

УДК 626/627

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЛЕСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИЗКОНАПОРНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ВЕРХНЕЙ КАМЕ

Матюгин Михаил Александрович¹, к.т.н., доцент кафедры ВПиГС

e-mail: mihasun10@yandex.ru

Куроедов Александр Николаевич¹, магистрант

e-mail: slark228-777@yandex.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В статье рассматривается возможность повышения надежности транспортировки леса в плотях на участке Бондюг–Керчевский на Верхней Каме за счет применения каскада низконапорных гидротехнических сооружений. Показано, что естественные судоходные условия ограничены коротким периодом весеннего половодья, а дноуглубительные мероприятия не обеспечивают необходимого продления навигации. Предложена схема гидроузла водно-транспортного назначения с одноплечным шлюзом, глухой земляной плотиной и плотиной Пуаре. Приведены основные параметры судопропуска, ориентировочные строительные объемы и ожидаемый транспортный эффект от поддержания гарантированной глубины 1,5 м.

Ключевые слова: Верхняя Кама, лесосплав, низконапорный гидроузел, судоходный шлюз, плотина Пуаре, гарантированная глубина, внутренние водные пути.

STUDY OF THE POSSIBILITY OF TIMBER TRANSPORTATION USING LOW- HEAD HYDRAULIC STRUCTURES ON THE UPPER KAMA

Mikhail A. Matyugin¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Waterways and Hydraulic Structures

e-mail: mihasun10@yandex.ru

Alexander N. Kuroedov¹, Master's Degree Student

e-mail: slark228-777@yandex.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article considers the possibility of improving timber raft transportation on the Bondyug–Kerchovsky reach of the Upper Kama by means of a cascade of low-head hydraulic structures. It is shown that natural navigation conditions are limited to a short spring flood period, while dredging measures do not provide the required extension of navigation. A water-transport hydraulic complex with a single-lane navigation lock, an earth dam and a Poiree-type movable dam is proposed. The paper presents the main lockage parameters, approximate construction quantities and the expected transport effect from maintaining a guaranteed depth of 1.5 m.

Keywords: Upper Kama, timber rafting, low-head hydraulic complex, navigation lock, Poiree dam, guaranteed depth, inland waterways.

Основное хозяйственное значение участка Бондюг–Керчевский, расположенного на реке Каме (рисунок 1), связано с транспортировкой леса в плотах к главным потребителям сырья – АО «Соликамскбумпром» и деревообрабатывающему заводу «Красный Октябрь».



Рисунок 1 – Ситуационный план

На большей части исследуемого участка нет установленных и поддерживаемых габаритов судового хода. Судосходные условия доступны только в полноводный весенний период, когда естественный подъем уровня воды временно формирует глубины, достаточные для прохождения плотов, и навигация длится около 23 дней. В этот краткий период на участке концентрируется большое количество буксирного флота для вывода плотов. Количественно-качественный состав флота для региона также накладывает свои ограничения.

После спада высокой воды транспортные условия резко ухудшаются: русло мелеет, отдельные участки становятся труднопроходимыми, а организованный вывоз древесины фактически прекращается. Из-за кратковременности периода большой воды значительная часть плотов не успевает пройти лимитирующий участок и остается в местах локации плотбищ. Часть деревянных плотов так и не сдвигается с места, постепенно разрушается и разлагается естественным путем, что приводит не только к потерям лесоматериалов, но и к ухудшению состояния самого русла. В меженный период вывоз оставшейся древесины невозможен, поскольку естественная водность не обеспечивает глубины, достаточные для ее транспортировки.

По результатам выполненного научными сотрудниками кафедры ВП и ГС ФГБОУ ВО «ВГУВТ» исследования в 2021 г. [1] для водного пути Бондюг–Соликамск был предложен комплекс мероприятий, направленных на увеличение глубины и обеспечение гарантированных габаритов судового хода. Полученные результаты убедительно доказали, что за счет выполнения комплекса взаимосвязанных путевых работ (в том числе капитальных) можно достигнуть увеличения глубин до 1,3 м и продление эксплуатационного периода до 50 суток. Важно подчеркнуть, что грунт, добываемый при дноуглубительных работах, сильно загрязнен топляком (рисунок 2). Это существенно увеличивает трудоемкость землечерпания.



Рисунок 2 – Топляк на Верхней Каме

В работе предлагается для участка Бондюг–Керчевский рассмотреть более кардинальное решение – строительство каскада низконапорных гидроузлов в пределах существующего судового хода, позволяющее обеспечить судоходные глубины на протяжении всей навигации.

С этой целью были определены места расположения створов, которые отличаются сравнительно устойчивым положением, благоприятным характером течения и отсутствием выраженных деформационных процессов, а также удобны с точки зрения организации и технологии возведения гидротехнических сооружений. В ходе проектной проработки были рассмотрены варианты напора в 1, 2 и 3 м. Наиболее целесообразным принят вариант с двумя гидроузлами и напором в 3,0 м (рисунок 3) - низкий напор позволяет образованному водохранилищу оставаться в естественных пределах русла реки, так как расчетные подпорные отметки не превышают уровней естественного половодья. При таком решении обеспечивается гарантированная глубина 1,5 м [2], достаточная для регулярной проводки леса в плотях, при этом судовый ход сохраняется в существующем положении и не требует переноса.

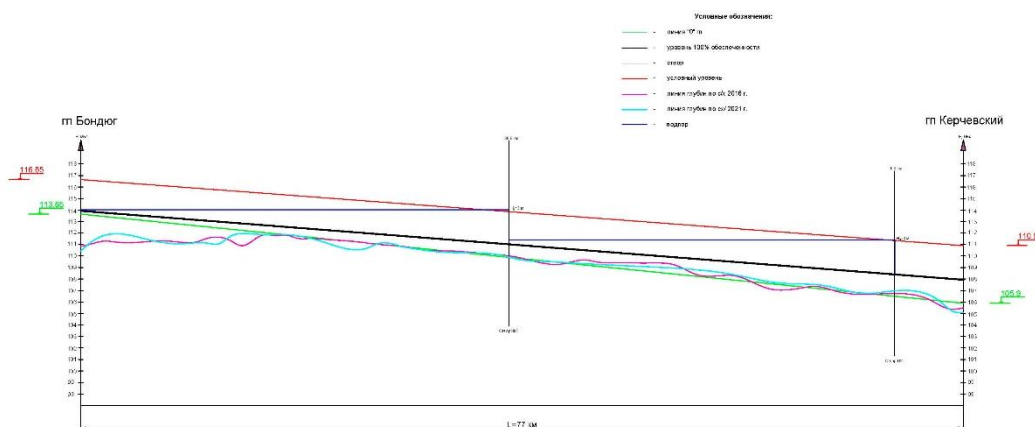


Рисунок 3 – Поперечный профиль участка Бондюг – Керчевский р. В. Кама с расположением створов низконапорных сооружений

Проектируемый низконапорный гидроузел относится к сооружениям водно-транспортного назначения.

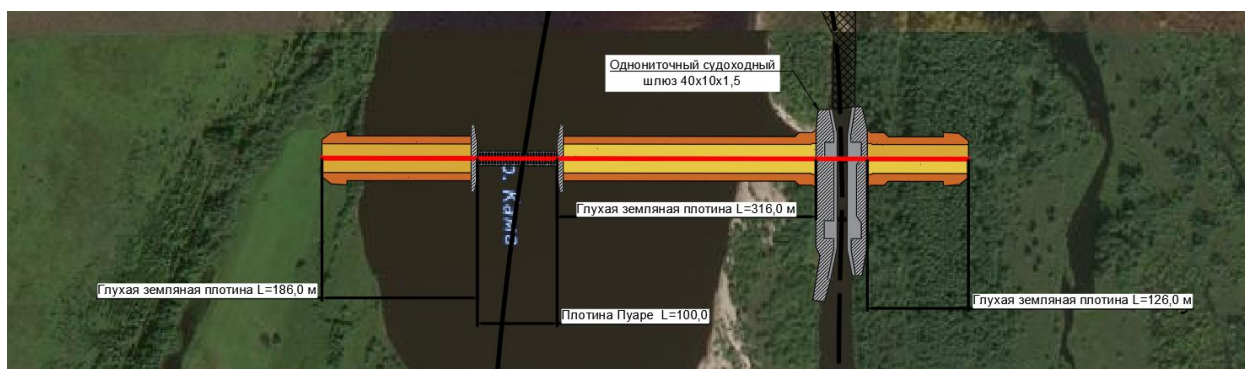


Рисунок 4 – Компоновка проектируемого низконапорного гидроузла

Компоновка включает однониточный судоходный шлюз с головной системой питания, глухую земляную плотину и водосливную плотину системы Пуаре [3]. Компонировка сооружений по створу принята в следующем порядке: от левого берега располагается однониточный шлюз головной системы, далее следует участок глухой земляной плотины, в пределах судового хода размещается плотина Пуаре, после которой напорный фронт продолжается правобережным участком глухой земляной плотины (рисунок 4). Плотина Пуаре занимает судовый ход и примыкает с обеих сторон к грунтовой плотине, тогда как шлюз расположен у левого берега и входит в состав единого водоподпорного комплекса. Глухая земляная плотина выполняется как насыпное сооружение из песчаного грунта и имеет противифльтрационный элемент, сформированный из ряжевой конструкции с заполнением местного грунта с применением геосинтетического материала (рисунки 5, 6). Такое решение позволяет уменьшить фильтрационные потери, повысить устойчивость тела плотины и максимально использовать местные строительные ресурсы. В период эксплуатации при понижении уровней воды плотина Пуаре переводится в рабочее положение (рисунок 7) и создает подпор, необходимый для поддержания гарантированной глубины на судовом ходе. В половодье и зимой плотина Пуаре находится в нерабочем положении, вследствие чего основной поток воды проходит через открытую русловую часть, а шлюз дополнительно участвует в пропуске расходов воды.

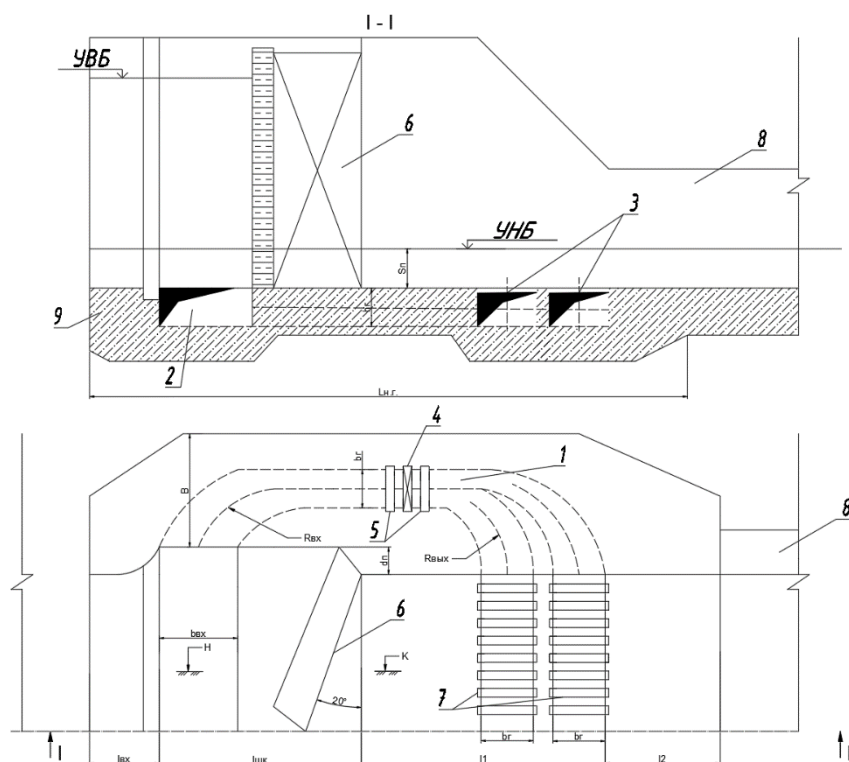


Рисунок 9 – Схема нижней головы с опорожнением через короткие обходные галереи:
 1 – обходная галерея; 2 – входное отверстие; 3 – выходные отверстия; 4 – рабочий затвор галереи; 5 – пазы аварийно-ремонтных затворов галереи; 6 – двухстворчатые рабочие ворота; 7 – балки гашения энергии; 8 – нижняя пала; 9 – днище камеры шлюза

Организация судопропуска при такой компоновке строится по управляемой технологической схеме [4]. Секция плота из верхнего бьефа подается к камере шлюза и заводится внутрь с помощью тяговых лебедок, установленных у верхней головы. После размещения плота в камере закрываются верхние ворота, выполняется шлюзование, затем открываются нижние ворота и секция выводится в нижний бьеф толкачом. С учетом полезных размеров камеры шлюза 40х10 м и глубины на пороге 1,5 м примерные габариты одной секции деревянного плота могут быть приняты равными 38,0х9,0 м при расчетной осадке 1,2 м. За навигационный сезон работа одностороннего шлюза принимается в течение 120 суток: основная часть сезона составляет 90 суток по 12 часов в день, а завершающий период — 30 суток по 10 часов в день. При продолжительности одного шлюзования 30 минут расчетно через шлюз может быть пропущено 2760 плотовых секций, а с учетом коэффициента использования рабочего времени 0,85 — 2346 секций за сезон. При принятом объеме древесины в одной плотовой секции 650 м³ расчетный сезонный грузооборот составляет 1 794 000 м³, а эксплуатационный сезонный грузооборот с учетом потерь рабочего времени — 1 524 900 м³. В период активной работы шлюза численность персонала принимается 12 человек, так как необходимо одновременно обеспечивать управление шлюзом, контроль положения плота, работу с тяговыми устройствами и наблюдение за состоянием сооружений. В межнавигационный период, когда шлюзование не выполняется, достаточно 6 человек, а при сложной гидрологической обстановке или повышенной интенсивности пропуска состав может увеличиваться до 14 человек.

Строительство гидроузла предусматривается вести в 3 этапа со сроком реализации 3 года.

Подготовительный этап — устройство подъездных дорог АД1 и АД2, формирование строительного городка, складов, площадки укрупненной сборки металлоконструкций,

стоянки техники, временных сетей, разбивка створа и подготовка площадок на обоих берегах.

На первом этапе выполняют работы в береговой зоне: в левобережной части устраивают временные перемычки, разрабатывают котлован и возводят односторонний шлюз; одновременно отсыпают примыкающий участок глухой земляной плотины и правобережную часть плотины до границы руслового участка, а также разрабатывают подходный канал к шлюзу.

На втором этапе, после прохождения половодья, завершают формирование напорного фронта: достраивают оставшиеся участки глухой земляной плотины, выполняют сопряжения и работы в русловой зоне, подготавливают основание под плотину Пуаре и устраивают флотбет.

На третьем этапе монтируют плотину Пуаре, устанавливают оборудование шлюза, выполняют окончательное крепление откосов и берегоукрепительные работы, после чего проводят испытания, пробное наполнение и вводят гидроузел в эксплуатацию.

В материальном выражении строительные объемы одного гидроузла по вариантам напора составляют: песчаный грунт в теле глухой земляной плотины — от 56 985 до 102 921 м³, местный грунт в противофильтрационном элементе — от 5 220 до 8 282 м³, геосинтетический материал — от 7 000 до 9 800 м², древесина на ряжевую конструкцию — от 120 до 170 м³. Суммарный объем бетона по глухой плотине, шлюзу, флотбету и сопрягающим конструкциям составляет от 5 861 до 8 372 м³, расход арматурной стали — от 220 до 280 т, масса металлоконструкций плотины с фермами — от 85 до 120 т. Объем каменной наброски и дренирующих элементов составляет от 3 950 до 5 150 м³. Для временных перемычек и технологических насыпей дополнительно требуется порядка 18–25 тыс. м³ грунта. Отдельно по внеплощадочным и вспомогательным сооружениям следует учитывать разработку грунта в подходном канале шлюза в объеме 6 500 м³, крепление его откосов на площади 3 800 м², а также устройство проектируемых дорог АД1 и АД2 общей протяженностью 2,84 км с суммарной площадью дорожной одежды 17 040 м² и объемом земляного полотна 11 360 м³.

В ценах 2026 года строительство одного низконапорного гидроузла обойдется примерно в 1,6 млрд руб., а, соответственно, каскада из двух гидроузлов — около 3,2 млрд руб. Основные капитальные вложения при этом приходятся на земляные и бетонные работы, устройство временных перемычек, изготовление и монтаж металлоконструкций, водоотлив и механическое оборудование шлюза. Последующие эксплуатационные расходы связаны с содержанием грунтовой плотины, обслуживанием шлюза, лебедок, ворот, откосов и узлов сопряжения. Экономическая заинтересованность в реализации проекта в наибольшей степени относится к главным грузообразующим потребителям — заводу «Красный Октябрь» и АО «Соликамскбумпром», поскольку именно они получают основной эффект от увеличения продолжительности транспортного периода, повышения надежности поставок и снижения потерь древесины в пределах акватории.

Для участка Бондюг–Керчевский строительство каскада низконапорных гидроузлов предлагается рассматривать, как одно из решений проблемы короткого навигационного периода судоходства. Принятый вариант с напором 3,0 м обеспечивает глубину 1,5 м при регулировании участка всего двумя гидроузлами, позволяет сохранить существующее положение судового хода, организовать регулируемый судопропуск через односторонний шлюз и довести возможный объем перевозок до 1,794 млн м³ древесины за 120 суток дополнительного расчетного периода. Общая стоимость инвестиций составит 3,2 млрд руб. В качестве инвесторов планируется привлечь ООО «Красный Октябрь» и АО «Соликамскбумпром».



Список литературы:

1. Воронина Ю. Е., Молчанова М. В. 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. – 2022. – № 73(4). – С. 243–254. – DOI: 10.37890/jwt.vi73.317.
2. СП 58.13330.2019. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003. – Москва: Минстрой России, 2019.
3. СП 101.13330.2012. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.07-87. – Москва: Минрегион России, 2012.
4. Правила плавания судов по внутренним водным путям Российской Федерации: приказ Минтранса России от 19.01.2018 № 19. – URL: <https://rostransnadzor.gov.ru/documents/categories/80/document/3831> (дата обращения: 12.05.2026).

