

# ВОДНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-1-78-86

## ANALYSIS OF CHANGES IN THE BASIC PARAMETERS OF THE SYSTEM OF FILLING THE CHAMBER OF THE SHIP LOCK № 7 OF THE MOSCOW CANAL

**A. M. Gapeev, K. P. Morgunov**

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

*The results of the analysis of hydraulic, energy and kinematic parameters of the system of the lock-chamber filling from under the segment lift-down gate with trench conduits and screen-beam absorbers are presented. Concentrated (head) filling systems are widely used in sluice construction because of the structures simplicity, ease of operation and efficiency. All the locks built on the shipping canals of Russia in the 20th century — the White Sea - Baltic Canal, the Moscow Canal, the Volga-Don Ship Canal and the Volga-Baltic Canal — have head power systems. The systems of these locks chambers filling differ only in the composition of the elements forming the quenching chamber. Their selection was carried out in laboratory studies on the conditions of stationing in the chamber vessels operated at that time without taking into account changes in the energy and kinematic flow parameters, as well as changes in the fleet structure in the future. The dramatic increase in the draft and displacement of ships during the further development of shipbuilding significantly changed the conditions for passing the ships through the locks, especially large-capacity ships. The berthing conditions at almost all gateways with the head power supply system turned up unsatisfactory, in this connection the number of emergency situations significantly increased. The most difficult conditions for the ships passage occur on the sluices of the Moscow Canal. At present, the large-tonnage vessels with a displacement of up to 64,000 kN and push-trains with a displacement of up to 180,000 kN are passed through the canal locks. The analysis of changes in the basic parameters of the filling system was first performed using the example of sluice № 7. It has been established that the total area of trench water outlets is taken in a somewhat smaller area, which is formed when the segmental gate is raised to its full height in the design mode. The accepted length of the quench chamber turned out insufficient for the flow energy parameters. There are large flow rates in the inlet and outlet sections of the water outlets and in addition, a significant irregularity in their distribution along the length can be in the sluice chamber, which leads to an increase in the slopes of the water surface, and consequently the hydrodynamic forces acting on the vessels. The chamber filling system from under the segment lift-down gate with trench water outlets and screen-beam absorbers in front of them turned out imperfect in all the considered flow parameters and it requires further design changes.*

*Keywords: shipping lock, chamber filling system, trench water outlets, segment lift-down gate, screen and beam absorbers.*

### For citation:

Gapeev, Anatolii M., and Konstantin P. Morgunov. "Analysis of changes in the basic parameters of the system of filling the chamber of the ship lock № 7 of the moscow canal." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S. O. Makarova* 11.1 (2019): 78–86. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-1-78-86.

**УДК 626.4: 626.421.4.001.2**

## АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ НАПОЛНЕНИЯ КАМЕРЫ СУДОХОДНОГО ШЛЮЗА № 7 КАНАЛА ИМЕНИ МОСКВЫ

**А. М. Гапеев, К. П. Моргунов**

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

*Представлены результаты анализа гидравлических, энергетических и кинематических параметров системы наполнения камеры шлюза из-под сегментных подъемно-опускных ворот с траншейными водово-*

дами и экранно-балочными гасителями. Сосредоточенные (головные) системы наполнения нашли широкое применение в шлюзостроении из-за простоты конструкций, удобства в эксплуатации и экономичности. Все шлюзы, построенные на судоходных каналах России в XX веке – Беломорско-Балтийский канал, канал имени Москвы, Волго-Донской судоходный канал и Волго-Балтийский канал, имеют головные системы питания. Системы наполнения камер этих шлюзов отличаются между собой только составом элементов, образующих камеру гашения. Их выбор осуществлялся при проведении лабораторных исследований по условиям стоянки в камере эксплуатируемых в то время расчетных судов без учета изменения энергетических и кинематических параметров потока, а также изменений структуры флота в перспективе. Резкое увеличение при дальнейшем развитии судостроения осадок и водоизмещения судов существенно изменило условия пропуска через шлюзы судов, в особенности крупнотоннажных. Отмечается, что условия стоянки практически на всех шлюзах с головной системой питания оказались неудовлетворительными, в связи с чем значительно увеличилось количество аварийных ситуаций. Наиболее сложные условия пропуска судов имеют место на шлюзах канала имени Москвы. В настоящее время через шлюзы канала пропускаются крупнотоннажные суда водоизмещением до 64 000 кН и толкаемые составы водоизмещением до 180 000 кН. Анализ изменения основных параметров системы наполнения впервые выполнен на примере шлюза № 7. Установлено, что общая площадь траншейных водовыпусков принята несколько меньшей площади, образуемой при подъеме сегментных ворот на полную высоту при проектном режиме. Принятая длина камеры гашения оказалась недостаточной по энергетическим параметрам потока. Во входных и выходных сечениях водовыпусков имеют место большие скорости течений и, кроме того, в камере шлюза может наблюдаться значительная неравномерность их распределения по длине, что приводит к увеличению уклонов поверхности воды, а следовательно, и действующих на суда гидродинамических сил. Система наполнения камеры из-под сегментных подъемно-опускных ворот с траншейными водовыпусками и экранно-балочными гасителями перед ними оказалась несовершенной по всем рассматриваемым параметрам потока и требует в дальнейшем конструктивных изменений.

*Ключевые слова:* судоходный шлюз, система наполнения камеры, траншейные водовыпуски, сегментные подъемно-опускные ворота, экранно-балочные гасители.

**Для цитирования:**

Гапеев А. М. Анализ изменения основных параметров системы наполнения камеры судоходного шлюза № 7 канала имени Москвы / А. М. Гапеев, К. П. Моргунов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 1. — С. 78–86. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-1-78-86.

## **Введение (Introduction)**

Система питания камеры является важнейшим элементом в устройстве судоходного шлюза, которая оказывает существенное влияние на его пропускную способность и условия стоянки шлюзуемых судов. В строительных правилах по проектированию судоходных шлюзов<sup>1</sup> определены основные гидравлические требования к системам наполнения и опорожнения камер и даны рекомендации по их выбору. При выборе систем питания учитываются размеры камеры и расчетного судна, напор на камеру, она должна обеспечивать безопасные условия стоянки судна при оптимальном времени шлюзования для рассматриваемого водного пути.

Обоснование системы питания судоходных шлюзов и выбор режимов наполнения и опорожнения камер производится с учетом результатов теоретических и экспериментальных исследований [1], [2]. Наиболее широкое применение в России и за рубежом получили головные системы питания камер, как наиболее простые в конструктивном отношении и экономичные, используемые при напорах до 15 м. Головную систему наполнения камер имеют шлюзы Беломорско-Балтийского канала (ББК), канала имени Москвы (КиМ), Волго-Донского судоходного канала (ВДСК), Волго-Балтийского канала (ВБК), отдельные шлюзы на Волге, Каме, а также других реках и шлюзованных водных системах России.

Анализ эксплуатационных показателей работы существующих шлюзов с головной системой наполнения камер показывает, что их проектирование осуществлялось по условиям стоянки расчетных судов без учета в большинстве случаев кинематических и энергетических параметров

<sup>1</sup> СП 101.13330.2012. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. Актуализир. ред. СНиП 2.06.07–87. М.: Минрегион России, 2012. 70 с.

потока, поступающего в камеру и изменений структуры флота в перспективе. Увеличение грузоподъемности и осадок судов привело к существенному увеличению коэффициентов стеснения живого сечения камер при уровне нижнего бьефа, достигающих величины 0,6 и более, а следовательно, и к значительному увеличению действующих на крупнотоннажные суда продольных гидродинамических сил. По данным натурных исследований, условия стоянки судов практически на всех шлюзах с головной системой питания оказались неудовлетворительными: отмечается многократное превышение действующих на суда гидродинамических сил над нормативными значениями, наблюдаются навалы судов на ворота и бетонные конструкции шлюзов. Для обеспечения безопасности шлюзования крупнотоннажных судов были разработаны замедленные режимы подъема затворов, которые приводили к увеличению времени наполнения камер.

### Методы и материалы (Methods and Materials)

Для примера в табл. 1 приведены показатели шлюзов судоходных каналов России, имеющих головную систему наполнения камер. В таблице приведены основные размеры камер для отдельных шлюзов и их эксплуатационные показатели: максимальные расходы воды при проектных режимах подъема затворов  $Q_{\text{макс}}$ , средние значения энергии потока  $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ , поступающего в камеру, коэффициенты стеснения живого сечения при уровне нижнего бьефа для расчетного и крупнотоннажного судна  $K$ , превышение продольной гидродинамической силы, действующей на крупнотоннажное судно, над нормативным значением  $n$  и время наполнения камеры (по проекту и фактическое)  $T_{\text{нап}}$ .

Таблица 1

Эксплуатационные показатели отдельных шлюзов судоходных каналов

| № пп. | Наименование, тип и система наполнения камеры   | $H_k$ , м | Полезные размеры, м |                 |       | $Q_{\text{макс}}$ , м <sup>3</sup> /с | $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ , тыс. кВт | $K = \frac{\Omega_n}{\otimes}$ |                       | $n = P_{\text{макс}}/P_n$ | $T_{\text{нап}}$ , мин |       |
|-------|-------------------------------------------------|-----------|---------------------|-----------------|-------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------|-------|
|       |                                                 |           | $L_{\text{ПК}}$     | $B_{\text{ПК}}$ | $h_n$ |                                       |                                      | расчетное судно                | крупнотоннажное судно |                           | проект.                | факт. |
| 1     | № 7 ББК, однокамерный, через галереи в голове   | 5,35      | 135                 | 14,5            | 3,7   | 45                                    | 0,5                                  | 0,34                           | 0,78                  | 8                         | 6                      | 10    |
| 2     | № 10 КиМ, однокамерный, из-под сегментных ворот | 5,90      | 290                 | 30              | 4,0   | 203                                   | 9,9                                  | 0,41                           | 0,61                  | 2,5                       | 13,5                   | 16,5  |
| 3     | № 2 ВДСК, однокамерный, из-под плоских ворот    | 9,45      | 145                 | 17,8            | 4,0   | 101                                   | 3,2                                  | 0,39                           | 0,66                  | 2                         | 8                      | 9     |
| 4     | № 2 ВБК, однокамерный, из-под плоских ворот     | 12,75     | 270                 | 17,8            | 4,2   | 203                                   | 5,3                                  | 0,57                           | 0,68                  | 3                         | 12                     | 13,5  |

Из табл. 1 видно, что увеличение коэффициентов стеснения в 1,5–2,0 раза привело к увеличению действующих на крупнотоннажные суда гидродинамических сил. Наиболее существенное их увеличение наблюдалось для шлюза № 7 ББК: при очень малой средней энергии потока 0,5 тыс. кВт оно составило восемь раз, что свидетельствует об отсутствии в шлюзах ББК эффективных гасительных устройств. Снижения гидродинамических сил в них удалось добиться за счет уменьшения скорости подъема затворов с 0,24 до 0,11–0,13 м/мин [3], но при увеличении времени наполнения камеры с шести до десяти минут. Система наполнения камер типа ББК — через галереи в головах под порогом — нуждается в реконструкции, и при проектировании новых шлюзов в России не рассматривалась.

Наибольшее значение средней энергии потока зафиксировано для шлюза № 10 КиМ — 9,9 тыс. кВт, увеличение гидродинамических сил составило 2,5 раза и их снижение достигнуто за счет уменьшения высоты подъема сегментных ворот с 2,0 до 1,2 м, а время наполнения

камеры увеличилось с 13,5 до 16,5 мин. В системе наполнения камер шлюзов канала им. Москвы, как и в шлюзах ББК, отсутствуют эффективные гасительные устройства.

Шлюзы № 2 ВДСК № 2 ВБК имеют меньшие значения средней энергии потока по сравнению со шлюзом № 10 КиМ, они обладают более совершенными гасительными устройствами и поэтому снижение гидродинамических сил для крупнотоннажных судов привело к незначительному увеличению времени наполнения камер: на 1,0–1,5 мин. Безопасность шлюзования судов в них достигнута за счет уменьшения скорости подъема плоских ворот [4], [5].

С пропусками крупнотоннажных судов через шлюзы судоходных каналов, как показывают данные эксплуатации, связаны и аварийные ситуации в камерах шлюзов и на подходах к ним [6]. В табл. 2 приведены сведения о навалах судов в шлюзах судоходных каналов России, зафиксированные за период наблюдений 1985–1998 гг., и указано количество шлюзов на судоходных каналах, год ввода их в эксплуатацию, продолжительность наблюдений и общее число навалов, а также количество навалов судов на элементы шлюзов.

Таблица 2

Сведения о навалах судов в камерах судоходных шлюзов

| № пп. | Судоходные каналы              | Кол-во шлюзов | Год ввода в эксплуат. | Период наблюдений, лет | Всего навалов | Элементы шлюза |        |               |
|-------|--------------------------------|---------------|-----------------------|------------------------|---------------|----------------|--------|---------------|
|       |                                |               |                       |                        |               | верхняя голова | камера | нижняя голова |
| 1     | Беломорско-Балтийский канал    | 19            | 1933                  | 8                      | 29            | 1              | 14     | 14            |
| 2     | Канал им. Москвы               | 11            | 1937                  | 14                     | 120           | 28             | 33     | 59            |
| 3     | Волго-Донской судоходный канал | 13            | 1952                  | 13                     | 50            | 13             | 3      | 34            |
| 4     | Волго-Балтийский канал         | 8             | 1964                  | 13                     | 49            | 18             | 10     | 21            |

Приведенные в таблице сведения свидетельствуют о том, что значительная часть навалов приходится на головы шлюзов, в особенности, на нижние, которые являются основными элементами напорного фронта сооружений. Наименьшее количество навалов за восьмилетний период наблюдений было зафиксировано на Беломорско-Балтийском канале, имеющем шесть однокамерных и 13 двухкамерных шлюзов. Однако следует отметить, что они эксплуатируются при менее интенсивном судоходстве по сравнению с другими судоходными каналами. Наибольшее число навалов имеют шлюзы Канала им. Москвы — 120, что почти в 2,5 раза больше по сравнению со шлюзами ВДСК и ВБК при одинаковом периоде наблюдений. Кроме того, шлюзы КиМ имеют ширину камеры в 1,7 – 2,0 раза больше по сравнению с другими шлюзами каналов (см. табл. 1).

Неудовлетворительные условия стоянки крупнотоннажных судов в шлюзах КиМ и большое количество навалов в них на элементы сооружений могут быть связаны в основном с системой питания камеры из-за отсутствия эффективных гасительных устройств. Оценка качества системы наполнения и опорожнения камеры в условиях пропуска крупнотоннажных судов в шлюзах КиМ по гидравлическим, энергетическим и кинематическим параметрам потока пока не выполнялась.

### Результаты (Results)

Анализ изменения основных параметров системы наполнения камеры из-под сегментных ворот выполнен на примере шлюза № 7 КиМ, который является двухкамерным. Верхняя камера шлюза при напоре  $H_k = 9,78$  м имеет полезную длину  $L_{ПК} = 290$  м, ширину  $B_{ПК} = 30$  м, глубину воды  $h_k = 5,59$  м и глубину на пороге  $H_n = 5,5$  м. Верхняя голова шлюза (рис. 1) состоит из стенки падения высотой  $h_c = 4,28$  м, имеющей широкий прямоугольный неразрезной порог, и железобетонного устоя толщиной 10,18 м, к которому закреплены ноги подъемно-опускных сегментных ворот. Ниша для размещения ворот в судоходном положении имеет длину 9,08 м. В устье на уровне

днища головы расположены четыре траншейных водовода, диаметром по 4 м каждый, перед которыми на расстоянии 2,0 м установлены экранно-балочные гасители высотой 2,4 м. Дно камеры шлюза расположено на 1,6 м ниже дна траншейных водоводов.

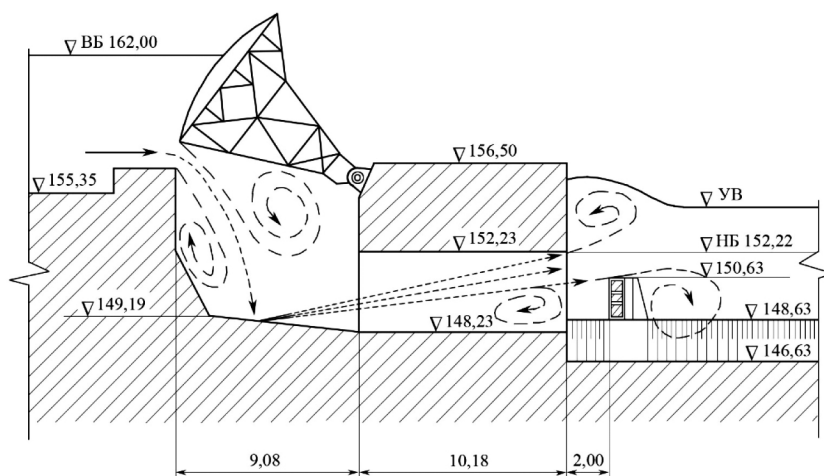


Рис. 1. Схема верхней головы шлюза № 7 КиМ

Гидравлические и энергетические параметры системы наполнения верхней камеры шлюза № 7 при проектном режиме подъема ворот даны на рис. 2.

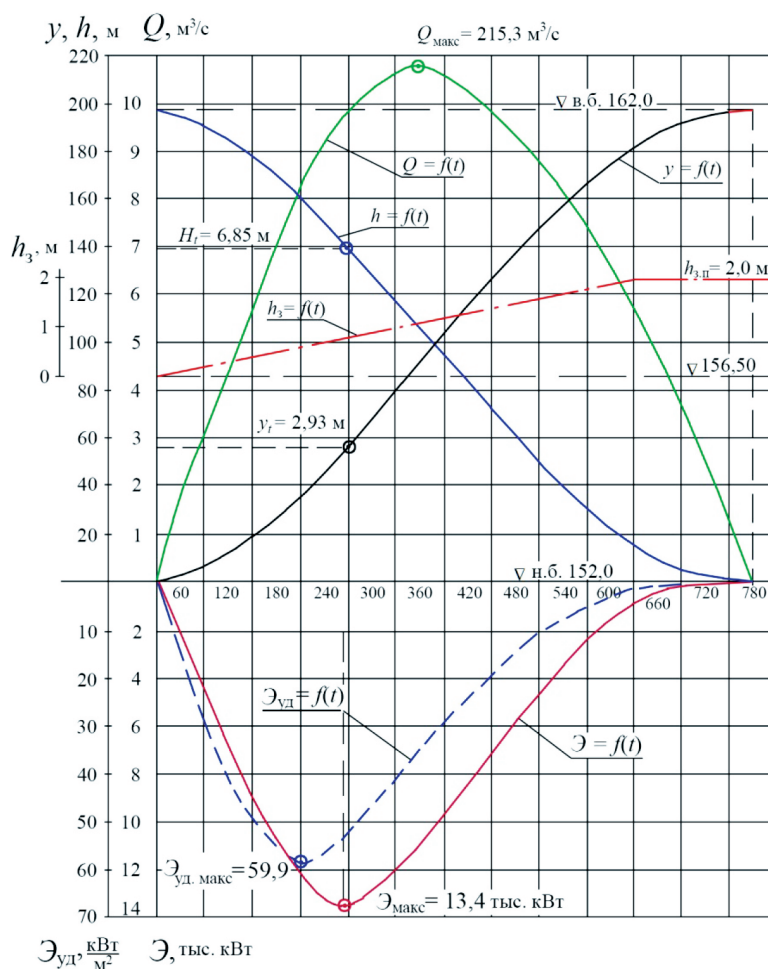


Рис. 2. Гидравлические и энергетические параметры наполнения камеры шлюза № 7 КиМ

При подъеме ворот на высоту 2,0 м с постоянной скоростью 0,2 м/мин время наполнения камеры при максимальной величине расхода 215,3 м<sup>3</sup>/с составило 13,0 мин. Максимальная энергия потока  $\mathcal{E}_{\text{макс}}$ , поступающего в камеру, оказалось равной 13,4 тыс. кВт, она наступает при напоре  $H_i = 0,7 H_k$ , так же, как при наполнении камеры из-под плоских ворот и через короткие обходные галереи [7], [8]. Максимальное значение удельной энергии потока  $\mathcal{E}_{\text{уд. макс}}$  составило 59,9 кВт/м<sup>2</sup>.

Анализ кинематических параметров потока показывает, что при наполнении (см. рис. 1) вихревые течения возникают при отрыве струй с кромки порога и носка сегментных ворот в нише верхней головы, с верхних кромок водопропускных отверстий и за балочным гасителем в камере шлюза, а также в водоводах перед гасителями.

### Обсуждение (Discussion)

В вихревых зонах гасится значительная часть энергии потока, однако их положение может привести к сжатию водопропускных отверстий [9] и тем самым к увеличению скорости течения в пределах головы и в камере шлюза. Общая площадь траншейных водоводов  $\omega_{\text{вх}} = 52,24 \text{ м}^2$  принята меньше площади водопропускного отверстия, образующегося при подъеме ворот на полную высоту  $\omega_0 = 60,0 \text{ м}^2$ , что приводит к увеличению скорости во входных сечениях водоводов до 4,12 м/с. Скорость потока на выходе из водоводов при его сжатии перед экранно-балочными гасителями может увеличиваться примерно до 9,9 м/с. Кроме того, балочные гасители перед траншейными водоводами отклоняют поток к поверхности воды в камере, образуя бугры, которые растекаясь, увеличивают прямые уклоны водной поверхности, а следовательно, и гидродинамические силы, действующие на шлюзуемые суда. Наличие вихревых течений за гасителями может привести к изменению донных скоростей и неравномерности их распределения по глубине на значительном расстоянии по длине камеры шлюза. Этому также способствует значительное понижение отметки дна камеры. По данным натурных исследований, например, на Саратовских шлюзах, имеющих систему наполнения камер из-под плоских подъемно-опускных ворот при пониженной отметке дна камеры 0,5 м и наличии вихревого вальца за балочной решеткой неравномерное распределение скоростей наблюдается на расстоянии 120 м от верхней головы [7].

Установлено также, что длина камеры гашения шлюза № 7, равная длине ниши затвора 9,08 м, является недостаточной по энергетическим параметрам потока. Объем камеры гашения потока при любой схеме открытия затворов по А. В. Михайлову [10] определяется по зависимости

$$V = A \mathcal{E}_{\text{макс}},$$

где  $A = 0,20\text{--}0,25$  — коэффициент, характеризующий качество системы питания.

Учитывая т, что  $V = l_{\text{кг}} B_{\text{пк}} h_c$ , расчетная длина камеры гашения для рассматриваемой системы питания должна быть принятой не менее

$$l_{\text{кг}} = \frac{A \mathcal{E}_{\text{макс}}}{B_{\text{пк}} h_c} = \frac{0,2 \cdot 13\,400}{30 \cdot 4,28} = 20,9 \text{ м} (\approx 21,0 \text{ м}),$$

т. е. почти в два раза больше первоначально принятой.

Расчетная длина успокоительного участка в камере шлюза, на котором должно происходить выравнивание скоростей потока по глубине,

$$l_y = A \mathcal{E}_{\text{уд. макс}} = 0,2 \cdot 59,9 = 11,98 \text{ м} (\approx 12,0 \text{ м}).$$

Для систем наполнения из-под плоских ворот при наличии эффективных гасительных устройств она составляет около 5–6 м [11].

### Заключение (Conclusion)

Выполненные исследования системы наполнения из-под сегментных подъемно-опускных ворот показывают, что она не удовлетворяет требованиям по гидравлическим, энергетическим и кинематическим параметрам потока, поступающего в камеру:

- недостаточная площадь водопропускных отверстий;
- небольшая длина камеры гашения;
- большие скорости потока на выходе из водопропускных отверстий;
- наличие перед траншейными водоводами гасителей, которое приводит к неравномерному распределению скоростей по глубине воды в камере.

Принятая длина камеры гашения 9,08 м по условиям размещения сегментных ворот в судоходное положение при высоте подъема 2,0 м, считается «тормозной», так как задерживает движение потока на входе в траншейные водовыпуски. В настоящее время шлюз № 7 КиМ эксплуатируется при режиме подъема затвора наполнения на высоту 1,32 м, что привело к уменьшению площади водопропускного отверстия до  $\omega_0 = 39,6 \text{ м}^2$ . Увеличение площади входных отверстий траншейных водоводов составило 1,32, но при этом время наполнения камеры увеличилось до 16,5 мин, а скорости на выходе потока существенно не изменились.

Экспериментальные и теоретические исследования влияния элементов на гидравлические параметры потока показали, что для уменьшения скоростей движения потока необходимо постепенно увеличивать площади водопропускных отверстий, образуемых элементами системы питания, примерно в 1,5 – 2,0 раза [10], [12]. Равномерное распределение скоростей по глубине воды в камере шлюза обеспечивается за счет устройства вертикальной распределительной решетки с неравномерным шагом отверстий между балками по высоте, увеличивающимся снизу вверх.

Система наполнения камер судоходных шлюзов канала имени Москвы из-под подъемно-опускных сегментных ворот с траншейными водовыпусками и экранными гасителями оказалась несовершенной по всем рассматриваемым параметрам потока. Безопасные условия шлюзования крупнотоннажных судов в шлюзах КиМ могут обеспечиваться при существующей системе питания только за счет уменьшения высоты подъема ворот при увеличении времени наполнения камеры, а следовательно, при существенном снижении пропускной способности. Кардинальным решением, учитывая срок эксплуатации более 80 лет является полная или частичная реконструкция систем питания и других элементов шлюзов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гапеев А. М. Исследования вариантов верхней головы проектируемого шлюза Багаевского гидроузла / А. М. Гапеев, Г. Г. Рябов, Т. Ю. Нычик // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 3. — С. 524–536. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-3-524-536.
2. Рябов Г. Г. Моделирование процесса наполнения камеры судоходного шлюза с учетом данных натурных наблюдений / Г. Г. Рябов, А. Н. Ушакевич, Р. С. Смирнов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 5. — С. 993– 1006. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-993-1006.
3. Полилова А. И. Уменьшение гидродинамической силы при наполнении шлюза / А. И. Полилова // Речной транспорт. — 1972. — № 3. — С. 43–45.
4. Василевский В. П. Исследования условий стоянки судов при наполнении камер типовых шлюзов ВБВП / В. П. Василевский // Проектирование и техническая эксплуатация судоходных сооружений и подходов к ним: сб. трудов. — Л.: ЛИВТ, 1984. — С. 31–40.
5. Василевский В. П. Исследования условий стоянки судов при наполнении камер типовых шлюзов ВДСК / В. П. Василевский // Интенсификация использования судоходных и портовых гидротехнических сооружений и повышение качества путевых работ по улучшению судоходных условий на реках: сб. трудов. — Л.: ЛИВТ, 1987. — С. 63–69.
6. Нычик Т. Ю. Анализ аварийных ситуаций при шлюзовании судов / Т. Ю. Нычик // Журнал университета водных коммуникаций. — 2011. — № 4. — С. 105–112.
7. Гапеев А. М. Совершенствование системы наполнения камер судоходных шлюзов Саратовского гидроузла / А. М. Гапеев, К. П. Моргунов, А. В. Подрешетникова // Вестник Государственного университе-

та 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.

8. Гапеев А. М. Оценка качества системы питания судоходного шлюза с короткими обходными галереями / А. М. Гапеев, К. П. Моргунов // Гидротехническое строительство. — 2018. — № 1. — С. 17–21.

9. 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. трудов. — Л.: ЛИВТ, 1984. — С. 148–155.

10. Михайлов А. В. Головные системы питания судоходных шлюзов и их расчет / А. В. Михайлов. — М.: Минречфлот СССР, 1951. — 172 с.

11. Гапеев А. М. Результаты исследований процесса наполнения камеры второй нитки Шекснинского шлюза / А. М. Гапеев, Б.В. Коленко // Технический прогресс в проектировании и эксплуатации водных путей и гидротехнических сооружений: сб. трудов. — Л.: Транспорт, 1983. — № 176. — С. 48–54.

12. Гапеев А. М. Система наполнения камеры низконапорного судоходного шлюза из-под сегментных подъемно-опускных ворот / А. М. Гапеев, К. П. Моргунов, М. К. Карачева // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 6. — С. 1227–1233. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-6-1227-1233.

## REFERENCES

1. Gapeev, Anatolii M., Georgii G. Ryabov, and Tatyana Yu. Nychik. “Study of options for top head of designed gateway of Bagaevsk waterworks.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 9.3 (2017): 524–536. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-3-524-536.

2. Ryabov, Georgiy G., Alexandr N. Ushakevich, and Ruslan S. Smirnov. “Simulation the filling navigation lock chamber process by results of field observations.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 9.5 (2017): 993–1006. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-993-1006.

3. Polilova, A. I. “Umen'shenie gidrodinamicheskoi sily pri napolnenii shlyuza.” *Rechnoi transport* 3 (1972): 43–45.

4. Vasilevskii, V. P. “Issledovaniya uslovii stoyanki sudov pri napolnenii kamer tipovykh shlyuzov VBVP.” *Proektirovanie i tekhnicheskaya ekspluatatsiya sudo-khodnykh sooruzhenii i podkhodov k nim: sb. trudov*. L.: LIVT, 1984. 31–40.

5. Vasilevskii, V. P. “Issledovaniya uslovii stoyanki sudov pri napolnenii kamer tipovykh shlyuzov VDSK.” *Intensifikatsiya ispol'zovaniya sudokhodnykh i porto-vykh gidrotekhnicheskikh sooruzhenii i povyshenie kachestva putevykh rabot po uluchsheniyu sudokhodnykh uslovii na rekakh: sb. trudov*. L.: LIVT, 1987. 63–69.

6. Nyichic, T. Yu. “Analysis of emergency situations when locking ships.” *Zhurnal universiteta vodnykh kommunikatsii* 4 (2011): 105–112.

7. 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.

8. Gapeev, A. M., and K. P. Morgunov. “Otsenka kachestva sistemy pitaniya sudokhodnogo shlyuza s korotkimi ob-khodnymi galereyami.” *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* 1 (2018): 17–21.

9. Gapeev, A. M. “Vliyanie ot-del'nykh elementov verkhnei golovy shlyuza na gidravlicheskie parametry potoka.” *Gidrotekhnicheskoe sooruzheniya i putevye raboty na vnutrennikh vodnykh putyakh dlya sudokhodstva: sb. trudov*. L.: LIVT, 1984. 148–155.

10. Mikhailov, A. V. *Golovnye sistemy pitaniya sudokhodnykh shlyuzov i ikh raschet*. M.: Minrechflot SSSR, 1951.

11. Gapeev, A. M., and B. V. Kolenko. “Rezultaty issledovaniya protsessov napolneniya kamery vtoroi nitki Sheksninskogo shlyuza.” *Tekhnicheskii progress v proektirovanii i ekspluatatsii vodnykh putei i gidrotekhnicheskikh sooruzhenii: sb. trudov*. L.: Transport, 1983. № 176. 48–54.

12. Gapeev, Anatolii M., Konstantin P. Morgunov, and Mariya K. Karacheva. “Filling system of low-shipping shipping camera chamber from segment lifting-gate doors.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 9.6 (2017): 1227–1233. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-6-1227-1233.

#### 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](mailto: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](mailto:morgunovkp@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](mailto: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](mailto:morgunovkp@gumrf.ru)

*Статья поступила в редакцию 30 января 2019 г.*

*Received: January 30, 2019.*