

ВОДНЫЕ ПУТИ, ПОРТЫ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

WATERWAYS, PORTS, AND HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTIONS

УДК 627.4, 574.65

DOI: 10.37890/jwt.vi76.392

Оценка возможности достижения гарантированных габаритов судового хода для создания условий развития речного туризма на Нижней Вятке

А.Н.Ситнов

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4720-8194>

Ю.Е.Воронина

М.В. Шестова

Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Установление и поддержание гарантированных габаритов судового хода на водном пути требует комплексного подхода. В первую очередь, это связано с оказываемым влиянием уровня режима водного объекта на увеличение глубины водотока с учетом возможной посадки уровня воды. Судходные условия р. Вятка в нижнем течении во многом зависят от влияния подпора Куйбышевского водохранилища. В работе обоснованы зоны подпора в границах исследуемого участка от гидропоста «Вятские Поляны» до гидропоста «Соколы Горы», проведены исследования по величине посадки уровня воды при разработке судходных прорезей. В результате выявлена возможность установления гарантированных габаритов на Нижней Вятке на участке от устья реки до 40 км, в том числе до г. Мамадыш. На участке выше 40-го км река по своим гидравлическим особенностям не обеспечивает разумной возможности установления заданных габаритов пути.

Ключевые слова. Гарантированные габариты пути, судходство, дноуглубительные работы, посадка уровня воды.

The assessment of the possibility of achieving guaranteed dimensions of the ship's passage to create conditions for the development of river tourism on the Lower Vyatka

Aleksandr N. Sitnov

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4720-8194>

Yulia E. Voronina

Marina V. Shestova

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The establishment and maintenance of guaranteed dimensions of the ship's passage on the waterway requires an integrated approach. First of all, this is due to the influence of the level regime of the water body on the increase in the depth of the watercourse, taking into account the possible setting of the water level. Navigation conditions of the river Vyatka in the lower reaches largely depend on the influence of the support of the Kuibyshev reservoir. The authors substantiated the areas of support within the boundaries of the investigated area from the Vyatskiye Polyany hydraulic bridge to the Sokolyi Gory hydraulic bridge, conducted studies on the calculation of water level setting during the development of shipping slots. As a

result, it was revealed that it is possible to establish guaranteed dimensions on the Lower Vyatka in a section from the mouth of the river to 40 km, including the city of Mamadysh. In the upper section of the river, the hydraulic features of it do not provide a reasonable opportunity to establish the specified dimensions of the path.

Keywords: guaranteed path dimensions, shipping, dredging, water level setting

Введение

В соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 декабря 2002 г. № 1800-р участок р. Вятка от пос. Подрезчиха до ее устья, протяженностью 986 км, включен в Перечень внутренних водных путей Российской Федерации федерального значения.

Однако в связи с незначительными объемами грузо- и пассажироперевозок, а также с учетом гидрологических условий на участке от г. Киров до устья р. Вятка (протяженностью 685 км) до настоящего времени внутренние водные пути содержатся без гарантированных габаритов судовых ходов с неосвещаемой навигационной обстановкой в период с 3 мая по 19 октября (170 суток). В современных условиях, в связи с прекращением производства дноуглубительных работ (с 1993 года), глубины на р. Вятка от г. Киров до устья стали естественными и составляют в период межени при низких уровнях воды (80-95% обеспеченности) от 0,4 м до 1,2 м.

В настоящее время вновь актуальным стал о вопрос о возобновлении на р. Вятка судоходства с гарантированными габаритами судового хода. По данным министерства транспорта Кировской области в восстановлении полноценной деятельности внутреннего водного транспорта заинтересованы крупные промышленные предприятия региона. В том числе, Лесным планом Кировской области на 2019 – 2028 годы предусматривается использование внутреннего водного транспорта для погрузки и перевозки древесины в судах (в том числе несамоходных). Установление гарантированных глубин судового хода позволит значительно снизить транспортные затраты на перевозку сырья и готовой продукции.

Кроме того, по мнению министерства транспорта Кировской области, проведение путевых работ на р. Вятка также позволит организовать туристические маршруты водным транспортом как внутри региона, так и между субъектами Российской Федерации, с заходом круизных маршрутов с рек Волга и Кама в населённые пункты Кировской области (города Вятские Поляны, Котельнич, Киров).

Целью выполнения данной работы являлась оценка возможности достижения необходимых гарантированных габаритов судового хода на реке Вятка от устья до г. Мамадыш (0-23 км) для безопасного прохождения круизных судов. Поскольку исследуемый участок р. Вятка находится между двумя гидрологическими постами (Соколки горы (Соколка, устье р. Вятка) и Вятские Поляны), а также ввиду туристической привлекательности г.Вятские Поляны, дополнительно был исследован участок р. Вятка от г.Мамадыш до г.Вятские Поляны (23-102 км) и дана оценка возможности достижения на нем необходимых гарантированных габаритов судового хода для безопасного прохождения круизных судов.

Исследование возможности достижения гарантированных габаритов судового хода на Нижней Вятке

Река Вятка в нижнем течении находится в зоне частичного и полного подпора Куйбышевского водохранилища. Схема исследуемого участка р. Вятка с основными гидрологическими постами приведена на рис. 1. Для обоснования зоны подпора необходимо знать положение кривых свободной поверхности воды (СПВ) на выше- и нижерасположенных участках пути относительно исследуемого участка, принятого в границах гидростов Вятские Поляны и Соколки горы. Вышерасположенный участок – свободная река, нижерасположенный – верхний бьеф Куйбышевского

водохранилища. Кривые СПВ построены по высотным отметкам расчетных уровней: для участка на реке по отметкам проектного уровня, для участка на водохранилище – по отметкам низкого (МНУ) и высокого (НПУ) уровней.

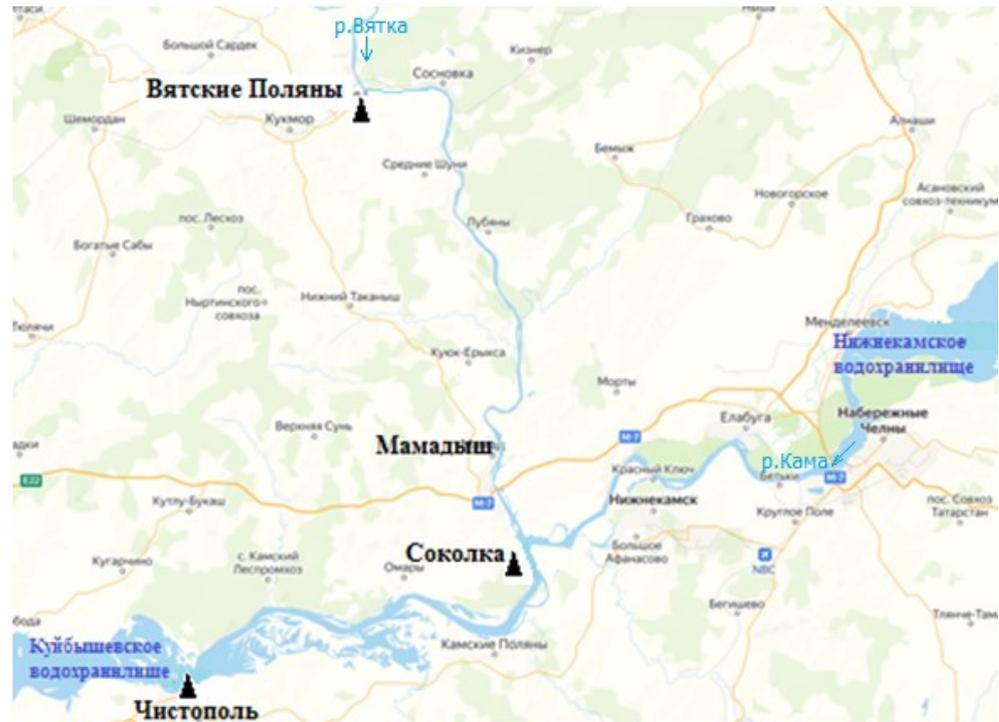


Рис. 1. Схема расположения основных гидрологических постов на исследуемом участке р. Вятка

На участке естественного русла кривая СПВ построена по отметкам проектного уровня на ближайших вышерасположенных гидрологических постах: Аркуль (278 км судового хода) и Вятские Поляны (102 км судового хода). По данным технических отчетов Вятского района водных путей и судоходства, карты р. Вятка и материалам ранее выполненных исследований [1] уклон свободной поверхности при 95 % обеспеченности уровней на указанном участке составляет 7,6 см/км.

На участке верхнего бьефа водохранилища между г/п Чистополь и г/п Соколка горы уклон СПВ при проектных уровнях на них составляет 0,69 см/км. Выклинивание постоянного подпора приходится на 46,8 км судового хода р. Вятка, а границей временного подпора водохранилища является 80-й км судового хода р. Вятка (рис. 2).

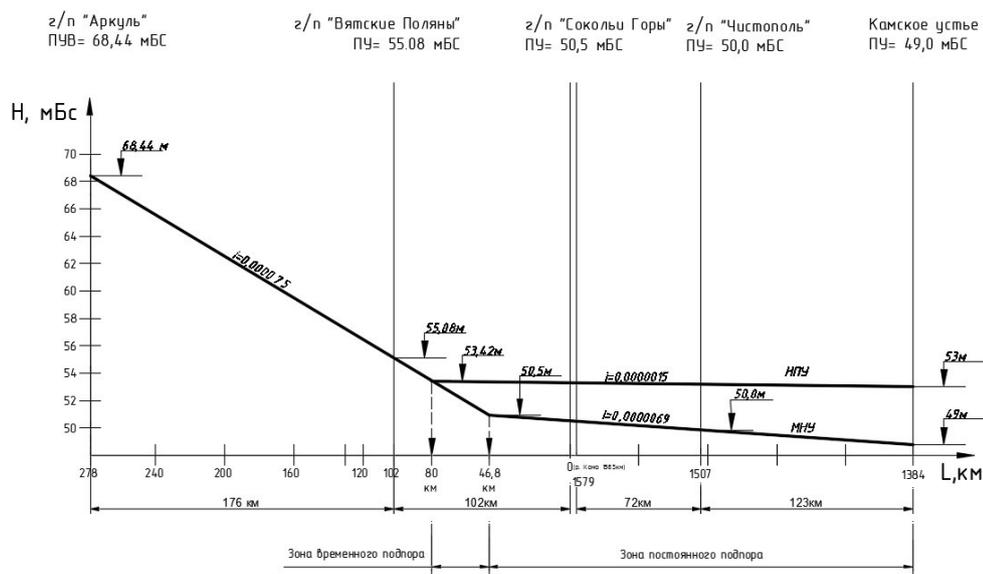


Рис. 2. Положение кривых СПВ для р. Вятка и р. Кама при расчетных уровнях воды и зоны выклинивания подпора Куйбышевского водохранилища

Подтверждением обоснованности выделенных зон подпора на Вятке служит соотношение минимальных и максимальных уровней воды по г/п Соколы горы, наблюдаемых за многолетний период (2001 – 2021 гг.) и уровней воды на устьевом участке при соблюдении гарантированной глубины. В качестве последней принята установленная в 1991 г. гарантированная глубина 1,35 м на участке длиной 62 км от устья до Гурьевки [2], а выше (до устья Кильмези – в нашем случае до Вятских Полян) – 1,2 м. В связи с поставленной целью выполняемой работы по оценке возможности достижения значительно больших гарантированных габаритов по глубине на участке для прохождения круизных судов, принята гарантированная глубина при естественных отметках дна, равная 1,35 м. Увеличенные значения гарантированной глубины могут достигаться с понижением отметок дна через дноуглубительные работы при создании судоходных прорезей на участке. Но для решения вопроса с параметрами судоходных прорезей и их влиянию на гидрологический режим реки необходим учет подпора со стороны Куйбышевского водохранилища. Построенная по абсолютным отметкам линия дна и ее верхнее положение с учетом принятой проектной глубины 1,35 м дает возможность определить зоны подпора Куйбышевского водохранилища на р. Вятка. Зона постоянного подпора определяется пересечением линии минимальных уровней воды за 21 год по г/п Соколы горы (р. Кама) и уровнем воды в географической точке по длине исследуемого участка р. Вятка с высотной отметкой дна, при которой минимальные уровни по г/п Соколы горы превышают расчетные уровни в искомой географической точке (т.е. участок до полученной точки находится в подпоре). Зона переменного подпора находится аналогично с использованием линии максимальных уровней воды за 21 год по г/п Соколы горы.

Отражение расчетных значений уровней показано на рис. 3, по которому зона подпора р. Вятка Куйбышевским водохранилищем простирается в навигацию от устья примерно до 48 км, зона временного подпора от 48 км до 80 км, а зона естественного состояния выше 80 км. В этой связи исследуемый участок Вятки от устья до г. Мамадыш и выше до 23 км в течение навигации находится в зоне постоянного подпора.

Материалы рис. 3 могут быть применены для разработки рекомендаций по эффективному использованию круизных судов разных проектов с разной осадкой по периодам навигации.

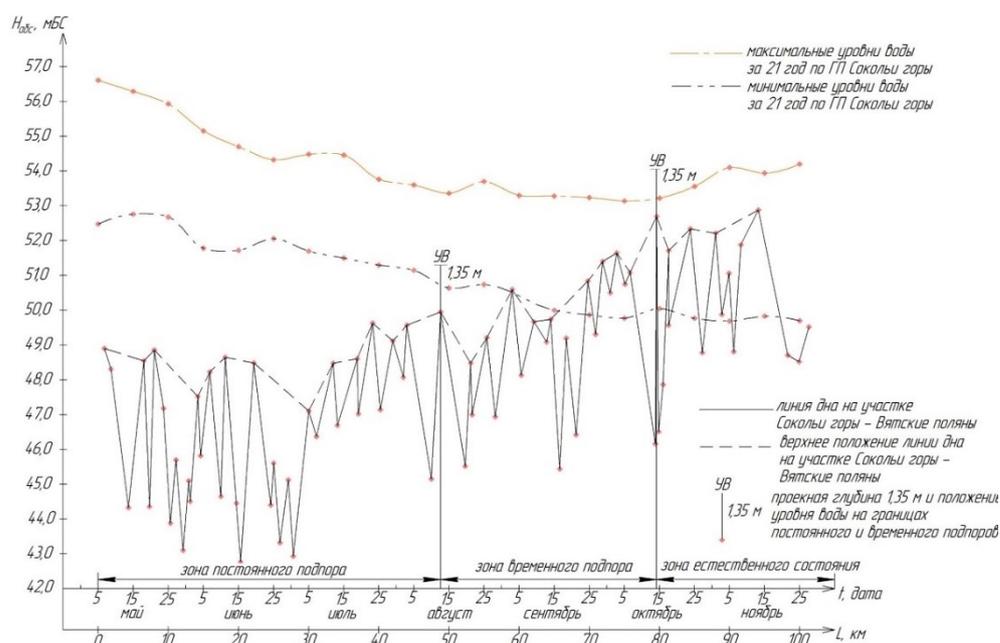


Рис. 3. Зоны подпора Куйбышевским водохранилищем р. Вятка от устья до гидропоста Вятские поляны (0 - 100 км)

Как известно, разработка выемок (дноуглубительных прорезей) в водохранилищах, а также в зонах постоянного подпора водохранилищ, практически не оказывает влияния на уровенный режим. Понижение уровней воды в районе проводимых дноуглубительных работ на подобных участках может наблюдаться локально, мгновенно (то есть непосредственно в момент дноуглубления), быстро восстанавливаясь и не распространяясь на прилегающие участки.

Иная ситуация складывается на участке, который охватывает зону переменного подпора (до 80-го км) и выше его, где река находится в свободном состоянии. Оценка уровенного режима на рассматриваемом участке р. Вятка под влиянием планируемых дноуглубительных работ при неблагоприятных условиях и сработавшем Куйбышевском водохранилище показала, что зона выклинивания кривой свободной поверхности воды водохранилища будет наблюдаться в районе 46,8 км.

Для того, чтобы максимально учесть возможные негативные последствия от дноуглубительных работ, дополнительно был включен участок на 40-46 км с двумя перекатами на нем. Эти перекаты, являясь лимитирующими для судоходства, потребуют проведения дноуглубления и поскольку их расположение близко к зоне выклинивания кривой подпора Куйбышевского водохранилища, то они могут оказать влияние на уровенный режим вышерасположенного участка р. Вятка.

Оценка влияния уровенного режима на глубины пути рассмотрена в ряде работ [3,8,9, 11,12]. Кроме того, глубина на свободной реке зависит от гидравлических возможностей, определяемых достижением гидравлически допустимой глубины (ГДГ) [4,6,7], а также посадкой уровней воды при производстве дноуглубительных работ.

Произведены гидравлические расчеты возможной посадки уровня воды по разработанной во ВГАВТ программе для рассматриваемого участка (40-102 км) при устройстве дноуглубительной прорези и прохождении расчетного расхода воды [3,9,10]. Их обобщенные результаты для семи вариантов организации дноуглубительных работ при глубине разработки от 1,2 м до 3,43 м представлены в сводной табл. 1.

Таблица 1

Сводная таблица по результатам расчетов посадки уровня воды на исследуемом участке р. Вятка (40-102 км)

Глубина разработки, м	Максимальная посадка уровня воды Δh_{\max} , см	Километраж
1,2	1,60	79,9
1,35	3,30	
1,6	6,47	
1,85	11,78	89,15
2,8	57,59	98,01
3,2	84,54	101,86
3,43	96,52	

Динамика изменения величины посадки уровня воды в зависимости от глубины разработки показана на рис. 4.

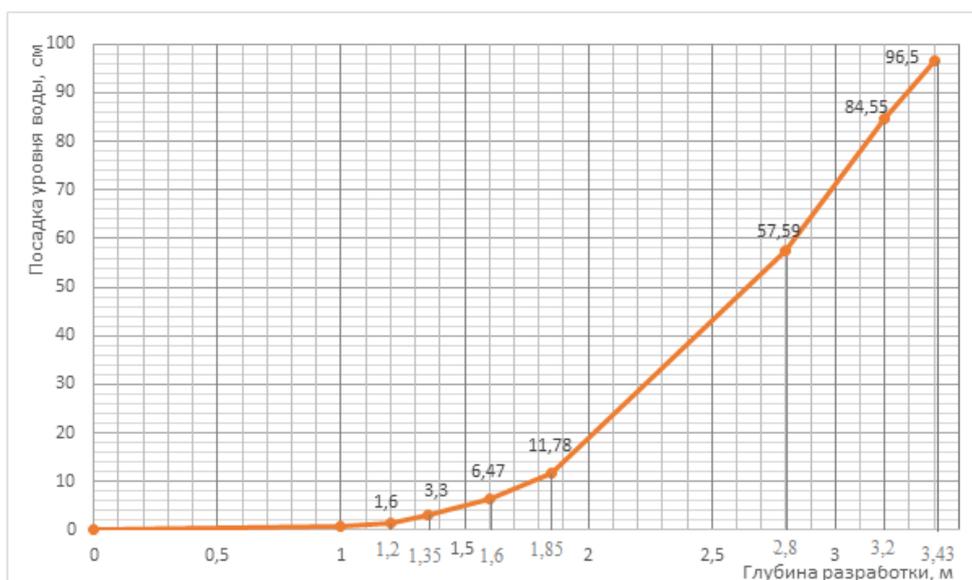


Рис. 4. Зависимость посадки уровня воды от глубины разработки на исследуемом участке р. Вятка (40-102 км)

Результаты исследований и выводы

Таким образом, при разработке дноуглубительных прорезей на глубину не более 1,6 м на исследуемом участке р. Вятка доля посадки уровня воды от глубины разработки не превысит 4%. При этом максимальное понижение уровня воды прогнозируется в районе 80 км.

При глубине разработки 1,85 м доля посадки уровня воды составит порядка 6,4%, а зона максимального понижения уровня воды смещается на 10 км выше по течению (в районе 89,15 км).

При глубине разработки 2,8 м и более темпы прироста величины посадки уровня воды резко увеличиваются, ее доля составляет уже более 20% от разрабатываемой глубины. Максимальное снижение уровней воды прогнозируется в районе г/п Вятские Поляны, что свидетельствует о ее распространении на вышерасположенный участок р. Вятка.

Таким образом, применительно к участку до г. Мамадыш (0 – 23 км) имеется возможность установления и поддержания необходимых гарантированных габаритов пути, в том числе по глубине, для прохождения судов с осадкой до 2,9 м, поскольку разработка дноуглубительных прорезей практически не окажет влияния на уровенный режим реки. Проблема может заключаться в экономической нецелесообразности проведения большого объема дноуглубления. По укрупненным расчетам объем выемки грунта на участке для прохождения круизных судов с большой осадкой (пр. 302) потребует извлечения ≈ 300 тыс. м³ грунта с затратами на путевые работы ≈ 59 млн. руб, что превышает объем финансирования всего Вятского РВПиС в 2022 г. в 1,5 раза.

Вышерасположенный участок, находящийся вне подпора Куйбышевского водохранилища (46,8 км – 102 км) по своим гидравлическим особенностям не обеспечивает разумной возможности установления гарантированных габаритов пути по всем рекомендованным Заказчиком вариантам. С определенным приближением к такой возможности можно рассматривать вариант с глубиной 1,6 м, но и он должен быть скорректирован в сторону увеличения до гарантированной глубины 1,71 м в связи с незначительной посадкой уровня воды. При такой гарантированной глубине из рассмотренных проектов пассажирских судов возможно их безопасное прохождение с осадкой 1,4 м (пр. 305). В дальнейшем при достижении и превышении гидравлически допустимой глубины в 2,1 м начинается резкое увеличение посадки уровня воды, связанное с разработкой прорезей на необходимую глубину и извлечением большого объема грунта из них.

Так, величина посадки уровня возрастает с 58 см при разработке судоходных прорезей на глубину 2,8 м до 84 см при глубине 3,2 м. При этом минимальная достигаемая глубина прогнозируется в районе 98-101 км судового хода в районе г. Вятские Поляны и гарантированная глубина более, чем на 20 перекатах с учетом посадки уровня воды не будет выдерживаться. Это свидетельствует о том, что разработка дноуглубительных прорезей на гарантированную глубину, превышающую 2 м, не является целесообразной ввиду значительной посадки уровня воды и, как следствие, невозможности поддержания заданных гарантированных габаритов.

Для достижения гарантированных габаритов 2,8 м и более необходимо разрабатывать судоходные прорези на глубину, выходящую за пределы расчетных значений (может быть 4 м и выше). Однако это опять же связано с большими экономическими затратами.

Заключение и рекомендации

На основании полученных результатов и выводов по созданию условий развития пассажирского туризма на Нижней Вятке могут быть даны следующие рекомендации:

На современном этапе рекомендуется остановиться на возможности поддержания гарантированных габаритов пути на участке устье – г. Мамадыш и несколько выше (0 – 23 км). Следует принять решение по установлению гарантированных габаритов по глубине на этом участке в зависимости от планируемых к использованию проектов круизных судов и результатов экономических обоснований.

Участок выше 46,8 км при принятии решения об установлении гарантированных глубин на нем подготавливать поэтапно с последовательной разработкой судоходных прорезей и их углублению по годам для адаптации русла к новым условиям. Принимать решения об установлении гарантированных габаритов опять же с учетом экономической целесообразности.

Список литературы

1. Техничко-экономическое обоснование улучшения судоходных условий на реке вятка от Кирова до устья/ Управление внутреннего водного транспорта Росморречфлота / М., 2021 г.

2. Карта реки Вятка от города Киров до устья, изд. 1993 г. (с корректурой на 22.02.2022г.).
3. Ситнов, А.Н. Уровненный режим верхней Камы и оценка возможности установления навигационных гарантированных глубин на участке с. Бондюг – пгт. Тюлькино //Транспорт. Горизонты развития. 2022: Материалы международного научно-практического форума. ФГБОУ ВО «ВГУВТ» / А.Н. Ситнов, М.В. Шестова, Н.В. Кочкурова. – 2022. – URL: http://vf-река-море.рф/2022/6_16.pdf. и др.
4. Гришанин, К.В. Водные пути / К.В. Гришанин, В.В. Дегтярев, В.М.Селезнев. – М.: Транспорт, 1986. – 400 с.
5. Руководство по изысканиям и анализу руслового процесса на затруднительных участках свободных рек / Главное управление водных путей и гидротехнических сооружений Минречфлота РСФСР. – М.: Транспорт, 1981. – 36 с.
6. Чернышов Ф.М. Пути повышения эффективности дноуглубительных и выправительных работ на судоходных реках.// Труды гидротехники, вып. XXVIII./ Ф.М. Чернышов – Новосибирск, 1968. – С. 122–142.
7. Руководство по улучшению судоходных условий на свободных реках.// С. Петербург, 1992. – 312 с.
8. Фролов Р.Д. Отчет по НИР «Обоснование увеличения глубины судового хода р. Волги на участке Н. Новгород - Балахна» №214291. / Р.Д. Фролов. – Н. Новгород.: ВГАВТ, 2001. – 96 с.
9. Руководство по методам расчета планирования и оценки эффективности путевых работ на свободных реках.// М.: Транспорт, 1978. – 104 с.
10. Гришанин К.В. Основы динамики русловых потоков. – М.: Транспорт, 1990. 319 с.
11. Воронина, Ю.Е. Оценка проблемных участков плотовых перевозок на Верхней Каме от с. Бондюг до г.Соликамск, вызванных русловыми деформациями, и пути их устранения // Научные проблемы водного транспорта №73 (4) – 2022 / Ю.Е. Воронина Ю.Е., М.В. Молчанова. – 2022, с.243.
12. Шестова, М.В. Обоснование гидравлической возможности установления гарантированных габаритов в судового хода на участке р.Кама от с.Бондюг до пгт.. Керчевский // Научные проблемы водного транспорта №72(3) – 2022 / М.В. Шестова, М.А. Решетников. – 2022, с.240.

References

1. Feasibility study for improving navigation conditions on the Vyatka River from Kirov to the mouth / Inland Water Transport Department of Rosmorrechflot / M., 2021
2. Map of the Vyatka River from the city of Kirov to the mouth, ed. 1993 (with corrections as of February 22, 2022).
3. Sitnov, A.N. The level regime of the upper Kama and the assessment of the possibility of establishing navigational guaranteed depths in the area with. Bondyug - town. Tyulkino //Transport. Horizons of development. 2022: Materials of the international scientific and practical forum. FGBOU VO "VGUVT" / A.N. Sitnov, M.V. Shestova, N.V. Kochkurova. – 2022. – URL: http://vf-river-more.rf/2022/6_16.pdf. and etc.
4. Grishanin, K.V. Waterways / K.V. Grishanin, V.V. Degtyarev, V.M. Seleznev. - M.: Transport, 1986. - 400 p.
5. Guidance on surveys and analysis of the channel process in difficult sections of free rivers / Main Directorate of Waterways and Hydraulic Structures of the Minrichflot of the RSFSR. - M.: Transport, 1981. - 36 p.
6. Chernyshov F.M. Ways to improve the efficiency of dredging and straightening operations on navigable rivers.//Proceedings of hydraulic engineering, no. XXVIII./ F.M. Chernyshov - Novosibirsk, 1968. - S. 122-142.
7. Guidelines for improving navigation conditions on free rivers.// St. Petersburg, 1992.- 312 p.
8. Frolov R.D. Research report «Justification for increasing the depth of the navigation channel of the river. Volga on the section N. Novgorod - Balakhna "No. 214291. / R.D. Frolov. - N. Novgorod .: VГАVТ, 2001. - 96 p.
9. Guide to methods for calculating planning and evaluating the effectiveness of track work on free rivers. // M .: Transport, 1978. - 104 p.
10. Grishanin K.V. Fundamentals of channel flow dynamics. – М.: Транспорт, 1990. 319 p.

11. Voronina Yu.E. Assessment of problematic areas of raft transportation on the Upper Kama from the village. Bondyug to Solikamsk, caused by channel deformations, and ways to eliminate them // Scientific problems of water transport No73 (4) - 2022 / Yu.E. Voronina Yu.E., M.V. Molchanov. – 2022, p.243.
12. Shestova, M.V. Substantiation of the hydraulic possibility of establishing guaranteed dimensions in the ship's passage on the section of the Kama River from the village of Bondyug to the village of Kerchevsky // Scientific problems of water transport No. 72 (3) - 2022 / M.V. Shestova, M.A. Reshetnikov. – 2022, p.240.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ситнов Александр Николаевич профессор, д.т.н., зав. кафедрой водных путей и гидротехнических сооружений Волжский государственный университет водного транспорта, 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: stnv1952@rambler.ru

Aleksandr N. Sitnov, professor, doctor of technical sciences, head of the Department of waterways and hydraulic structures, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Воронина Юлия Евгеньевна доцент к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидросооружений, Волжский государственный университет водного транспорта, 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: yulez@yandex.ru

Yulia E. Voronina, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of waterways and hydraulic structures, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Шестова Марина Вадимовна доцент к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидросооружений, Волжский государственный университет водного транспорта, 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: shestowam@yandex.ru

Marina V. Shestova Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of waterways and hydraulic structures, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 27.06.2023; опубликована онлайн 20.09.2023.
Received 27.06.2023; published online 20.09.2023.