO «Lengidroproekt», 2010.

14. *Obsledovanie gruntov osnovaniya i obratnoi zasyпки golov i kamery shlyuza № 3 Novinkinskogo gidrouzla FBU «Administratsiya «Volgo-Balt».* Tekhnicheskii otchet (zaklyuchitel'nyi). M.: OOO «ETsB GTS «Gidrotekspertiza», 2014.

15. *Vizual'noe i instrumental'noe obsledovanie sostoyaniya betona shlyuza № 3 Novinkinskogo gidrouzla.* Tekhnicheskii otchet. SPb.: ZAO «Nauchno-proizvodstvennyi tsentr materialov i dobavok», 2011.

16. Russian Federation. State Standard GOST 28570-90. Concretes. Methods of strength evaluation on cores drilled from structures. M.: Standartinform, 2005.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Моргунов Константин Петрович —

Кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: morgunovkp@gumrf.ru

Рябов Георгий Георгиевич —

Кандидат технических наук
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: RyabovGG@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Morgunov, Konstantin P. —

PhD, associate professor
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg,
198035, Russian Federation
e-mail: morgunovkp@gumrf.ru

Ryabov, Georgiy G. —

PhD
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg,
198035, Russian Federation
e-mail: RyabovGG@gumrf.ru

Красникова Марина Валерьевна — аспирант

Научный руководитель:

Моргунов Константин Петрович

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени

адмирала С. О. Макарова»

198035, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,

ул. Двинская, 5/7

e-mail: mvkrasnikova@yandex.ru, kaf_gsk@gumrf.ru

Krasnikova, Marina V. — Postgraduate

Supervisor:

Morgunov, Konstantin P.

Admiral Makarov State University

of Maritime and Inland Shipping

5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg,

198035, Russian Federation

e-mail: mvkrasnikova@yandex.ru, kaf_gsk@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 8 декабря 2017 г.

Received: December 8, 2017.