

ВОДНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-984-992

IMPROVEMENT OF THE SYSTEM FILLING OF THE SHIPPING LOCK'S CHAMBERS OF SARATOV'S HYDROSCHEME

A. M. Gapeev, K. P. Morgunov, A. V. Podreshetnikova

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

Based on the analysis of design solutions for the construction of the dampers of navigable locks of the Saratov hydroelectric complex, as well as the operating conditions of the devices implemented in the construction of locks, it was concluded that their operation is not effective, which does not ensure an even distribution of the flow velocities over a considerable length of the chamber. The main problems were related to the construction of a vertical girder with uneven hole pitch along the height, as well as with the recommended gate lifting modes with constant speed. With the existing lattice design, there is a significant uneven distribution of the flow velocities along the depth, which causes the formation of stable backward slopes of the water surface. This leads to an excess of the hydrodynamic forces acting on the ship being sluice, 5 to 8 times higher than their normative values.

On the basis of laboratory and full-scale studies, it has been established that the influence of the changes in the kinematic parameters of the flow in the lock chamber is affected not only by the beam grid, the main purpose of which is equalizing the velocities at the outlet of the flow into the lock chamber, but also other elements of the upper head: the outline of the threshold, the lower visor of the gate, the design of the extinguishing screen and the ratio of culverts formed by these elements. Calculations performed according to the method, taking into account the positions of the theory of motion of turbulent jets, allow to determine the dimensions of the culverts and the mutual arrangement of the main elements of the upper head of the lock when the chamber is filled from under the flat lifting and lowering gates. On the basis of such calculations, proposals were formulated on the reconstruction of the filling chamber of the locks of the Saratov hydroelectric complex, the mutual arrangement of the elements of the upper head, which ensure effective damping of the water flow rate at the outlet to the lock chamber.

Keywords: shipping lock, head-end filling, extinguishing devices, lock chamber filling, kinematic parameters of the flow.

For citation:

Gapeev, Anatolii M., Konstantin P. Morgunov, and Alisa V. Podreshetnikova. "Improvement of the system filling of the shipping lock's chambers of Saratov's hydroscheme." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 9.5 (2017): 984–992. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-984-992.

УДК (626.4:624.421.4)001.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ НАПОЛНЕНИЯ КАМЕР СУДОХОДНЫХ ШЛЮЗОВ САРАТОВСКОГО ГИДРОУЗЛА

А. М. Гапеев, К. П. Моргунов, А. В. Подрешетникова

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

На основе анализа проектных решений по конструкции гасительных устройств судоходных шлюзов Саратовского гидроузла, а также условий работы устройств, реализованных при строительстве шлюзов, сделан вывод о неэффективности их работы, не обеспечивающей равномерного распределения скоростей потока на значительной длине камеры. Основные проблемы были связаны с конструкцией вертикальной балочной решетки с неравномерным шагом отверстий по высоте, а также с рекомендуемыми в проекте режимами подъема ворот с постоянной скоростью. При существующей конструкции решетки возникает

значительная неравномерность распределения скоростей потока по глубине, обуславливающая образование устойчивых обратных уклонов водной поверхности. Это приводит к превышению гидродинамических сил, действующих на шлюзуемое судно, в 5 – 8 раз по сравнению с нормативными их значениями.

На основе лабораторных и натурных исследований установлено, что на изменения кинематических параметров потока в камере шлюза влияние оказывает не только балочная решетка, главным назначением которой является выравнивание скоростей на выходе потока в камеру шлюза, но и другие элементы верхней головы: очертания порога, нижнего козырька ворот, конструкция гасительного экрана и соотношение водопропускных отверстий, образуемых этими элементами. Расчеты, выполняемые по методике с учетом положений теории движения турбулентных струй, позволяют определять размеры водопропускных отверстий и взаимное расположение основных элементов верхней головы шлюза при наполнении камеры из-под плоских подъемно-опускных ворот. На основе таких расчетов были сформулированы предложения по реконструкции системы наполнения камеры шлюзов Саратовского гидроузла, взаимному расположению элементов верхней головы, обеспечивающих эффективное гашение скорости потока воды на выходе в камеру шлюза.

Ключевые слова: судходный шлюз, головная система питания, гасительные устройства, наполнение камеры, кинематические параметры потока.

Для цитирования:

Гапеев А. М. Совершенствование системы наполнения камер судходных шлюзов Саратовского гидроузла / А. М. Гапеев, К. П. Моргунов, А. В. Подрешетникова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 5. — С. 984–992. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-984-992.

Введение (Introduction)

Проектирование системы наполнения камер судходных шлюзов Саратовского гидроузла осуществлялось во Всероссийском проектно-изыскательском и научно-исследовательском институте «Гидропроект» им. С. Я. Жука (далее — институт «Гидропроект» им. С. А. Жука) и сопровождалось проведением специальных лабораторных исследований [1], [2]. На основе результатов этих исследований были сформулированы рекомендации по составу и конструкции устройств для гашения энергии воды, поступающей в камеру шлюза. Однако применяемые при строительстве шлюзов гасительные устройства верхней головы несколько отличаются от рекомендуемых. Это несоответствие связано в основном с устройством вертикальной балочной решетки: шесть балок прямоугольного сечения расположены с неравномерным шагом отверстий по высоте, увеличивающимся снизу вверх, из них две нижние балки расположены с шагом 0,2 м.

Выполненные в дальнейшем научно-исследовательским сектором «Гидропроекта» [3] и Ленинградским институтом водного транспорта (ЛИВТ) [4] натурные гидравлические исследования показали, что рекомендуемый режим подъема ворот с постоянной скоростью 0,48 м/мин на высоту 2,8 м при принятой конструкции системы наполнения не обеспечивает безопасных условий пропуска судов, в особенности крупнотоннажных грузоподъемностью от 5 300 до 18 000 т. Действующие при наполнении камеры шлюза обратные (направленные к верхней голове) гидродинамические силы превышали их нормативные значения в 5 – 8 раз.

Основной причиной неудовлетворительных условий стоянки шлюзуемых судов и составов является несовершенство гасительных устройств, которые при больших стеснениях живого сечения камеры [5] не обеспечивают равномерного распределения скоростей потока на значительной ее длине. В связи с этим непосредственно у верхней головы шлюза наблюдаются устойчивые по величине и времени обратные уклоны свободной поверхности воды. Образованию устойчивого обратного уклона способствует и пониженная на 0,5 м отметка дна камеры по сравнению с отметкой днища головы. Это понижение, как подтвердили дальнейшие исследования [6], только увеличивает придонные скорости течения воды.

Методы и материалы (Methods and Materials)

В качестве основных мероприятий по снижению действующих на суда обратных гидродинамических сил рассматривалась реконструкция балочной решетки и обоснование рациональных

режимов наполнения камеры для различных групп судов. Особое внимание уделялось реконструкции балочной решетки, которая рассматривалась в качестве основного элемента для гашения энергии поступающего в камеру шлюза потока воды. Из-за малого размера двух нижних отверстий, которые забиваются мусором и теплой древесиной, за решеткой образуется вихревой валец с обратными скоростями течений воды, что приводит к резкому увеличению обратного уклона.

Конструктивные изменения балочной решетки с увеличенным шагом нижних отверстий ранее рассматривались в лабораторных условиях в институте «Гидропроект» им. С. А. Жука [2], но не привели к улучшению условий стоянки судов. Не изменились условия стоянки судов и при использовании в натуральных условиях рекомендуемого двухскоростного графика подъема ворот (рис. 1), но при этом время наполнения увеличилось до 14,5 мин [7].

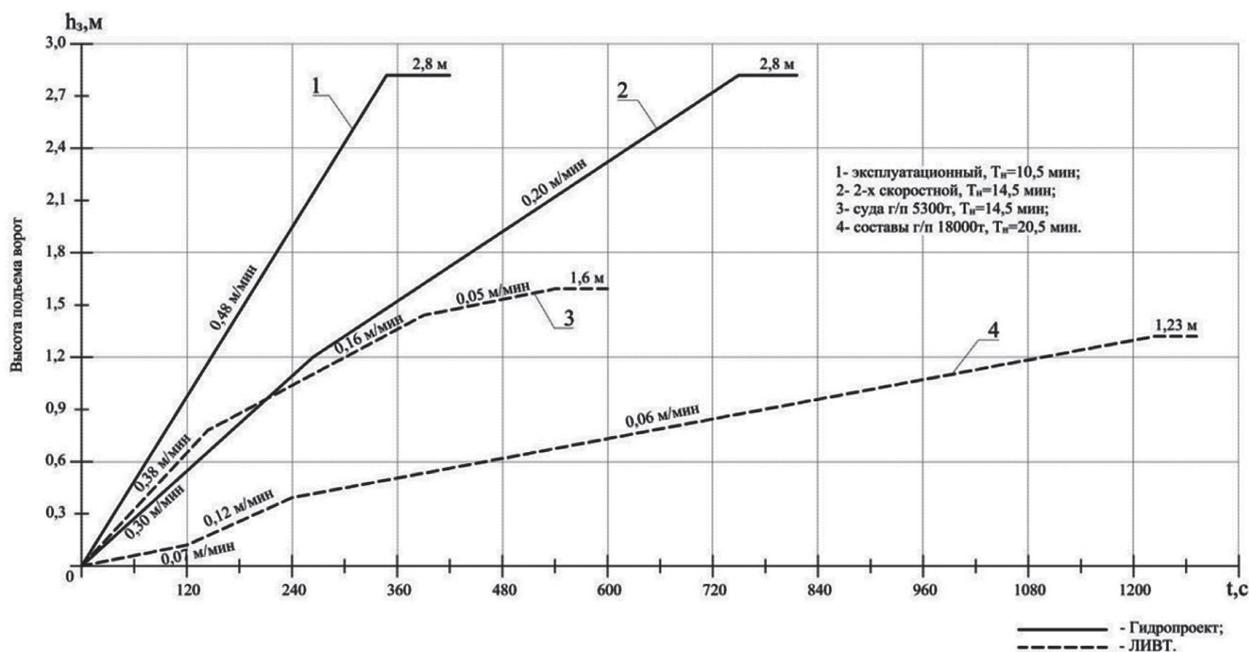


Рис. 1. Рекомендуемые режимы наполнения камер шлюзов Саратовского гидроузла

Лабораторные исследования балочной решетки в дальнейшем выполнялись в Ленинградском институте водного транспорта (ЛИВТ) на фрагментарной модели шлюза в масштабе 1 : 36 натуральной величины [8] и были направлены на изучение кинематических параметров потока. Был изменен шаг отверстий между пятью балками, при этом нижние два приняты размером 0,4 м. Измерения скоростей потока производились в шести створах по длине камеры на расстоянии до 105 м при уровнях воды, соответствующих моментам наступления максимальных обратных гидродинамических сил.

Результаты исследований существующего и рекомендуемого варианта решетки представлены на рис. 2, откуда видно, что для четырех рассматриваемых створов с измеренными скоростями потока определялись следующие параметры: расход воды Q , m^3/c , средняя скорость V , m/c , и коэффициент кинетической энергии α , выраженный отношением максимальной скорости потока к средней. На рисунке показана также кинематика потока внутри камеры гашения.

Анализ опытных данных подтвердил ранее сделанный вывод на основе результатов проведенных натуральных исследований условий стоянки шлюзуемых судов о том, что при существующей конструкции решетки возникает значительная неравномерность распределения скоростей потока по глубине, обуславливающая образование устойчивых обратных уклонов водной поверхности.

На модели (рис. 2, а) на основе выполненных в дальнейшем натуральных измерений неравномерность распределения скоростей зафиксирована на расстоянии 90 – 105 м от балочной решетки.

В предлагаемом варианте решетки (рис. 2, б) наблюдаются несколько большие скорости у дна камеры, и их выравнивание происходит быстрее: на расстоянии 40 – 65 м от решетки, которое также считается значительным. По этим показателям без проведения исследований на общей модели пока нельзя оценить условия стоянки шлюзуемых судов. На изменения кинематических параметров потока в камере шлюза оказывает влияние не только балочная решетка, главным назначением которой является выравнивание скоростей на выходе потока в камеру шлюза, но и другие элементы верхней головы: очертания порога, нижнего козырька ворот, конструкция гасительного экрана и соотношение водопропускных отверстий, образуемых этими элементами. При анализе кинематики потока внутри камеры гашения установлено, что она практически не изменилась: в опытах с существующей и предлагаемой решеткой вихревой валец под экраном почти полностью перекрывал водопропускное отверстие, тем самым приводя к увеличению скоростей потока, направляемых на балочную решетку. Увеличение размера двух нижних отверстий решетки до 0,4 м привело только к тому, что донный вихревой валец исчез, однако при принятом положении экрана поток не попадал на две верхние балки.

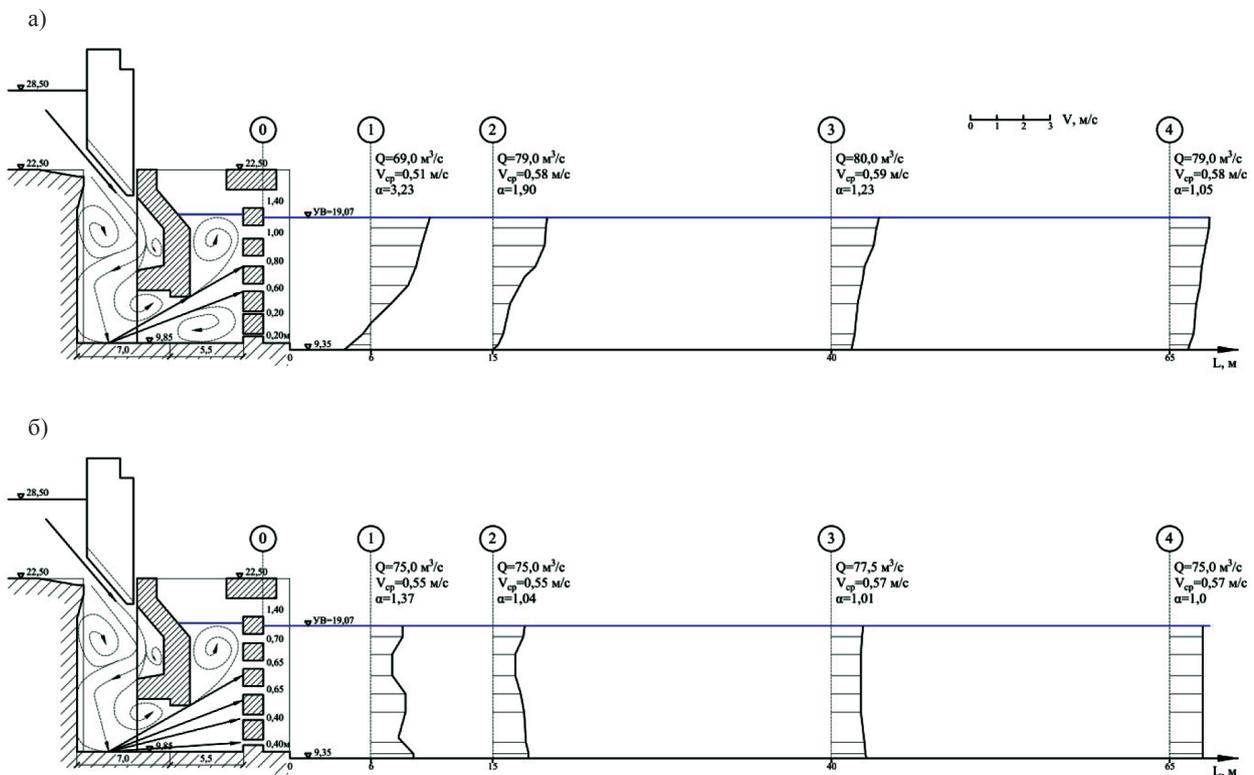


Рис. 2. Эпюры продольных скоростей движения воды при наполнении камер шлюзов Саратовского гидроузла: а — существующий вариант решетки; б — рекомендуемый вариант решетки

Были выполнены также опыты, характеризующие работу двух нижних отверстий существующей решетки в реальных условиях, т. е. при завалах мусором и топливными отходами. При закрытии нижних отверстий зона обратного донного вальца существенно увеличилась, о чем свидетельствуют значения коэффициентов α : при закрытии одного отверстия коэффициент увеличивался по первому створу — до 5,07, а при завале двух отверстий — до 7,46. Для увеличения водопропускного отверстия под экраном было изменено его положение по высоте и глубине, но положение вихревого вальца под экраном не изменилось и это можно, по-видимому, объяснить отсутствием эффективного гашения и отражения падающей струи от экрана, стенки падения и днища головы шлюза.

На заключительном этапе исследований в ЛИВТе были выполнены измерения скорости течения воды в натуральных условиях при существующей балочной решетке, которые подтвер-

дили выявленную на модели неравномерность распределения скоростей на значительной длине камеры шлюза, и проверку расчетных режимов наполнения для крупнотоннажного флота (см. рис. 1). Использование этих режимов позволило несколько снизить значения действующих на судно обратных гидродинамических сил, но привело к увеличению времени наполнения камеры. Превышение обратной силы над нормативной составило 1,8 раза, а увеличение времени наполнения камеры по сравнению с проектным — до 1,7 раза. По результатам исследований был сделан основной вывод о необходимости полной реконструкции системы наполнения камер шлюзов Саратовского гидроузла и обоснования рациональных режимов наполнения для различных групп судов [9].

Результаты (Results)

Специальные исследования по изучению влияния отдельных элементов верхней головы на гидравлические параметры потока были проведены на фрагментарной и общей моделях при проектировании второй нитки шлюза Шекснинского гидроузла. Исследования позволили обосновать по кинематике потока и условиям стоянки крупнотоннажного судна (5 300 т) рациональный состав и взаимное расположение элементов системы наполнения камеры из-под плоских подъемно-опускных ворот, при которых обеспечивается эффективное гашение скорости потока и безопасные условия пропуска судов [10].

Установлено, что использование разрезных порогов не вполне оправдано по условиям стоянки судов. Разрезные пороги позволяют уменьшить значение первого пика прямой гидродинамической силы на начальной стадии наполнения камеры, но в дальнейшем площадь водопропускного отверстия резко увеличивается и это обуславливает увеличение последующих пиков сил. В шлюзах Саратовского гидроузла высота гребенки принята равной 0,5 м и назначена с таким расчетом, чтобы к моменту отражения волны от нижних ворот получить скачок приращения расхода. На самом деле, в связи с малой высотой гребенки, увеличение площади водопропускного отверстия происходит очень быстро и это приводит к более раннему формированию обратных уклонов поверхности воды в камере. Кроме того, площадь водопропускного отверстия, образуемая при подъеме ворот, должна определяться по нормали к плоскости их козырька (ножа), а не по высоте подъема. Основное гашение скорости потока должно обеспечиваться на участке между экраном и стенкой падения, и расстояние между ними следует подбирать таким образом, чтобы падающая струя, срываясь с нижней консоли экрана вихревым вальцом, не закрывала водопропускное отверстие под экраном. Стеснение потоку не должны создавать и последующие водопропускные отверстия, образуемые другими элементами верхней головы, а наоборот, их площадь должна постепенно увеличиваться.

В системе наполнения шлюзов Саратовского гидроузла увеличение площади водопропускного отверстия имеет место только на участке между нижней консолью экрана и стенкой падения ($4 \times 30 = 120 \text{ м}^2$), затем между низом экрана и днищем головы оно уменьшено двумя быками до 104 м^2 и существенно зажато вихревым вальцом (см. рис. 2). Далее при выходе через отверстия балочной решетки площадь отверстия сохранилась практически такой же (110 м^2). При этом балочная решетка располагается на близком расстоянии от экрана и не обеспечивает равномерного распределения скоростей потока: верхние балки не работают, а две нижние, из-за малых отверстий, закрыты донным вихревым вальцом и, как показали исследования, могут засоряться в процессе эксплуатации мусором и теплой древесиной. Увеличение шага отверстий между балками решетки может быть оправдано, за исключением двух нижних отверстий: шаг отверстий должен увеличиваться снизу вверх, а минимальное расстояние отверстия у дна принимается не менее 0,4 м.

В дальнейшем, с использованием результатов специальных исследований и основных положений теории движения турбулентных струй, была разработана методика, позволяющая определять размеры водопропускных отверстий и взаимное расположение основных элементов верхней головы шлюза при наполнении камеры из-под плоских подъемно-опускных ворот [11] – [15]. Ре-

зультаты теоретических исследований вполне удовлетворительно согласовались с данными практики и нашли отражение при проектировании второй нитки шлюза Шекснинского гидроузла, который в конструктивном отношении считается одним из лучших в России.

Обсуждение (Discussion)

Проверка основных параметров системы наполнения камеры шлюзов Саратовского гидроузла по указанной методике производилась при обеспечении безопасных условий пропуска крупнотоннажного судна грузоподъемностью 5 300 т с наибольшей осадкой, при напоре на камеру 13,65 м и при существующей конструкции ворот, нижний козырек которых скошен под углом 45° . В результате расчетов наибольшее значение площади водопропускного отверстия, определяемое по нормали к плоскости ножа ворот ($h_o = 2,36$ м), получено $\omega_o = 70,92$ м². Допустимая постоянная скорость подъема ворот $V_{з доп} = 0,18$ м/мин оказалась намного меньше принятой по проекту (0,48 м / мин). При полной высоте подъема ворот 3,34 м минимально допустимое время наполнения камеры $T_{нап}^{мин} = 16,4$ мин. Высота водопропускного отверстия под экраном оказалась несколько меньше принятого значения: $h_o = 3,7$ м (вместо 4,0 м), длина участка камеры гашения сохранилась одинаковой: $l_k = 7,0$ м, а длина участка распределения потока на балочную решетку получена на 3,0 м больше принятой: $l_p = 8,5$ м (вместо 5,5 м).

Сумма расстояний водопропускных отверстий между балками распределительной решетки должна быть принята $\Sigma h_o = 5,75$ м вместо 4,2 м. Увеличение этой высоты возможно при уменьшении принятой ранее толщины балок (1,3 – 1,5 м). Это условие может быть выполнено, если принять семь балок решетки толщиной на выходе 1,0 м и плиту перекрытия толщиной 0,9 м. Расстояния между отверстиями балок, увеличивающиеся снизу вверх по предлагаемой методике, должны быть приняты следующими: 0,40 м; 0,43 м; 0,49 м; 0,57 м; 0,69 м; 0,83 м; 1,03 м; 1,31 м, а длина успокоительного участка в камере шлюза — $l_y = 10,2$ м.

По результатам теоретических расчетов построена схема верхней головы шлюзов Саратовского гидроузла (рис. 3), обоснованная по кинематическим параметрам потока.

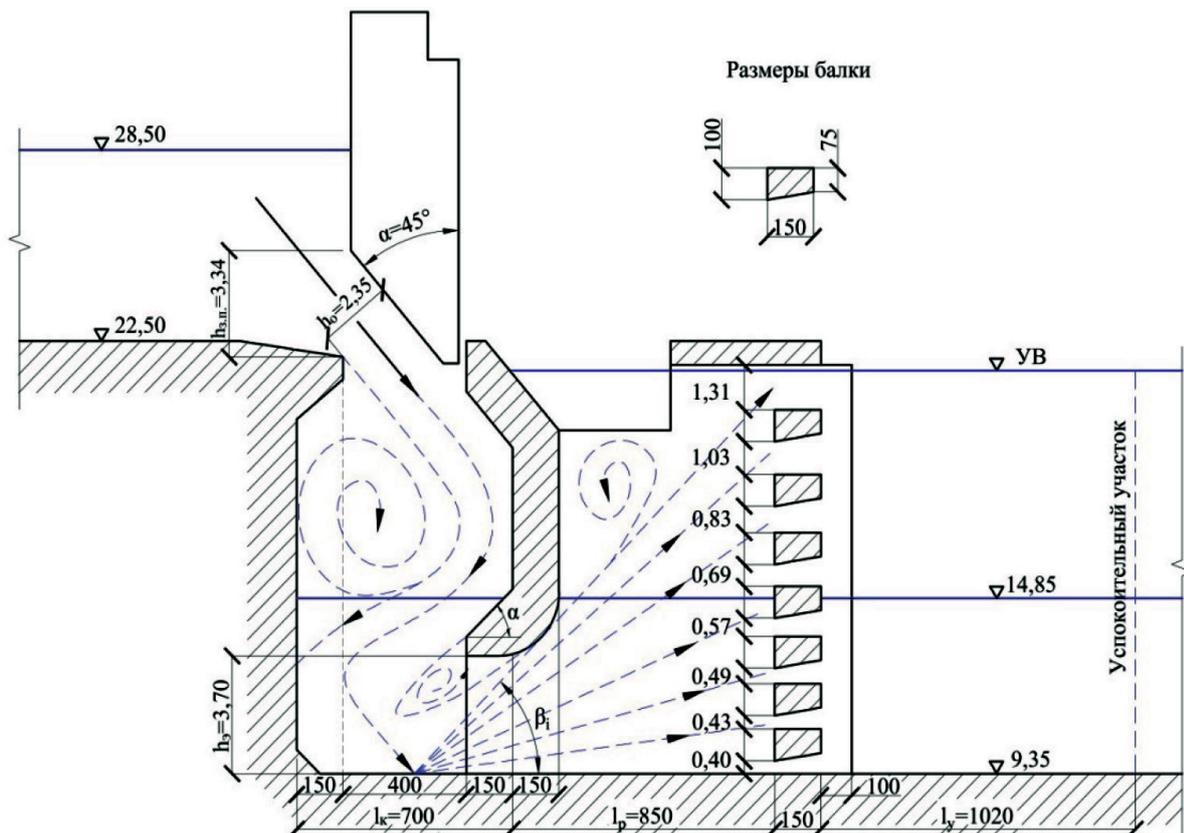


Рис. 3. Расчетная схема верхней головы шлюзов Саратовского гидроузла

В этой схеме принят неразрезной наклонный порог с высотой склона 1,0 м, при котором обеспечиваются расчетные значения $h_{0,н}$, $h_{3,п}$ и симметричное расположение участка l_k относительно ниши затвора по условиям падения и отражения потока. На рисунке показана также кинематическая структура потока внутри камеры гашения. Положение вихревого вальца под экраном регулируется нижней консолью экрана, скошенной под таким же углом α , как и низ ворот. Балки решетки приняты трапециевидального профиля длиной 1,5 м, высотой на входе 1,0 м и на выходе 0,75 м.

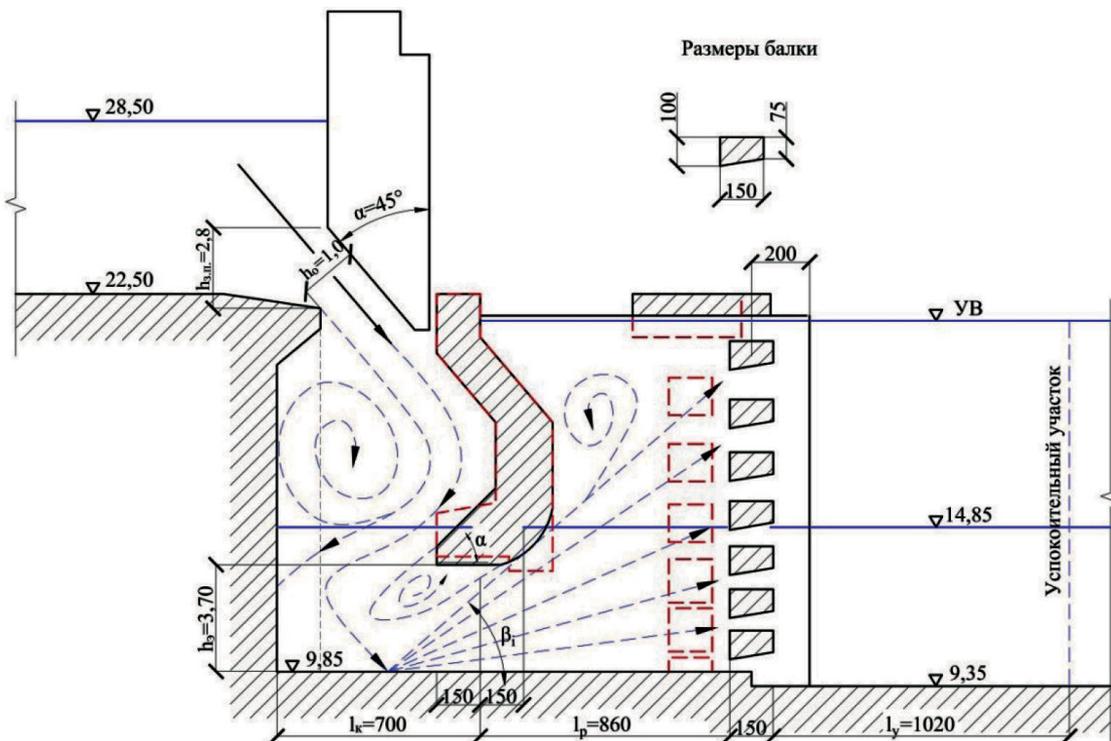


Рис. 4. Вариант реконструкции верхней головы шлюзов Саратовского гидроузла

Предлагаемый вариант реконструкции системы наполнения камеры существующего шлюзах Саратовского гидроузла представлен на рис. 4. Эта схема, на наш взгляд, является наиболее оптимальной по трудоемкости и срокам выполнения работ, требуется только полная замена балочной решетки и частичная реконструкция нижней части экрана. Экран понижается на 0,3 м, консоль выполняется с углом наклона 45° , что обеспечивает плавный выход потока на участке его распределения. Очертания прежнего экрана, показанные пунктиром, должны быть срезаны. Для расположения новой балочной решетки необходимо на 2 м увеличить длину быков. Однако в рассматриваемой схеме реконструкции пока не найдено решение по обеспечению расчетной высоты подъема ворот по вертикали до 3,34 м. При срезе существующей гребенки высота подъема ворот может составить 2,84 м, а ее увеличение за счет уменьшения угла наклона α козырька приведет к изменению конструкции экрана.

Заключение (Conclusion)

Выполненные расчеты показали, что в шлюза Саратовского гидроузла при объеме сливной призмы, равной 136,6 тыс. m^3 , за счет совершенствования эффективности работы элементов системы гашения потока невозможно добиться соблюдения проектного времени наполнения камеры за 12 мин. При максимальном расходе воды 331 m^3/c средняя мощность потока, поступающего в камеру, составляет 10,5 тыс. кВт. Поэтому для увеличения пропускной способности шлюза Саратовского гидроузла необходима разработка многопрограммных режимов наполнения для различных групп судов и составов. Кроме того, требуется дальнейшая проверка принятых решений по реконструкции системы наполнения камеры в лабораторных условиях и обоснование оптимальных по времени и условиям стоянки судов режимов шлюзования. В условиях несовершенства

гасительных устройств, как было показано ранее в публикации [9], проводить такие исследования не имеет смысла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидравлические исследования судоходных шлюзов Саратовского гидроузла на стадии технического проекта // Отчет о НИР. — М.: Гидропроект им. С. Я. Жука, 1962. — 236 с.
2. Дополнительные гидравлические исследования судоходных шлюзов Саратовского гидроузла // Отчет о НИР. — М.: Гидропроект им. С. Я. Жука, 1962. — 178 с.
3. Натурные исследования судоходных шлюзов Саратовского гидроузла в навигацию 1969 г. // Отчет о НИР. — М.: Гидропроект им. С. Я. Жука, 1969. — 253 с.
4. Разработать оптимальные режимы заполнения и опорожнения шлюзов Волжского и Камского каскадов для пропуска большегрузных составов // Отчет о НИР. — Л.: ЛИВТ, 1979. — 220 с.
5. *Онипченко Г. Ф.* Условия захода судов в шлюзы изменились / Г. Ф. Онипченко // Речной транспорт (XXI век). — 1973. — № 9. — С. 40–41.
6. Разработать оптимальные режимы заполнения камер Волгоградского и Балаковского шлюзов при пропуске большегрузных судов и составов // Отчет о НИР. — Л.: ЛИВТ, 1981. — 196 с.
7. Определение оптимальных режимов шлюзования крупнотоннажного флота через шлюзы Балаковского РГС // Отчет о НИР. — М.: Гидропроект им. С. Я. Жука, 1976. — 122 с.
8. Проведение поисковых исследований оптимальных форм гасительных устройств головной системы питания шлюза при наполнении из-под затвора и разработка методов расчета гидродинамических сил на основе лабораторных и натурных исследований // Отчет о НИР. — Л.: ЛИВТ, 1982. — 177 с.
9. *Кононов В. В.* Исследования условий стоянки судов при наполнении шлюза Саратовского гидроузла / В. В. Кононов // Улучшение судоходных условий на реках и повышение эксплуатационных качеств судоходных и портовых гидротехнических сооружений: сб. тр. — Л.: ЛИВТ, 1986. — С. 186–198.
10. *Гапеев А. М.* Влияние отдельных элементов верхней головы шлюза на гидравлические параметры потока / А. М. Гапеев // Гидротехнические сооружения и путевые работы на внутренних водных путях для судоходства: сб. тр. — Л.: ЛИВТ, 1984. — С. 148–155.
11. *Гапеев А. М.* Substantiation of safe modes of filling (emptying) of the chamber of the projected sluice / А. М. Гапеев, Н. Морозова // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2011. — № 3. — С. 11–13.
12. *Гапеев А. М.* Определение размеров и взаимного расположения элементов системы наполнения камер судоходных шлюзов из-под плоских подъемно-опускных ворот / А. М. Гапеев // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2012. — № 2. — С. 34–40.
13. *Рябов Г. Г.* Гидравлические исследования головной системы наполнения камеры судоходного шлюза с дополнительной подачей воды поверх опускных ворот / Г. Г. Рябов // Речной транспорт (XXI век). — 2011. — № 5 (53). — С. 68–74.
14. *Гапеев А. М.* Анализ существующих теоретических исследований по определению размеров водопропускных отверстий, образованных элементами головных систем питания камер судоходных шлюзов // А. М. Гапеев, А. В. Подрешетникова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 4 (26). — С. 95–100.
15. *Mäck A.* Ship lock-induced surges in an impounded river and their impact on subdaily flow velocity variation / A. Mäck, A. Lorke // River research and applications. — 2014. — Vol. 30. — Is. 4. — Pp. 494–507. DOI: 10.1002/rra.2648.

REFERENCES

1. *Gidravlicheskie issledovaniya sudokhodnykh shlyuzov Saratovskogo gidrouzla na stadii tekhnicheskogo proekta. Otchet o NIR.* M.: Gidroproekt im. S. Ya. Zhuka, 1962.
2. *Dopolnitel'nye gidravlicheskie issledovaniya sudokhodnykh shlyuzov Saratovskogo gidrouzla. Otchet o NIR.* M.: Gidroproekt im. S. Ya. Zhuka, 1962.
3. *Naturnye issledovaniya sudokhodnykh shlyuzov Saratovskogo gidrouzla v navigatsiyu 1969 g.* M.: Gidroproekt im. S. Ya. Zhuka, 1969.
4. *Razrabotat' optimal'nye rezhimy napolneniya i oporozhneniya shlyuzov Volzhskogo i Kamskogo kaskadov dlya propuska bol'shegruznykh sostavov. Otchet o NIR.* L.: LIVT, 1979.

5. Onipchenko, G. F. "Usloviya zakhoda sudov v shlyuzy izmenilis'." *River transport (XXIst century)* 9 (1973): 40–41.
6. *Razrabotat' optimal'nye rezhimy napolneniya kamer Volgogradskogo i Balakovskogo shlyuzov pri propuske bol'shegruznykh sudov i sostavov. Otchet o NIR.* L.: LIVT, 1981.
7. *Opredelenie optimal'nykh rezhimov shlyuzovaniya krupnotonnazhnogo flota cherez shlyuzy Balakovskogo RGS. Otchet o NIR.* M.: Gidroproekt im. S. Ya. Zhuka, 1976.
8. *Provesti poiskovye issledovaniya optimal'nykh form gasitel'nykh ustroystv golovnoi sistemy pitaniya shlyuza pri napolnenii iz-pod zatvora i razrabotat' metody rascheta gidrodinamicheskikh sil na osnove laboratornykh i naturnykh issledovaniy. Otchet o NIR.* L.: LIVT, 1982.
9. Kononov, V. V. "Issledovaniya uslovii stoyanki sudov pri napolnenii shlyuza Saratovskogo gidrouzla." *Uluchshenie sudokhodnykh uslovii na rekakh i povyshenie eks-pluatatsionnykh kachestv sudokhodnykh i portovykh gidrotekhnicheskikh sooruzhenii: sbornik trudov.* L.: LIVT, 1986: 186–198.
10. Gapeev, A. M. "Vliyanie otdel'nykh elementov verkhnei golovy shlyuza na gidravlicheskie parametry potoka." *Gidrotekhnicheskie sooruzheniya i putevye raboty na vnutrennikh vodnykh putyakh dlya sudokhodstva: sbornik trudov.* L.: LIVT, 1984: 148–155.
11. Gapeev, A. M., and N. Morozova. "Substantiation of safe modes of filling (emptying) of the chamber of the projected sluice." *Zhurnal Universiteta vodnykh kommunikatsii* 3 (2011): 11–13.
12. Gapeev, A. M. "Opredelenie razmerov i vzaimnogo raspolozheniya elementov sistemy napolneniya kamer sudokhodnykh shlyuzov iz-pod ploskikh pod'emno-opusnykh vorot." *Zhurnal Universiteta vodnykh kommunikatsii* 2 (2012): 34a–40.
13. Ryabov, G. G. "Gidravlicheskie issledovaniya golovnoi sistemy napolneniya kamery su-dokhodnogo shlyuza s dopolnitel'noi podachei vody poverkh opusnykh vorot." *River transport (XXIst century)* 5(53) (2011): 68–74.
14. Gapeev, A. M., and A. V. Podreshetnikova. "Analysis of the existing theoretical researches to determine the dimensions of the culvert openings formed components of the head power systems of the shipping lock's chambers." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 4(26) (2014): 95–100.
15. Mäck, A., and A. Lorke. "Ship lock-induced surges in an impounded river and their impact on subdaily flow velocity variation." *River research and applications* 30.4 (2014): 494–507. DOI: 10.1002/rra.2648.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гапеев Анатолий Михайлович —
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: kaf_gsk@gumrf.ru

Моргунов Константин Петрович —
Кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: morgunovkp@gumrf.ru

Подрешетникова Алиса Владимировна —
аспирант
Научный руководитель:
Гапеев Анатолий Михайлович
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: kaf_gsk@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Gapeev, Anatolii M. —
Dr. of Technical Sciences, professor
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: kaf_gsk@gumrf.ru

Morgunov, Konstantin P. —
PhD, associate professor
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: morgunovkp@gumrf.ru

Podreshetnikova, Alisa V. —
Postgraduate
Supervisor:
Gapeev, Anatolii M.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: kaf_gsk@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 13 сентября 2017 г.
Received: September 13, 2017.