

**Эффективность увеличения полезных габаритов камер  
эксплуатируемых шлюзов №№ 1-6 ВБВП**

Богатов А. В.<sup>1</sup>, Гарибин П. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФБУ «Администрация «Волго-Балт»

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота  
имени адмирала С.О. Макарова»

Санкт-Петербург, Россия

*Рассмотрена актуальная проблема повышения пропускной способности судоходных шлюзов на участке водного пути устье р. Вытегра – Белое Озеро. Даны предложения по реновации шлюзов для пропуска одновременно двух крупнотоннажных судов. На основании анализа разрабатываемых вариантов приводится сравнительная эффективность предлагаемых решений. Обозначены основные проблемы по реализации изменения типа системы наполнения камер шлюзов.*

Участок северного склона Волго-Балтийского водного пути (ВБВП), образованный лестницей шлюзов № 1-№ 6, является одной из наиболее загруженных частей Единой глубоководной системы Европейской части Российской Федерации. На отрезке водного пути устье р. Вытегра – Белое Озеро в наиболее интенсивные периоды навигации скапливается до 180 судов, а время прохождения участка Анненский мост – Онежское озеро составляет 34 часа (не считая стоянки судов в Белом озере – от двух до пяти суток) при среднем нормативном времени прохода данного участка 17 часов [1]. На настоящий момент недостаточная пропускная способность шлюзованных участков водного пути приводит как к снижению конкурентной способности речных перевозок, так и повышению риска возникновения аварийных ситуаций.

Установлен тот факт, что за период с 1997 г. по настоящее время количество судов грузоподъемностью (дедвейт DW) 5000-5500 т составляет в среднем 40 % от транзитного флота и удельный вес их увеличивается, при этом в среднем за навигацию происходит 20-25 % одиночных шлюзований.

Повышение пропускной способности шлюзов №№ 1-6 ФБУ «Администрация Волго-Балт» за счет изменения параметров эксплуатируемых судопропускных сооружений соответствует приоритетам и целям развития внутреннего водного транспорта РФ [2, 3].

Принципиально существует несколько путей решения этой задачи. Нами рассмотрены два типа реноваций с одновременной оптимизацией процесса судопропуска (рис.): увеличение полезных габаритов камеры шлюза при

сохранении существующей системы питания и изменение типа системы наполнения с безгалерейной головной на более совершенную простую распределительную систему с боковой подачей воды при сохранении существующей длины камеры.

Результаты расчетных исследований оптимизации судопотока с увеличением полезной длины камеры существующих шлюзов за счет смещения нижней головы в сторону нижнего бьефа и добавления к существующей конструкции нового участка камеры приведены в работе [1]. Произведено сравнение целесообразности увеличения полезной длины камер шлюзов (рис., б и в) с вариантом строительства вторых ниток шлюзов, определены основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные показатели реконструированной камеры шлюза без вывода сооружения из эксплуатации. Рекомендуемая область применения данного решения – на всех однокамерных судоходных шлюзах ЕГС Европейской части РФ.

Результаты расчетов судопропускной способности одного шлюза при удлиненной камере (возможности постановки в кильватер двух судов DB 5000 т) показали, что шлюз сможет пропустить на 53 % больше судов DB 5000 т, чем с существующей камерой. Увеличение полезной длины камер шлюзов одновременно приведет и к возможности более рациональной компоновки в камере других судов – оптимизации использования площади зеркала камеры.

По экспертной оценке, общее повышение пропускной способности шлюзов ВБВП № 1-№ 6 за счет увеличения полезной длины их камер может составить до 10-15 % и приблизиться на каждом шлюзе к судопропускной способности шлюза № 8 Шекснинского гидроузла.

Реализация данного варианта даст возможность увеличить пропускную способность по тоннажу флота в среднем на 6 млн. т по отношению к максимальной фактической величине за наиболее напряженный период 2008-2014 гг.

Практически увеличение полезной длины камеры шлюза можно осуществить путем демонтажа старых и пристройки новых нижних голов с перестановкой на них механического оборудования с существующих или с установкой нового, но для реализации данного варианта в межнавигационный период необходимо выполнить значительный объем строительно-монтажных работ, включая реконструкцию пульта управления и перенос автомобильного переезда через шлюз. За счет увеличения сливной призмы несколько увеличивается время наполнения и опорожнения камеры шлюза водой.

Варианты реновации по схемам, представленным на рис., б и г, конструктивно менее целесообразны.

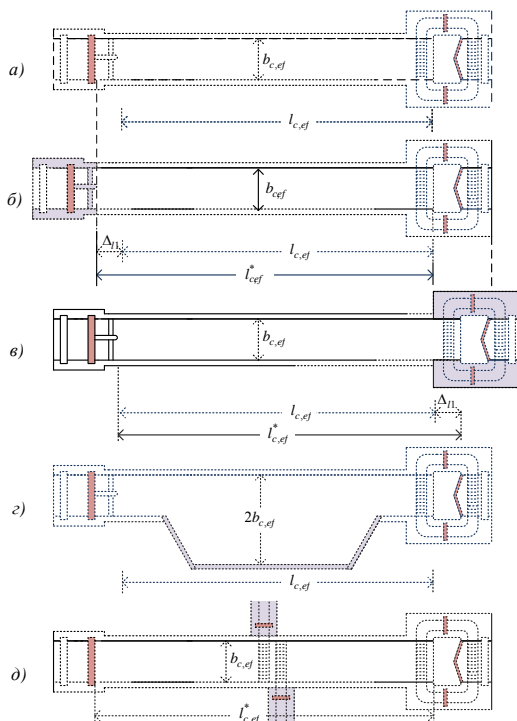


Рис. Принципиальные схемы увеличения полезной длины (ширины) камеры эксплуатируемого шлюза для пропуска двух крупнотоннажных судов DB (5000-5500 т) одновременно:

*а* – эксплуатируемый типовой шлюз №№ 1-6 ФБУ «Администрация «Волго-Балт» с безгалерейной головной системой наполнения и полезными габаритами  $l_{c,ef}$ ,  $b_{c,ef}$ , *б* – увеличение полезной длины камеры без изменения системы питания за счет переноса верхней головы в верхний бьеф на величину  $\Delta_{I1}$ , *в* – увеличение полезной длины камеры без изменения системы питания за счет переноса нижней головы в нижний бьеф на величину  $\Delta_{I1}$ , *з* – увеличение полезной ширины камеры для шлюзования крупнотоннажных судов в два пьеса без изменения типа системы питания, *д* – увеличение полезной длины камеры за счет изменения типа системы питания

На наш взгляд, альтернативным вариантом увеличения полезной длины камеры является переход от головной системы питания водой камер существующих шлюзов к простой распределительной с боковой подачей воды [4]. В этом случае увеличение полезной длины камеры  $l_{c,ef}^* = l_{c,ef} + \Delta_{I1}$  произойдет за счет демонтажа гасительных устройств и включения в нее существующих участков гашения и успокоения для расстановки судов. При данной схеме реновации сохраняется без изменения вся инфраструктура шлюза (механическое и электрическое оборудование, пульт управления, мостовой переезд). Основные затраты придется на строительство бокового подвода воды, который может быть построен превентивно, не оказывая влияния на судопропуск. Объем сливной призмы, расходуемой на шлюзование, остается неизменным, а время наполнения камеры водой может быть сокращено на 20-30 % за счет использования более совершенной распределительной системы питания.

*Выводы.* При выборе варианта реконструкции шлюза с изменением типа системы питания можно получить шлюз с полезной длиной камеры  $l_{c,ef} = 290$  м. Такой габарит имеют все крупные речные шлюзы Волжско-Камского бассейна, рассчитанные и эксплуатирующиеся для пропуска двух крупногабаритных судов, расположенных в камере в кильватер.

Дополнительными преимуществами перехода к новой системе питания водой камеры (рис., д) являются:

- возможность проведения строительно-монтажных работ в сжатые сроки в межнавигационный период без вывода шлюза из эксплуатации;
- дополнительный эффект по увеличению пропускной способности вследствие уменьшения времени входа судов из верхнего бьефа в шлюз за счет забора воды помимо подходного канала.

### Литература

1. Заключительный отчет по теме: Научное обоснование возможности и целесообразности увеличения полезной длины камер шлюзов №№ 1-6 ФБУ «Администрация Волго-Балт» в целях повышения пропускной способности. – М.: ЗАО «Акватик», 2015 г. – 359 с.
2. Богатов, А. В. Пути повышения грузопропускной способности Волго-Балтийского водного пути / А. В. Богатов, П. А. Гарибин // Материалы ЕНПК «Развитие инфраструктуры внутреннего водного транспорта: традиции, инновации» 30 ноября 2018 года. – СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2019. – 518 с.
3. Богатов, А. В. Увеличение пропускной способности шлюзов №№ 1-6 ВБВП за счет изменения системы наполнения камеры водой / А. В. Богатов, П. А. Гарибин // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с

международным участием, 18–23 ноября 2019 г. Инженерно-строительный институт. В 3 ч. Ч. 1. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – 308 с.

4. Качановский, Б. Д. Гидравлика судоходных шлюзов / Б. Д. Качановский. – М.–Л.: Речиздат, 1951. – 271 с.

УДК 627.824

### Уклоны свободной поверхности потока на гребне размываемой плотины

Богославчик П. М., Рам Бабу Прасад  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*На основании экспериментальных исследований подтверждена гипотеза о линейном изменении уклонов свободной поверхности потока для случая размыва однородных плотин из песчаных грунтов. Получены численные значения положения начала координат кривой спада относительно гребня размываемого водослива.*

Ранее было установлено [1], что интенсивное снижение отметки гребня плотины под воздействием переливающегося потока происходит после полного размыва низовой призмы. Профиль размываемой плотины на этой стадии размыва приобретает форму, близкую к форме водослива практического профиля (рис.).

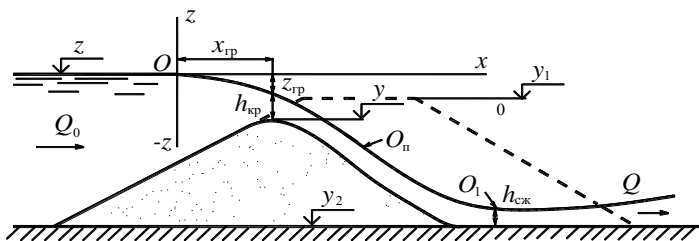


Рис. Схема истечения через размываемую плотину

Из уравнения деформации [2] размывающая способность потока на этой стадии

$$\frac{dy}{dt} = -\frac{1}{\rho_0} \cdot \frac{dq_s}{dx} \quad (1)$$