

PROPOSALS ON THE METHOD FOR CALCULATING WATER LEAKAGES THROUGH THE SLUICE GATES AND VALVES

S. G. Kovyrshin¹, K. P. Morgunov²

¹ — Tsimlyanskiy district of hydraulic structures and shipping —
branch of “Volgo-Don” Administration, Volgogradsk, Russian Federation

² — Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

The proposals for adjusting the method for determining water leakages through leaks in the sluice gates and valves are presented in the paper. The methodology for leaks accounting and determining the values of infiltrated water consumptions is determined by the current “Instruction for observations and research at navigable hydraulic structures”. However, as shown in the paper, the methodology established by the current regulatory document is not free from shortcomings. The effect on the change in water levels in the lock chamber of the simultaneous processes of water inflow through the leaks of the upstream end of the lock and leakages through the structures of the downstream end of the lock is not taken into account. For a more accurate determination of the change in water levels in the chamber, it is necessary to take into account both processes and their mutual influence, that is, after calculating the filtration leaks through the downstream end of the lock, the leaks through the upstream end of the lock must be recalculated, and vice versa. A new approach to determine the leaks using an iterative calculation process is proposed. Comparison of the data obtained by calculation using two methods with the results of experiments carried out on the operating gateway № 15 of the Volgo-Don Administration is carried out. It is noted that the data obtained according to the method established by the current regulatory document give overestimated values of the water levels in the chamber in comparison with the experience. The coincidence of the experimental data with the data calculated by the proposed iterative method has turned out to be more reliable. In addition, unreliability and laboriousness of the methods for monitoring the water level in the chamber using a boat or binoculars, as recommended by the current instructions, are noted. It is recommended to use the modern technical means for measuring and processing results, which are currently available as part of the equipment of operating shipping locks.

Keywords: shipping lock, lock chamber, sluice gates and valves, water leakages, iterative calculation methods.

For citation:

Kovyrshin, Sergey G., and Konstantin P. Morgunov. “Proposals on the method for calculating water leakages through the sluice gates and valves.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 13.3 (2021): 332–340. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-3-332-340.

УДК 626.45: 532.575.2

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА УТЕЧЕК ВОДЫ ЧЕРЕЗ ВОРОТА И ЗАТВОРЫ СУДОХОДНЫХ ШЛЮЗОВ

С. Г. Ковыршин¹, К. П. Моргунов²

¹ — Цимлянский РГСиС — филиал ФБУ «Администрация «Волго-Дон»,
Волгодонск, Российская Федерация

² — ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

В статье обоснованы предложения по корректировке методики определения утечек воды через неплотности в воротах и затворах судоходного шлюза. Методология учета утечек и определения значений расходов просачивающейся воды обусловлена действующей «Инструкцией по наблюдениям и исследованиям на судоходных гидротехнических сооружениях». Однако существующая методика, установленная в соответствии с действующим нормативным документом, не лишена недостатков. В частности, в ней не учитывается влияние на изменение уровней воды в камере шлюза одновременных процессов поступ-

ления воды через неплотности верхней головы и утечки через конструкции нижней головы. Отмечается, что для более точного определения изменения уровней воды в камере необходим учет обоих процессов и их взаимное влияние, т. е. после расчета фильтрационных утечек через нижнюю голову должны быть пересчитаны утечки через верхнюю голову и наоборот. Предложен новый подход к определению утечек с использованием итерационного процесса расчета. Выполнено сравнение данных, полученных расчетным способом по двум методикам, с результатами опытов, выполненных на действующем шлюзе № 15 ФБУ «Администрация «Волго-Дон». Обращается внимание на то, что данные, полученные по методике, установленной в соответствии с действующей инструкцией, дают завышенные по сравнению с опытными данными значения уровней воды в камере. Подчеркивается, что более достоверным оказалось совпадение опытных данных с данными, рассчитанными по предлагаемой итерационной методике. Кроме того, отмечается ненадежность и трудозатратность методов наблюдения за уровнем воды в камере с использованием лодки или бинокля, как это рекомендовано действующей инструкцией. Рекомендовано использование современных технических средств измерений и обработки результатов, имеющихся в настоящее время в составе оборудования действующих судоходных шлюзов.

Ключевые слова: судоходный шлюз, камера шлюза, утечка воды, ворота и затворы, итерационные методы расчета.

Для цитирования:

Ковыркин С. Г. Предложения по методике расчета утечек воды через ворота и затворы судоходных шлюзов / С. Г. Ковыркин, К. П. Моргунов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2021. — Т. 13. — № 3. — С. 332–340. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-3-332-340.

Introduction (Введение)

Гидравлические процессы, имеющие место при наполнении и опорожнении камер судоходных шлюзов, оказывают существенное влияние на безопасность условий шлюзования судов, поэтому исследованию этих процессов всегда уделялось большое внимание. Так, в работах [1]–[3] выполнен анализ гидравлических процессов в шлюзах с различными системами питания, работы [4]–[6] посвящены вопросам физического и математического моделирования режимов течения, проблемы изменения характеристик систем наполнения в процессе длительной эксплуатации или реконструкций рассмотрены в работах [7]–[9]. Анализ недостатков существующих систем питания шлюзов и предложения по их улучшению представлены в работах [10]–[12]. Кроме того, влияние на характер наполнения и опорожнения камер оказывают утечки воды через неплотности затворов, расположенных на водопроводных галереях, а также затворенные ворота. Наблюдения за ними является важным источником информации о состоянии уплотнений металлоконструкций.

Данные об увеличении расхода воды, фильтрующейся (просачивающейся) через закрытые ворота и затворы, позволяют судить об износе уплотнений в течение навигации, а также о качестве ремонта, выполненного в течение межнавигационного периода. Согласно нормативному документу [13], показателем, определяющим работу уплотнений, является расход воды, проникающей через них при закрытых воротах и затворах. При этом на практике весьма важной задачей является количественная оценка таких утечек. На шлюзах с искусственным (машинным) питанием верхнего бьефа утечки воды являются прямым источником непроизводительных потерь: объем утечек непосредственно связан с дополнительным объемом перекачки воды насосами и может быть выражен в конкретных суммах затрат на электроэнергию, обслуживание и поставку запчастей для насосных станций. Кроме того, в процессе утечек на металлоконструкциях ворот и затворов могут развиваться вибрационные и кавитационные явления, приводящие, в свою очередь, к их преждевременному износу.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Расход воды, просачивающейся через щели и неплотности в воротах и затворах, которые в гидравлическом отношении можно рассматривать как отверстия, «работающие» в напорном режиме, определяется по формуле

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH}, \quad (1)$$

где Q — расход воды, м³/с; μ — коэффициент расхода; ω — суммарная площадь живого сечения отверстий, м²; $g = 9,81$ м/с² — ускорение свободного падения; H — геометрический напор, м, представляющий собой расстояние от центра отверстия до свободной поверхности жидкости.

Использование формулы (1) для выполнения практических расчетов величины утечек через ворота и затворы является затруднительным ввиду сложности оценки коэффициента расхода μ , а также определения реальных величин площади неплотностей ω и действительного напора H .

На практике, согласно требованиям инструкции [13], рекомендуется применять методику, в которой для определения расхода утечек камера шлюза используется в качестве мерного сосуда. При поступлении воды в камеру через ворота и затворы верхней головы или истечении из нее воды через устройства нижней головы будет изменяться уровень воды в камере. Тогда фильтрационный расход воды, поступающей, например, через верхнюю голову, можно определить в виде

$$Q_B = \Omega \frac{h_B}{t_B}, \quad (2)$$

где Ω — площадь зеркала камеры шлюза, м²; h_B — повышение уровня воды в камере за период наблюдений, м; t_B — время наблюдений, с.

Однако в реальности одновременно с поступлением воды в камеру через неплотности в уплотнениях верхней головы будут наблюдаться утечки воды из камеры через неплотности в нижней голове. Более того, вследствие волновых явлений в камере шлюза и подходном канале может возникнуть ситуация обратной фильтрации, что существенно исказит результаты опыта и затруднит оценки. Поэтому, согласно [13], определять утечки воды через верхнюю голову следует при уровне воды в камере на 1–2 м выше уровня нижнего бьефа (УНБ), а при определении фильтрации через нижнюю голову, соответственно, на 1–2 м ниже уровня верхнего бьефа. Таким образом, при расчете утечек через верхнюю голову необходимо учитывать утечки воды через нижнюю голову и наоборот. В этом случае формула (2) для расчета утечек через верхнюю голову примет вид

$$Q_B = \Omega \frac{h_B}{t_B} + A \Omega \frac{h_H}{t_H}, \quad (3)$$

где $\Omega \frac{h_H}{t_H}$ — фильтрационный расход через нижнюю голову; A — коэффициент, показывающий, какую долю фильтрации через нижнюю голову следует учитывать при определении утечек через верхнюю голову.

Рассуждая аналогично, можно получить формулу для расчета утечек через нижнюю голову:

$$Q_H = \Omega \frac{h_H}{t_H} + B \Omega \frac{h_B}{t_B}. \quad (4)$$

Здесь коэффициент B определяет долю утечек через верхнюю голову, которую следует учитывать при расчетах утечек через нижнюю голову.

Величины коэффициентов A и B зависят от конструкции верхней головы шлюза — наличия стенки падения. Согласно формуле (1), расход утечек пропорционален квадратному корню из напора. При этом следует понимать, что утечки через верхнюю голову увеличивают уровень воды в камере. Если в начале цикла измерений уровень воды был равен y_B и в течение периода наблюдений изменился на величину h_B , то в среднем за период наблюдений напор на нижнюю голову можно принять равным $(y_B + 0,5h_B)$. Утечки через нижнюю голову уменьшают уровень воды в камере, поэтому при начальном напоре H_H средний напор за период наблюдений равен $(H_H - 0,5h_H)$. Тогда с учетом пропорциональности расхода квадратному корню из напора получим формулы для расчета коэффициентов A и B :

$$A = \sqrt{\frac{y_B + 0,5h_B}{H_H - 0,5h_H}}; \quad B = \sqrt{\frac{y_H + 0,5h_H}{H_B - 0,5h_B}}.$$

Эти формулы для определения коэффициентов для шлюза без стенки падения приведены в инструкции [13].

При наличии в конструкции верхней головы шлюза стенки падения формулы (3), (4) принимают вид:

$$Q_B = \frac{\Omega \left(\frac{h_B}{t_B} + A \frac{h_H}{t_H} \right)}{1 - AB}; \quad (5)$$

$$Q_H = \frac{\Omega \left(\frac{h_H}{t_H} + B \frac{h_B}{t_B} \right)}{1 - AB}, \quad (6)$$

где коэффициенты A и B для шлюза со стенкой падения.

Данные коэффициенты A и B , в соответствии с [1], определяются выражениями:

$$A = \sqrt{\frac{y_B + 0,5 h_B}{H_H - 0,5 h_H}}; \quad B = \sqrt{\frac{y_H + 0,5 h_H}{0,5 H_1}}. \quad (7)$$

Здесь y_B и y_H — разница уровней в камере и верхнем и нижнем бьефах соответственно; H_1 — напор на верхнюю голову со стороны камеры; H_H — напор на нижнюю голову.

Однако анализ показывает, что формулы (5)–(7) имеют некоторые неточности. Так, напор на пороге верхней головы в формуле для определения коэффициента B остается постоянным во время наблюдения и равным H_1 , поэтому коэффициент 0,5 в данном случае является ошибочным. Кроме того, в процессе расчетов следует учитывать взаимное влияние утечек через нижнюю и верхнюю головы, т. е. после расчета фильтрационных утечек через нижнюю голову должны быть пересчитаны утечки через верхнюю голову и наоборот. Расчеты должны выполняться итерационным методом [14]. Учет итерационного процесса приводит к следующим выражениям для расходов утечек:

$$Q_B = \frac{\Omega \frac{h_B}{t_B} + A Q_H}{K_B}; \quad (8)$$

$$Q_H = \frac{\Omega \frac{h_H}{t_H} + B Q_B}{K_H}. \quad (9)$$

Здесь $K_B = \sqrt{\frac{H_H}{H_H}}$; $K_H = \sqrt{\frac{H_B}{H_H}}$ — использованные параметры; $\overline{H_H}$ и $\overline{H_B}$ — среднее за время наблюдения значение напора на верхнюю и нижнюю головы соответственно; $\overline{H_H}$ — среднее значение полного (максимального) напора.

Изменение уровня воды в камере определится величиной изменения объема, который состоит из притока через верхнюю голову и оттока через нижнюю. Тогда из формул (8), (9) получим

$$h = \frac{Q_B K_B - Q_H K_H}{\Omega} t.$$

Таким образом определится отметка уровня воды в камере с учетом взаимного влияния утечек воды через нижнюю и верхнюю головы.

Результаты (Results)

Для проверки адекватности итерационной модели был выполнен ряд расчетов, в процессе которых в качестве входных данных задавались значения Q_B и Q_H , а также рассчитывались теоретические значения h при различных разностях уровней в камере и верхнем и нижнем бьефах y_B , y_H . Полученные значения h использовались при вычислениях расчетных полных расходов Q_B , Q_H по формулам (5), (6) и (8), (9).

В качестве входных данных модели были использованы значения уровней и расходов, характерных для шлюза № 15 Цимлянского РГСЧС филиала ФБУ «Администрация «Волго-Дон»:

УВБ = 24,60 м — уровень верхнего бьефа;

УНБ = 12,50 м — уровень нижнего бьефа;

$Q_v = 900 \text{ м}^3/\text{с}$ — расход через верхнюю голову;

$Q_n = 500 \text{ м}^3/\text{с}$ — расход через нижнюю голову.

Результаты расчета Q_v , Q_n при различных уровнях в камере, верхнем и нижнем бьефах y_v , y_n приведены в табл. 1, откуда видно, что результаты расчетов, выполненных по итерационным формулам (8), (9), полностью соответствуют значениям, заданным математической моделью, тогда как расчеты, выполненные с помощью формул (5), (6), заимствованных из инструкции [13], завышают заданные значения. Кроме того, разница уровней y_v , y_n не должна оказывать влияние на результаты вычисления полных расходов Q_v , Q_n , однако для формул, приведенных в инструкции [13], такая зависимость четко прослеживается. Для уточнения методики расчета утечек и сравнения полученных значений с опытными данными был проведен ряд опытов на шлюзе № 15 Цимлянского гидроузла.

Таблица 1

Результаты теоретических расчетов утечек Q_v , Q_n

№ п/п.	Уровень верхнего бьефа	Уровень нижнего бьефа	y_v	y_n	h_v	h_n	Формулы (5), (6)		Итерационные формулы (8), (9)	
							Q_v	Q_n	Q_v	Q_n
1	24,60	12,50	1,0	1,0	0,43	−0,03	966	700	900	500
2	24,60	12,50	1,5	1,0	0,41	−0,03	986	713	900	500
3	24,60	12,50	2,0	1,0	0,40	−0,03	1005	726	900	500
4	24,60	12,50	1,0	1,5	0,43	0,03	989	757	900	500
5	24,60	12,50	1,5	1,5	0,41	0,03	1018	781	900	500
6	24,60	12,50	2,0	1,5	0,40	0,03	1046	804	900	500
7	24,60	12,50	1,0	2,0	0,43	0,08	1012	813	900	500
8	24,60	12,50	1,5	2,0	0,41	0,08	1052	851	900	500
9	24,60	12,50	2,0	2,0	0,40	0,08	1092	889	900	500
Среднее значение							1018	782	900	500
Среднеквадратическое отклонение S							39	64	0	0
Коэффициент вариации V , %							3,8	8,2	0	0

Шлюз № 15 — однокамерный со стенкой падения. Для данного типа шлюзов, согласно инструкции [13], величину утечек следует рассчитывать по формулам (5), (6). Схемы опытов по определению утечек через верхнюю и нижнюю головы приведены на рисунке (с. 337).

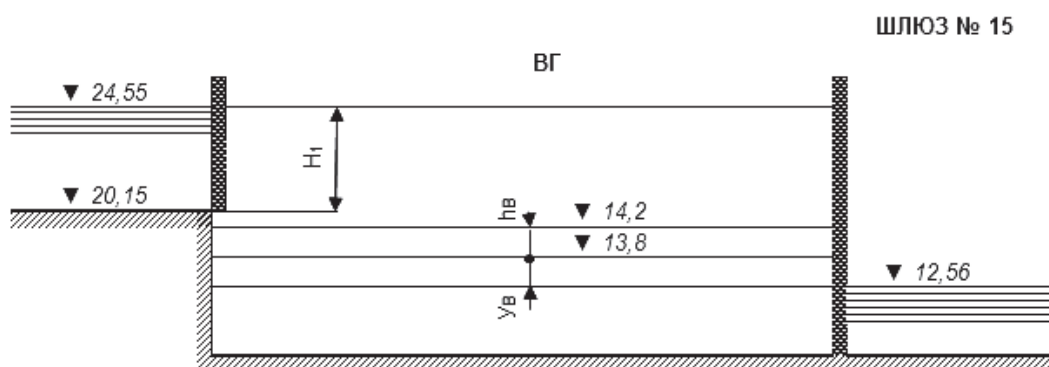
В процессе опытных работ были определены утечки через верхнюю Q_v и нижнюю Q_n головы с использованием формул (5), (6) инструкции [13] и итерационных формул (8), (9). Результаты опытных работ представлены в табл. 2.

Таблица 2

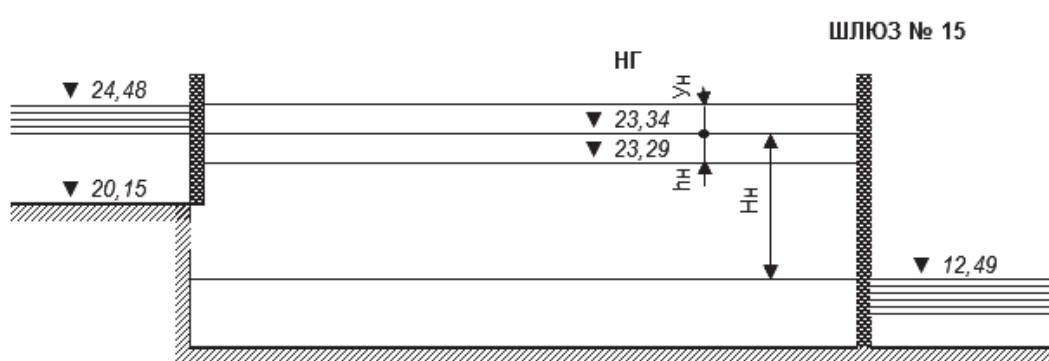
Результаты опытных работ по определению утечек Q_v , Q_n

№ п/п.	Уровень верхнего бьефа	Уровень нижнего бьефа	y_v	y_n	h_v	h_n	Формулы (5), (6)		Формулы (8), (9)	
							Q_v	Q_n	Q_v	Q_n
1	24,55	12,56	2,33	1,47	0,68	− 0,16	1956	1484	1461	918
2	24,55	12,56	1,73	1,47	0,40	− 0,16	1019	816	863	423
3	24,55	12,48	0,14	1,47	0,53	− 0,16	1125	836	984	498
4	24,55	12,56	2,33	1,06	0,68	0,05	1926	1484	1599	918
5	24,56	12,55	1,73	1,06	0,40	0,05	1000	816	917	866
6	24,55	12,48	0,14	1,06	0,53	0,05	1110	897	995	605
Среднее значение							1356	1013	1139	653
Среднеквадратическое отклонение S							456	389	312	199
Коэффициент вариации V , %							34	38	27	30

а)



б)



Схемы опытов по определению утечек через верхнюю (а) и нижнюю (б) головы

На практике величина утечек неоднозначно зависит от напора. С одной стороны, согласно уравнению (1), с возрастанием давления на ворота и затворы возрастает величина утечек, однако, с другой стороны, увеличивающееся давление способствует более плотному створению ворот и затворов верхней или нижней головы и, как следствие, снижению величины утечек. Преобладание того или иного процесса зависит от конкретных ситуаций. Тем не менее на практике результаты группируются около некоторого среднего значения величины утечек с определенным среднеквадратическим отклонением (табл. 2). Анализ результатов практических работ показывает, что значения среднеквадратического отклонения S и коэффициента вариации V , %, полученные по данным расчетов с применением различных формул, существенно отличаются. Формулы инструкции [13], как и приведенные в теоретических расчетах, дают более высокие значения по сравнению с результатами, рассчитанными по итерационным формулам, откуда следует, что кроме разброса значений, вызванных естественными механическими причинами (различные условия створения), формулы для расчета, приведенные в инструкции [13], вносят дополнительные погрешности.

Заключение (Conclusion)

На основе результатов проведенного исследования можно сделать вывод о том, что ряд положений инструкции [13] нуждается в корректировке, поскольку этот документ был издан в 1981 г. и соответствовал уровню развития науки и техники того периода времени. В настоящее время с развитием компьютерных технологий возможно применение более совершенных численных методов. Как отмечается в статье, применение итерационных методов дает более точные значения величины утечек. Кроме того, необходимо пересмотреть рекомендованные разницы уровней для проведения измерений. Так, согласно инструкции [13], при выполнении измерений следует устанавливать разницу уровней y_B, y_H , равную 1–2 м. Однако практические результаты показывают, что более оптимальные значения y_B, y_H лежат в диапазоне 0,5–0,7 м, так как в этом случае условия створения наиболее близки к наполненному или опорожненному состояниям камеры. Также видно, насколько

ненадежны и трудозатратны методы наблюдения уровня воды в камере с использованием лодки или бинокля, как это рекомендовано в инструкции [13]. Современные шлюзы оснащены модифицированными компьютеризированными системами, позволяющими определять уровни в бьефах и в камере с высокой точностью (например, информационно-управляющая система технологической безопасности судопропуска (ИУС ТБС), установленная на шлюзах ВДСК). Все эти особенности, на наш взгляд, должны найти отражение в нормативных документах.

Инструкция [13] является основным документом, регламентирующим деятельность всех служб гидротехнических сооружений. Поэтому актуальное обновление этого документа позволит более своевременно и обоснованно применять технические решения и, соответственно, сократить непроизводительные потери предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гапеев А. М. Системы питания судоходных шлюзов водой: монография / А. М. Гапеев, В. В. Кононов. — СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова, 2013. — 268 с.
2. Гапеев А. М. Гидравлические расчеты судоходных шлюзов: монография / А. М. Гапеев, В. В. Кононов, К. П. Моргунов. — СПб.: Лань, 2020. — 232 с.
3. Гапеев А. М. Обоснование безопасных режимов наполнения (опорожнения) камеры проектируемого шлюза / А. М. Гапеев, Н. М. Морозова // Журнал университета водных коммуникаций. — 2011. — № 3. — С. 11–13.
4. 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.
5. Гапеев А. М. Совершенствование системы наполнения камер судоходных 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.
6. 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.
7. Гапеев А. М. Анализ изменения основных параметров системы наполнения камеры судоходного шлюза № 7 канала им. 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.
8. Гарибин П. А. Реновация систем наполнения водой камер судоходных шлюзов № 1–6 Волго-Балтийского водного пути / П. А. Гарибин, А. В. Богатов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2020. — Т. 12. — № 4. — С. 640–653. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-4-640-653.
9. Гапеев А. М. Анализ эксплуатационных показателей судоходных шлюзов с малыми и средними напорами / А. М. Гапеев, К. П. Моргунов // Транспорт Российской Федерации. — 2020. — № 1 (86). — С. 33–37.
10. Гапеев А. М. Анализ показателей работы системы наполнения камер типовых шлюзов Волго-Донского судоходного канала / А. М. Гапеев, К. П. Моргунов // Гидротехника XXI век. — 2020. — № 1 (41). — С. 50–53.
11. Гапеев А. М. Основные показатели системы наполнения камеры судоходного шлюза с цилиндрическими водовыпусками / А. М. Гапеев, К. П. Моргунов // Гидротехническое строительство. — 2020. — № 9. — С. 35–39.
12. Gapeev A. Quality assessment of the system of filling a shipping lock chamber from under the segmental guillotine gate / A. Gapeev, K. Morgunov, M. Karacheva // International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2019: Volume 1. — Springer Nature, 2021. — Vol. 1258. — Pp. 433–441. DOI: 10.1007/978-3-030-57450-5_37.

13. Инструкция по наблюдениям и исследованиям на судоходных гидротехнических сооружениях. Ч. I: Гидротехническая / Главное управление водных путей и гидротехнических сооружений Минречфлота РСФСР. — М.: Транспорт, 1981. — 72 с.

14. Ковыршин С. Г. Современные методы расчета фильтрации через ворота и затворы гидротехнических сооружений / С. Г. Ковыршин // Актуальные проблемы современной когнитивной науки: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. (17 февраля 2019 г., г. Таганрог). — Уфа: OMEGA SCIENCE, 2019. — С. 51–55.

REFERENCES

1. Gapeev, A. M., and V. V. Kononov. *Sistemy pitaniya sudokhodnykh shlyuzov vody: monografiya*. SPb.: Izd-vo GUMRF im. admirala S. O. Makarova, 2013.

2. Gapeev, A. M., V. V. Kononov, and K. P. Morgunov. *Gidravlicheskie raschety sudokhodnykh shlyuzov: monografiya*. SPb.: Lan', 2020.

3. Gapeev, A. M., and N. M. Morozova. "Substantiation of safe modes of filling (emptying) of the chamber of the projected sluice." *Zhurnal universiteta vodnykh kommunikatsii* 3 (2011): 11–13.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. 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 admirala S. O. Makarova* 11.1 (2019): 78–86. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-1-78-86.

8. Garibin, Pavel A., and Aleksandr V. Bogatov. "Renovation of water filling systems for the chambers of shipping locks № 1–6 of the Volga-Baltic waterway." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 12.4 (2020): 640–653. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-4-640-653.

9. Gapeyev, A. M., and K. P. Morgunov. "Analysis of performance characteristics of shipping locks with low and midsized water head." *Transport of the Russian Federation* 1(86) (2020): 33–37.

10. Gapeev, A. M., and K. P. Morgunov. "Analiz pokazatelei raboty sistemy napolneniya kamer tipovykh shlyuzov Volgo-Donskogo sudokhodnogo kanala." *Gidrotekhnika XXI vek* 1(41) (2020): 50–53.

11. Gapeev, A. M., and K. P. Morgunov. "The main indicators of the system filling the camera of the navigation gateway with cylindrical outlets." *Gidrotekhnicheskoe Stroitel'stvo* 9 (2020): 35–39.

12. Gapeev, A., K. Morgunov, and M. Karacheva. "Quality assessment of the system of filling a shipping lock chamber from under the segmental guillotine gate." *International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2019. Volume 1*. Vol. 1258. Springer Nature, 2021. 433–441. DOI: 10.1007/978-3-030-57450-5_37.

13. *Instruktsiya po nablyudeniyam i issledovaniyam na sudokhodnykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniyakh. Chast' I. Gidrotekhnicheskaya*. M.: Transport, 1981.

14. Kovyrshin, S. G. "Sovremennye metody rascheta fil'tratsii cherez vorota i zatvory gidrotekhnicheskikh sooruzhenii." *Aktual'nye problemy sovremennoi kognitivnoi nauki: sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (17 fevralya 2019 g., g. Taganrog)*. Ufa: OMEGA SCIENCE, 2019. 51–55.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ковыршин Сергей Геннадьевич —
начальник Цимлянского гидроузла
Цимлянский РГСиС — филиал ФБУ
«Администрация «Волго-Дон»
347360, Российская Федерация, г. Волгодонск,
ул. Морская, д. 7
e-mail: sergenkov@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kovyrshin, Sergey G. —
Head of the Tsimlyansky waterworks facility
Tsimlyanskiy district of hydraulic structures and
shipping — branch of "Volgo-Don" Administration
7 Morskaya Str., Volgogradsk, 347360,
Russian Federation
e-mail: sergenkov@mail.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

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

*Статья поступила в редакцию 8 марта 2021 г.
Received: March 8 2021.*