

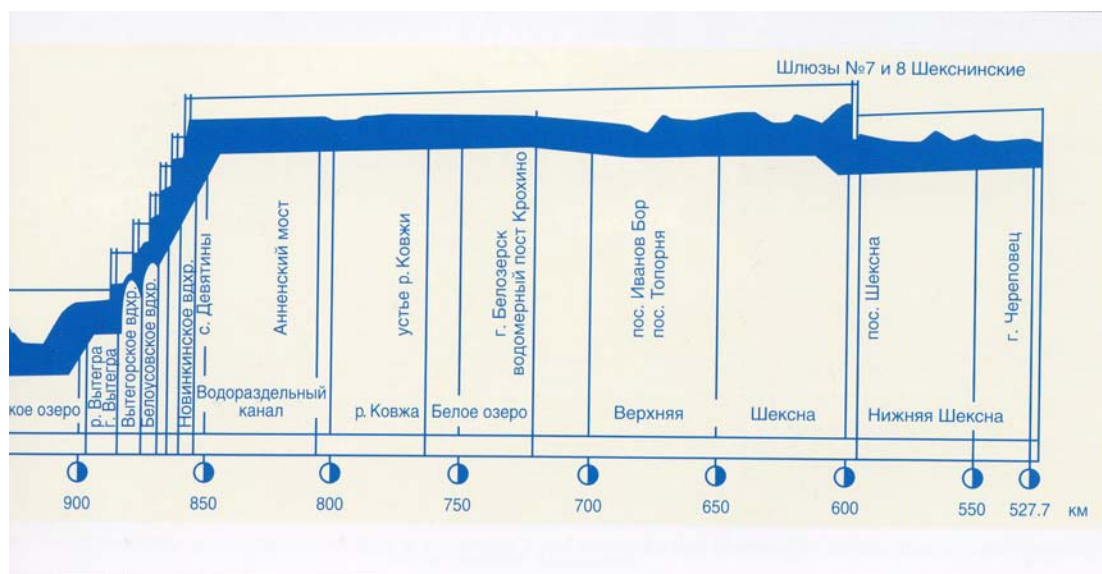
## **ВОЛГО–БАЛТ. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ.**

13 ноября прошлого года под председательством Министра транспорта Российской Федерации С.О.Франка прошло совещание по вопросу «Об увеличении пропускной способности Волго-Балтийского водного пути». В совещании приняли участие специалисты Государственной службы речного флота, Волго-Балтийского государственного бассейнового управления водных путей и судоходства, ведущих судоходных компаний.

По итогам совещания принят план действий, в котором содержатся конкретные меры, направленные на увеличение пропускной способности шлюзованной системы.

Важность и актуальность рассмотренного вопроса возникла не случайно. Она существовала практически с того момента, когда в 1964 г. завершились строительные работы по реконструкции Волго-Балтийского водного пути (ВБВП) под расчетное судно типа «Волго-Балт» грузоподъемностью 2700т.

Практически сразу после реконструкции шлюзованной системы началась целенаправленная работа по оптимизации организации судопропуска и технических характеристик водного пути. Напомним, что проектом строительства ВБВП предусматривалось строительство девяти шлюзов. Семь шлюзов предполагалось построить на Онежском, северном склоне водного пути и два шлюза - на Волжском, южном склоне. Это позволяло существенно уменьшить глубину выемки и объем земляных работ. Однако, в процессе строительства канала, в связи с развитием гидромеханизации земляных работ, было проведено повторное экономическое обоснование проекта и по его результатам принято решение об исключении из строительства Шумкинского и второго Пахомовского гидроузлов.



**Рис.1** Схема продольного профиля Волго-Балтийского канала

При этом отметка водораздельного бьефа была понижена на 8,7м, что потребовало проведения значительного объема дноуглубительных работ, которые были начаты практически сразу после пуска канала. Глубина на канале была доведена до 4м, ширина – до 80м, а радиус закругления судового хода – до 600м. Это обеспечило эффективную работу и безаварийное плавание крупнотоннажных судов типа «Волго-Дон» грузоподъемностью 5300т и современных туристических судов вместимостью до 400 пассажиров. При этом пропускная способность системы к 1990г достигла проектного значения в 15,7 млн. т.



**Рис.2** Вытегорская лестница шлюзов

В последние годы, в связи с недостатком финансирования, дноуглубительные работы на канале практически полностью прекратились, что привело к снижению ширины судового хода на отдельных участках канала до 38м –50м и введению ограничений на расхождение крупнотоннажных судов.

Возросло также и время судопропуска через шлюзы, что вызывает значительные простои флота и требует изыскания новых резервов, способных увеличить пропускную способность системы и сократить непроизводительные затраты флота.



**Рис. 3 Шекснинский гидроузел с двухниточными шлюзами**

Для оценки простоев флота можно воспользоваться теорией массового обслуживания, для которой справедливы вероятностные методы исследования. Иными словами рассматривается случайный процесс, когда его развитие зависит от настоящего состояния системы и не зависит от ее предыстории.

В таблице 1 представлены основные расчетные данные, выполненные для шлюза № 1 за наиболее напряженные периоды навигаций 1990г. и 2003г.

Нетрудно видеть, что время судопропуска через шлюз возросло с 39,57 мин. в 1990г. до 50,21мин в 2003г. При этом относительная пропускная способность шлюза возросла с 0,78 до 0,79, среднее число групп судов,

ожидающих судопропуска, увеличилось с 2,77 до 2,97, а время простоев группы судов, ожидающей шлюзования увеличилось с 2,33 до 3,14 часа .

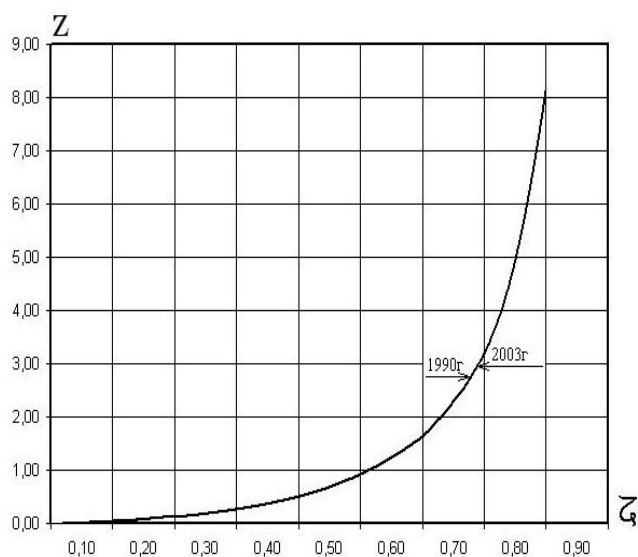
табл.1

### Характеристика простоев судов на ВБВП

Показатели эффективности работы шлюза	Судоходный шлюз № 1	
	1990г.	2003г.
1.Среднее время судопропуска (мин)	39,57	50,21
2.Количество шлюзований в сутки (ед)	28.45	22,58
3.Относительная пропускная способность шлюза	0.78	0,79
4.Среднее число групп судов, ожидающих судопропуска (ед)	2.77	2,97
5.Время простоя группы судов в ожидании шлюзования (час)	2.33	3,14

Наглядную картину произошедших с 1990г изменений можно показать на графике (рис.4), где по вертикали отложено количество групп судов, ожидающих шлюзования, а по горизонтали-относительная пропускная способность шлюза.

### Простои судов на Волго-Балте



#### Рис.4

Нетрудно видеть, что и в 1990г. и в 2003г. шлюз № 1 работал в критической области, где даже незначительное увеличение относительной пропускной способности шлюза ведет к резкому увеличению простоев флота. В нашем примере относительная пропускная способность увеличилась всего лишь на 0,01, а время простоев при этом возросло уже на 35 процентов.

Следует также подчеркнуть, что если в 1990г. среднее количество судов в группе, идущей на совместно шлюзование составляло 1,76 ед/шл., то в 2003 г. 2,05 ед/шл. Соответственно средневзвешенный тоннаж одной единицы флота возрос с 2,57тыс./ед. до 3,05тыс./ед. Казалось бы, если судить по этим данным, то в 2003 г. шлюз работал более четко. Лучше стала заполняться площадь камеры шлюза и за одно шлюзование стал пропускаться больший тоннаж. Более того, для перевозки примерно одного и того же груза в 2003г. потребовалось меньшее количество флота, о чем свидетельствует суточное уменьшение количества шлюзований с 28,45 в 1990г. до 22,58 - в 2003г. Однако, при этом потери транспортного флота за пиковый месяц при проходе только через один шлюз возросли, примерно, в 1,48 раза. Более точная цифра может быть получена в процессе анализа действительных затрат флота при проходе судов через шлюзы. Полагаю, что эти цифры говорят о многом и должны заставить судоходные компании задуматься о собственной экономике и их роли в поддержании и развитии внутренних водных путей и судоходных гидротехнических сооружений.

Анализируя основные факторы, оказывающие столь негативное влияние на эффективность работы флота, нетрудно видеть, что главным из них является время судопропуска, которое может быть разложено на две составляющие:

-машинную составляющую, зависящую от времени работы механизмов по открытию и закрытию ворот, наполнения и опорожнения камеры шлюза;

-движенческую составляющую, зависящую от времени входа и выхода судов из камеры.

Для шлюзов ВБВП машинная составляющая занимает примерно около 34% времени судопропуска и, по сути, изменяться не может, поскольку определяется скоростью маневрирования воротами и затворами и величиной допустимой гидродинамической силы, действующей на шлюзующиеся суда.

Движенческая составляющая для шлюзов ВБВП занимает примерно 66% времени судопропуска, причем время входа в шлюз составляет около 36%, швартовка около 20% и выход из шлюза около 10%. Именно здесь в движенческой составляющей времени судопропуска скрыты основные резервы увеличения пропускной способности шлюзов и уменьшения простоев флота. Например, при движении судов в подходных каналах наибольшие простои вызывают короткие разъездные бьефы между 3 и 4 и 4 и 5 шлюзами. В технологическом отношении разъездные бьефы являются связующим звеном между шлюзами. Однако, задержка судна в одном из шлюзов или задержка судна непосредственно в разъездном бьефе автоматически ведет к задержке судов на других участках пути, что уменьшает пропускную способность системы, а в ряде случаев создает аварийные ситуации. Потери пропускной способности в таких бьефах могут достигать 20%. Поэтому наличие причалов в разъездных бьефах может существенно улучшить условия судоходства в канале, что положительно скажется и на величине пропускной способности шлюзов. В равной степени это касается и других подходных каналов.

В настоящее время причальные сооружения имеются лишь в нижнем бьефе 3-го шлюза и верхнем бьефе 1, 5, 6 и Верхне-Свирского шлюзов (рис.5).



### Схема причальных сооружений на ВБВП

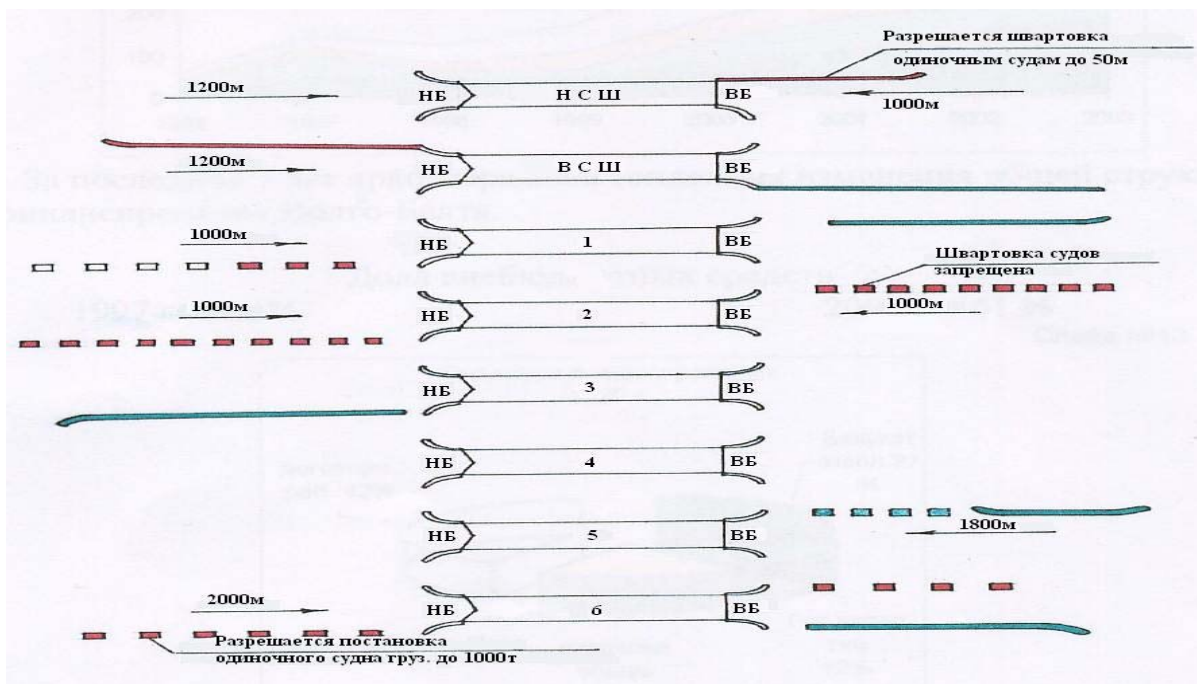


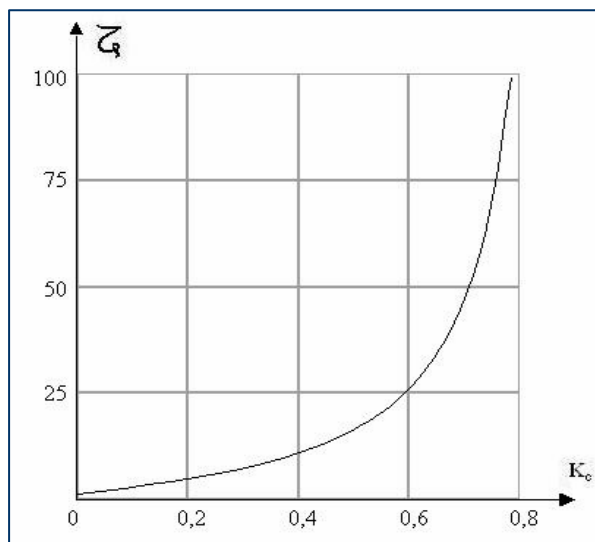
Рис. 5

Семь других причальных сооружений практически выведены из эксплуатации, что существенно ограничивает пропускную способность системы. Например, по Нижне-Свирскому шлюзу, где суда в ожидании шлюзования вынуждены отстаиваться на рейдах, потеря пропускной способности шлюза составляет около 25%.

Существенное влияние на пропускную способность шлюза может оказывать стеснение живого сечения камеры шлюза судном. Суть влияния этого фактора обусловлена поршневым эффектом, создаваемым судном при его движении в камере. При этом, чем быстрее движение судна, тем больше и влияние поршневого эффекта, который проявляется в воздействии потока на судно, в направлении обратном его движению. Под воздействием этого потока судно может прекратить свое движение и даже может быть вытолкнуто из камеры. Особенно это характерно при входе судна со стороны нижнего бьефа. В результате дифферента корма судна может оказаться посаженной на порог, что приведет к повреждению судна и сооружения. Чтобы не допустить этого, отношение площади сечения камеры шлюза к миделю судна ( $K_c$ ) должно быть регламентировано.

На рисунке 6 показано изменение коэффициента сопротивления  $\xi$  от коэффициента стеснения  $K_c$ . Характер кривой, изображенной на рисунке,

### Влияние коэффициента стеснения на сопротивление судну



**Рис. 6**

показывает, что уже при  $K_c = 0,5$  наблюдается достаточно быстрый рост коэффициента сопротивления. При значении  $K_c = 0,7$  кривая резко устремляется вверх, что свидетельствует о необходимости ограничения величины  $K_c$  данным значением. При этом скорость движения судна в камере также рекомендуется ограничивать. Подтверждением этому могут служить данные, полученные в натуральных условиях при различных коэффициентах  $K_c$  (табл. 2).

Практически во всех случаях, с увеличением коэффициента стеснения скорость входа судов в камеру, а также движение судов непосредственно в камере существенно уменьшается, что ведет к увеличению времени судопропуска, а, следовательно, к уменьшению пропускной способности шлюза. Из этого следует, что уменьшение пропускной способности шлюза № 1 за период с 1990 г. по настоящее время произошло, в том числе и за счет укрупнения флота.

**Табл. 2**

### Изменение скоростей движения судов в зависимости



## от коэффициента стеснения живого сечения камеры шлюза

Коэффициент стеснения живого сечения камеры ( $K_c$ )	Скорость движения судна (м/с)	
	При подходе к шлюзу	В камере шлюза
0,1	2,2	1,3
0,4	2,1	0,9
0,5	1,85	0,8
0,7	-	0,7
0,8	1,2	0,5
0,9	1,1	0,45

Говоря о необходимости увеличения пропускной способности шлюзованной системы, следует иметь в виду, что пропускная способность может рассматриваться по трем основным параметрам:

- наибольшему количеству циклов обслуживания, проведенных шлюзом;
- наибольшему количеству обслуженных шлюзом (пропущенных) судов;
- наибольшему количеству обслуженной шлюзом (пропущенной) массы груза или тоннажа.

Анализ каждого из приведенных параметров позволяет сделать вывод, что применительно к процессу судопропуска через шлюзы два первых параметра функционально не полностью характеризуют пропускную способность, и их применение в большинстве случаев приводит к ощутимым погрешностям при расчетах.

Так, первый параметр - наибольшее количество циклов обслуживания не учитывает степень использования полезной площади камеры шлюза судами. При этом, очевидно, что чем меньше степень использования полезной площади камеры, т.е. меньше в среднем совместно шлюзуемых единиц флота и сами эти единицы мельче, тем больше будет циклов обслуживания в единицу времени, а это приводит, как правило, к снижению пропускной способности по пропущенному тоннажу, а следовательно, и по физическому грузу.

Второй параметр-наибольшее количество пропущенных единиц флота не учитывает величину этих единиц, а следовательно, их тоннаж, т.к. за единицу в этом случае принимаются на равных и многотоннажные суда и суда маломерного флота.

Лучше пропускную способность судоходного шлюза характеризует наибольшее количество пропущенной суммарной массы груза (или тоннажа) за определенный период. В перспективе эта характеристика должна стать определяющей, поскольку увязывает все основные факторы, влияющие на пропускную способность шлюза, и фактически характеризует совместную работу государственных бассейновых управлений водных путей и судоходства и судоходных компаний по увеличению пропускной способности шлюзованной системы.

Отсюда можно также сделать вывод, что исключительно важными характеристиками, определяющими пропускную способность шлюзованной системы по тоннажу (грузу) являются тоннаж (грузоподъемность) судна и кратность его габаритных размеров камере шлюза. Строительство для этой трассы типоразмеров судов, некратных камере шлюза, будет приводить к снижению общей производительности шлюзованной системы и, в конечном итоге, неэффективности работы всего транспортного флота. Если же учесть, что суда будут ходить и по другим трассам, то оптимальным типом-размером судна в этом случае будет судно, соответствующее максимальной средневзвешенной производительности шлюзов всей трассы. Например, для трассы С.-Петербург - Ростов-на Дону, на которой расположено 35 судоходных шлюзов самых разных типов-размеров, оптимальным является судно с габаритными размерами в плане  $L_c = 132\text{м}$  и  $B_c = 16,74\text{м}$  и грузоподъемностью 4618,9 т. Эксплуатация такого судна на трассе Волго-Балта может увеличить пропускную способность шлюзованной системы до 60 млн. т. тоннажа.

Таким образом, подводя итоги можно сделать вывод, что увеличение пропускной способности Волго-Балтийского водного пути возможно по двум основным направлениям.

Первое направление непосредственно связано с совершенствованием характеристик самого водного пути:

- расширением водораздельного и подходных каналов;
- строительством и реконструкцией пришлюзовых причалов.

Второе направление касается:

-совершенствования габаритных характеристик флота, обеспечивающих максимальную средневзвешенную производительность шлюзованной системы;

-оптимизации движения пассажирского и туристического флота.

Целенаправленное решение этих задач позволит:

-существенно увеличить пропускную способность шлюзованной системы, доведя ее примерно до 25 млн. тонн;

-отказаться на ближайшую перспективу от строительства вторых ниток судоходных шлюзов;

-сосредоточить внимание на обеспечении эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений.