

УДК 656.6

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА КАМЕРЫ ШЛЮЗА №15А НА  
ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ГОРОДЕЦКИХ ШЛЮЗОВ №15 – 16****Ковалев Данил Алексеевич<sup>1</sup>**, магистрант*e-mail:* [kovalev.dankov@yandex.ru](mailto:kovalev.dankov@yandex.ru)<sup>1</sup> Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

**Аннотация.** В статье на примере Городецких шлюзов №15а – 15, 16 рассмотрена методика определения их пропускной способности с учетом эксплуатационных факторов работы шлюзов. Опираясь на разработанную методику расчета дан прогноз пропускной способности системы в разных вариантах ее эксплуатации.

**Ключевые слова:** пропускная способность шлюзов, эксплуатационные показатели работы шлюзов.

**ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF CONSTRUCTION OF THE CHAMBER OF  
LOCK №15A ON THE CAPACITY OF GORODETSKY LOCKES №15-16****Kovalev Danil Alekseevich<sup>1</sup>**, Master's Degree Student*e-mail:* [kovalev.dankov@yandex.ru](mailto:kovalev.dankov@yandex.ru)<sup>1</sup> Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

**Abstract.** In the article, using the example of Gorodetsky locks No. 15a-15,16, the methodology for determining their capacity is considered, considering the operational factors of the gateways. Based on the developed calculation methodology, a forecast of the system's throughput in different variants of its operation is given.

**Keywords:** the capacity of shipping locks, the operational performance of shipping locks.

**Введение**

В связи с необходимостью развития перевозок водным транспортом, в том числе по системе МТК «Север-Юг», потенциал его в Европейской части страны должен использоваться в полной мере. Для его реализации необходимо подготовить инфраструктуру и снять имеющиеся ограничения. В нашем регионе проблемным является участок нижнего бьефа Нижегородской ГЭС, поэтому было принято решение [1], о реконструкции Городецких шлюзов №15-16 с целью повышения пропускной способности до 23 млн.т [2], связанной с строительством дополнительной камеры №15А и создание судоходного канала от г. Городец до г. Н. Новгород. Цель статьи обосновать предложенный метод расчета пропускной способности и дать прогноз результатов работы шлюзованной системы.

## Методические подходы и результаты расчета пропускной способности Городецких шлюзов №15А – 15, №16 с учетом эксплуатационных факторов их работы

Принципиальным отличием предлагаемой методики расчета пропускной способности шлюзов является привязка ее к базовому судопотоку. На основе его анализа выделяется число пропущенных через шлюзованную систему грузовых и пассажирских судов, определяется их средняя загруженность и доля проходящих судов по месяцам от их общего числа за навигацию. По наиболее загруженному месяцу рассчитывается среднесуточное число судов с учетом их распределения по видам флота (грузовые самоходные и составы, пассажирские, вспомогательный флот и др.). Далее на основании произведенного распределения рассчитываются навигационные показатели работы шлюза и обобщенные показатели работы флота (грузооборот, пассажирооборот).

Для рассматриваемых шлюзов №15 – 16 за базовый принимался судопоток 2021 г. По данным Городецкого района гидротехнических сооружений и судоходства за год пропущено пассажирских 1178 судов со средней загруженностью 95 чел/судо-сут и суммарным навигационным пассажирооборотом 112,38 тыс.чел, грузовых 2193 судов и составов (886 из которых грузовые составы со средней загруженностью 1929 т/судо-сут, 439 наливные суда и составы со средней загруженностью 4007 т/судо-сут, 868 самоходных грузовых судна со средней загруженностью 2379 т/судо-сут.), а общий навигационный грузооборот шлюзованной системы составил 5531,539 тыс.т.

Как указано выше, в работе пропускную способность системы предложено рассчитывать на основе анализа базового судопотока с учетом средних параметров по загруженности судов, долям распределения судопотока по видам флота, загруженности камер шлюзов, их использованию по времени и др. факторам.

С учетом осредненных параметров пропускная способность системы предложенным аналитическим методом составила 5611,112 тыс.т., а пассажирооборот 115,376 тыс.т., что по сравнению с фактом 2021 г. (соответственно грузооборот 5531,539 тыс.т., пассажирооборот 112,38 тыс.чел.) имеет отклонения (погрешность) 1,49% (по грузообороту) и 2,59% (по пассажирообороту). Это дает основание для использования методики в расчете пропускной способности системы при осуществлении ее реконструкции.

Для анализа и возможности прогнозирования пропускной способности системы необходимо учесть эксплуатационные факторы работы шлюзов и установить их связь с внешними условиями, в первую очередь, с количеством грузо- и пассажиропотока.

Основным эксплуатационным фактором, влияющим на эффективную работу шлюзованной системы, является использование шлюзов по времени. Для этого в базовом судопотоке выделили наиболее загруженный месяц (август) со среднесуточным пропуском 10 пассажирских и 13 грузовых судов и составов. В условиях реконструированной шлюзованной системы рассчитаны затраты времени на шлюзование судов (составов) через существующий шлюза №16 и сдвоенные камеры №15А – 15. Время определено с учетом технологии пропуска судов через шлюзы [3, 4] и отличается практически в два раза. Поэтому нитка шлюзов №15А – 15, где порог шлюза №15А понижен на 4 м. по сравнению с порогами на шлюзах №15 и №16, имеет возможность пропуска судов на любой осадке в течение всех суток (что увеличивает ее пропускную способность), но в то же время ее уменьшает из-за возросшего времени на шлюзование сдвоенной камеры. Шлюз №16 имеет ограничение пропускной способности из-за меняющихся глубин на пороге в течение суток при разных расходах воды через Нижегородскую ГЭС и соответственно, не пропускает суда на большей осадке значительную часть суток. Эти особенности должны быть учтены в расчетах эксплуатационной пропускной способности системы, что в проектных расчетах не отражено [2, 5].



В отличие от эксплуатационной техническая пропускная способность определяется при максимальном времени работы шлюза в сутки, равномерном подходе флота по времени и направлению [6], когда система шлюзов №15А – 15, №16 по расчету в сутки может пропустить 46 судов и составов. Принимая работу шлюзов 23 часа в сутки, максимальный коэффициент использования может составить 0,958. При суммарном среднесуточном пропуске 23 судов через систему шлюзов №15 – 16 коэффициент использования шлюзов по времени составит 0,479.

На основе анализа базового судопотока определена зависимость коэффициента использования системы шлюзов по времени от пропущенного грузо- ( $\lambda_{\text{груз}}$ ) и пассажирооборота ( $\lambda_{\text{пас}}$ ) путем установления корреляционно-регрессионной связи между исследуемыми факторами. По результатам получены уравнения регрессии:

$$\lambda_{\text{груз}} = 2,0 \cdot 10^{-7} \cdot Q + 0,0275 \quad (1)$$

$$\lambda_{\text{пас}} = 7,0 \cdot 10^{-6} \cdot C + 0,0099 \quad (2)$$

где  $Q$  – месячный грузооборот, т;

$C$  – месячный пассажирооборот, чел.

Существенным фактором, влияющим на пропускную способность шлюзов №15А – 15, №16, является режим работы Нижегородской ГЭС, осуществляющей суточное регулирование стока, от которого зависит уровень воды нижнего бьефа. Оценкой этого фактора служит проходная осадка судов на порогах камер шлюзов. Анализ производился по результатам исследований суточных расходов Нижегородской ГЭС [7, 8]. Нами была установлена проходная осадка судов во времени для камер шлюзов при отметке порога камеры №15а – 60,0 мБс, камеры №16 – 64,0 мБс (таблица 1).

Таблица 1

**Распределение проходной осадки судов через камеры шлюзов по месяцам навигации и периодам суток**

Месяц	Камера					
	№15а – 15			№16		
	Утренний (0:00-7:00)	Дневной (8:00-17:00)	Вечерний (18:00-24:00)	Утренний (0:00-7:00)	Дневной (8:00-17:00)	Вечерний (18:00-24:00)
1	2	3	4	5	6	7
Май	0 ÷ 3,75	0 ÷ 3,75	0 ÷ 3,75	0 ÷ 3,75	0 ÷ 3,75	0 ÷ 3,75
Июнь	0 ÷ 3,75	0 ÷ 3,75	0 ÷ 3,75	0 ÷ 1,89	0 ÷ 3,75	0 ÷ 3,75
Июль	0 ÷ 3,75	0 ÷ 3,75	0 ÷ 3,75	0 ÷ 2,37	0 ÷ 3,75	0 ÷ 2,67
Август	0 ÷ 3,75	0 ÷ 3,75	0 ÷ 3,75	0 ÷ 2,26	0 ÷ 3,75	0 ÷ 3,14
Сентябрь	0 ÷ 3,75	0 ÷ 3,75	0 ÷ 3,75	0 ÷ 2,48	0 ÷ 3,62	0 ÷ 2,77
Октябрь	0 ÷ 3,75	0 ÷ 3,75	0 ÷ 3,75	0 ÷ 2,06	0 ÷ 3,12	0 ÷ 2,88
Ноябрь	0 ÷ 3,75	0 ÷ 3,75	0 ÷ 3,75	0 ÷ 2,32	0 ÷ 3,16	0 ÷ 2,65

Из данных таблицы 1 следует, что величина попусков через створ Нижегородской ГЭС не оказывает влияния на пропускную способность сдвоенной камеры №15А – 15 и суда могут проходить через нее на любой осадке. В то же время, этот фактор является лимитирующим для камеры №16. По результатам анализа можно выделить периоды, доли их продолжительности относительно длительности суток и величину суточной пропускной способности шлюза №16 при пропуске судов в рассматриваемом диапазоне осадки в том или ином периоде. Для оценки возможностей реконструированной системы произведен расчет ее пропускной способности при увеличении объемов перевозок в 2 раза, то есть до 11300,0 тыс.т., и 230,75 тыс.чел. (по сравнению с базой). Тогда по расчету техническая пропускная способность каждой нитки шлюзов составит: камера №15А – 15 – 4391,263 тыс.т и 90,293 тыс.чел, камера №16 – 6830,960 тыс.т и 140,459 тыс.чел.).



Вместе с тем камера №16 имеет ограниченные возможности по пропуску в утренние и вечерние периоды суток, что отражается на величине пропускной способности (таблица 2).

Таблица 2

**Распределение пропускной способности камеры №16 в течение суток**

Период	Длительность, ч	Доля периода	Осадка судов, м	Пропускная способность шлюза по периодам	
				Грузопотока, тыс. т	Пассажиropотока, тыс. чел
Утренний	7:00	0,29	0 ÷ 2,10	734,450	36,175
Дневной	10:00	0,42	0 ÷ 3,75	6830,960	140,459
Вечерний	7:00	0,29	0 ÷ 2,70	2674,550	86,552

Тогда с учетом значений (таблица 2), доли времени периода в сутках и последующего суммирования по периодам получена величина эксплуатационной пропускной способности камеры №16 (приведена в таблице 3).

Таблица 3

**Оценка влияния неравномерности расходов через ГЭС на пропускную способность камеры №16**

Объект перевозки	Технические значения	Эксплуатационные значения	Влияние фактора
1	2	3	4
Груз (тыс. т)	6830,960	3841,2	44%
Пассажиры (тыс. чел)	140,459	94,332	33%

Примечание:  $гр. 4 = \frac{гр.2 - гр.3}{гр.2} \cdot 100\%$

По результатам выполненных расчетов следует, что при увеличении базовых объемов перевозок в 2 раза техническая пропускная способность соответствует увеличенным объемам (то есть по грузообороту 11300,0 тыс.т., и пассажирообороту 230,75 тыс.чел.), в то время как эксплуатационная пропускная способность из-за ограничений по глубинам на порогах камеры №16 составит 8250,0 тыс.т. и 185,0 тыс. чел. (ниже технической пропускной способности на 44% и 33% соответственно). Однако этот вариант не отражает возможности системы при дальнейшем увеличении объемов перевозок. Их предельное значение ограничивается максимальным коэффициентом использования шлюзов по времени.

Принятое увеличение объема перевозок в 2 раза при сохранении существующей плотности судопотока по месяцам (как в базовом варианте равном 0,298) обеспечивает среднюю величину коэффициента использования шлюзов по времени 0,520.

При переключении объемов перевозок на водный транспорт (например, с развитием МТК «Север-Юг») и достижением плотности судопотока в летние месяцы (июнь-сентябрь), одинаковой с плотностью в августе, коэффициент использования шлюзованной системы по времени возрастет до 0,578, техническая пропускная способность составит по грузам 11950,0 тыс.т, по пассажирам 270,0 тыс.чел., а эксплуатационная пропускная способность соответственно: по грузам 8750,0 тыс.т, по пассажирам 215,0 тыс.чел.

При достижении максимальной плотности судопотока во все месяцы навигации коэффициент использования шлюзов по времени вырастет до 0,866, техническая пропускная способность составит по грузам 14500,0 тыс.т, по пассажирам 410,0 тыс.чел., а эксплуатационная пропускная способность соответственно: по грузам 10580,0 тыс.т, по пассажирам 327,0 тыс.чел.



По результатам расчетов построен график (рисунок 1) изменения пропускной способности системы от среднего коэффициента использования шлюзов по времени.

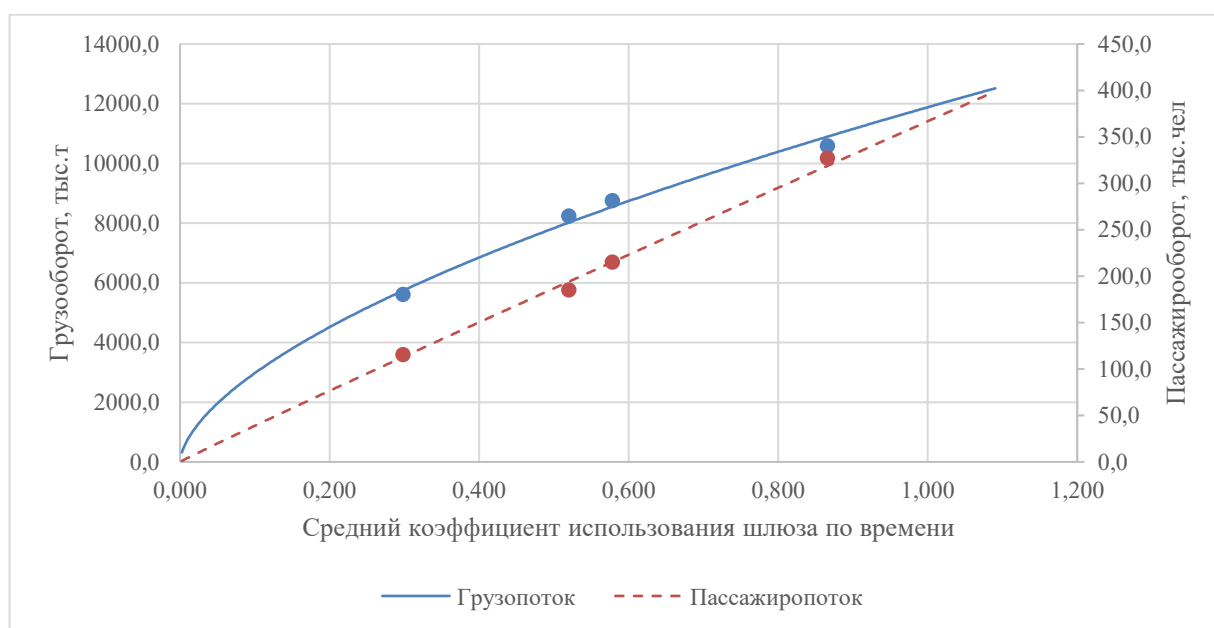


Рисунок 1 – Изменение пропускной способности шлюзованной системы от загруженности шлюзов

На предельные показатели работы судоходных шлюзов влияет большое число эксплуатационных факторов, среди которых в статье рассмотрены лишь несколько, оказывающие наибольшее влияние на пропускную систему. Расчеты показали, что реконструкция шлюзов №15, 16, строительство камеры №15А и создание судоходного канала от г. Городец до г. Н. Новгород обеспечат ограниченный рост грузо- и пассажирооборота и для достижения плановых (или близких к ним значений пропускной способности шлюзов) следует продолжить реконструкцию системы в отношении шлюза №16.

#### Список литературы:

1. Распоряжение правительства РФ от 8 июля 2021 года №1859-р.
2. Журнал «Речной транспорт (XXI век)» №1(109):2024. – URL: <https://www.rivtrans.ru/node/688> (дата обращения: 16.04.2024)
3. Правила пропуска судов и составов через шлюзы внутренних водных путей Российской Федерации. Утверждены приказом Минтранса России от 3 марта 2014 г. №58.;
4. Правила плавания по внутренним водным путям [Текст]/ РН – 50283: утв. М-вом транспорта Российской Федерации, 2018 г.
5. 177-ТО-8/22-ГПС-Р1. «Расчет грузопропускной способности шлюзов Городецкого гидроузла в бытовых и проектных условиях эксплуатации». Расчетная записка. ООО «Технологии Гидротехнического Проектирования»
6. Дегтярев В.В., Селезнев В.М., Фролов Р.Д. Водные пути: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1980. – 328 с.
7. Агеев С.О. Совершенствование обеспечения эксплуатации низконапорных гидроузлов в целях улучшения условий судоходства в их бьефах (на примере Нижегородского гидроузла на р. Волга): Дис. канд. тех. наук: 23.09.2021 г.
8. ФГБУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта». Отчет на научно-исследовательской работе «Анализ заносимости перекатов в нижнем бьефе

Нижегородской ГЭС по итогам проведения транзитных и капитальных дноуглубительных работ в 2021 г. На участке р. Волга (845,5 – 895,0 км) и оценка влияния капитального дноуглубления на посадку уровня воды на порогах шлюзов №15 и №16 Городецкого гидроузла». Н. Новгород, 2022.

