

DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-3-555-564

METHOD OF DETERMINING THE RISK OF ACCIDENTS IN SHIPPING LOCKS

M.A. Kolosov, A.A. Eirus, D.V. Zhignovskaia

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

The article considers possible technological events that can lead to an accident in navigable locks. Two approaches to risk assessment are considered: the first risk is determined only on the basis of the technical condition of the structure, and the second based on the statistics of actual emergency events. The risks of accidents caused by the bulk of ships at the gate of the lock and accidents within the walls of the lock are considered, the possibility of which is due to the repair of the walls due to a violation of the technology of work, wall overloading or the influence of super-calculated cooling of concrete. Bulk ships on the gate depend on the actions or inactions of the boatmaster, however the intensity of the bulk depends on the intensity of the passage. Based on statistical data on accidents at Russian gateways, it is recommended to use the second approach, which is used in other modes of transport, including maritime practice and is confirmed by international standards. Analysis of numerous cases of bulk showed that basically the bulk is completed from the stage of destruction of the bridge by the stage of the gate leaf collapse from the support pillows, the ball joint and the escape from the holder of the spike of the galsband and the fall of the leaf into the lower approach channel. The characteristics of the risk and the method of its evaluation are given. According to the requirements of the Federal Law No. 255-FZ of July 3, 2016 and the Resolution of the Russian Government No. 986 of 02.09.2013, there are recommendations on the classification of Russia's blocked waterways, taking into account the possible magnitude of the risk (risk-oriented approach). According to these recommendations, the class of facilities is set depending on the probability of events and possible damage, which is calculated according to the approved methodology. The risk of accidents is estimated as the product of probability for possible damage, which is calculated on the basis of material, social and environmental losses.

Keywords: lock, event, risk, ship, lock gate, camera walls.

For citation:

Kolosov, Mikhail A., Aleksandr A. Eirus, and Diana V. Zhignovskaia. "Method of determining the risk of accidents in shipping locks." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.3 (2018): 555–564. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-3-555-564.

УДК 626.44

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РИСКА АВАРИЙ В СУДОХОДНЫХ ШЛЮЗАХ

М. А. Колосов, А. А. Эйрус, Д. В. Жигновская

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

В статье рассматриваются возможные технологические события, которые могут привести к аварии в судоходных шлюзах. Рассмотрены два подхода к оценке риска: первый риск определяется только на основании технического состояния сооружения, второй — на основании статистики фактических аварийных событий. Рассматриваются риски аварий, обусловленных навалом судов на ворота шлюза, и аварий в стенах шлюза, возможность которых обусловлена в период ремонта стен из-за нарушения технологии работ, перегрузки стен или влияния сверхрасчётного охлаждения бетона. Навал судов на ворота зависит от действий или бездействий судоводителя, однако его интенсивность зависит от интенсивности судопропуска. На основании статистических данных об авариях на шлюзах России рекомендуется использовать второй подход, который применяется на других видах транспорта, в том числе в морской практике, и подтверждён международными нормами. Анализ многочисленных случаев навалов показал, что в основном процесс завершения навала начинается со стадии разрушения переходного мостика и продолжается до стадии схода створки ворот с опорных подушек, шаровой опоры, выхода из обоймы шипа гальсбантов и падения створки в нижний подходной канал. Приводится характеристика риска и метод

его оценки. Согласно требованиям Федерального закона №255-ФЗ от 03.07.2016 г. и Постановления Правительства РФ №986 от 02.09.2013 г. даются рекомендации по классификации шлюзованных водных путей России, учитывающие возможную величину риска (рискоориентированный подход). Согласно данным рекомендациям, класс сооружений устанавливается в зависимости от вероятности событий и возможного ущерба, который рассчитывается согласно утвержденной методике. Риск аварий оценивается как произведение вероятности на возможный ущерб, который рассчитывается исходя из материальных, социальных и экологических потерь.

Ключевые слова: шлюз, событие, риск, судно, ворота шлюза, стены камер.

Для цитирования:

Колосов М. А. Методика определения риска аварий в судоходных шлюзах / М. А. Колосов, А. А. Эйрус, Д. В. Жигновская // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 3. — С. 555–564. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-3-555-564.

Введение (Introduction)

4 июля 2016 г. был опубликован Федеральный закон № 255-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений», где указано, что критерии безопасности должны назначаться в соответствии с допустимым уровнем риска аварии гидротехнического сооружения [1]. Постановлением Правительства РФ № 986 от 2 ноября 2013 г. установлена новая классификация гидротехнического сооружения, назначаемая в зависимости от уровня риска [2]. Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору утверждены «Методические указания» (Приказ № 240 от 27.06. 2016 г. [3]), в которых определены принципы перевода эксплуатируемых сооружений в новые классы с учётом величины риска.

Для оценки величины риска и изменения классификации шлюзованных водных путей с учётом рискоориентированного подхода необходим прогноз повышения грузооборота и изменения типа судов.

Допустимый уровень риска для шлюзованных водных путей в нормативных материалах не установлен. Методика оценки риска при декларировании безопасности судоходных шлюзов исходит только из технического состояния [5]. Такой же подход рекомендуется использовать для портовых гидротехнических сооружений [6]. Однако риск в других видах транспорта базируется на изучении наиболее опасных событий, при этом в основе расчёта вероятности используется статистика событий [8], [9].

В настоящей статье для оценки вероятности используется именно статистический анализ.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Современную оценку величины риска аварий, согласно [4], рекомендуется определять как произведение вероятности аварийного события и величины ущерба от аварии. Данная формула имеет вид

$$R = BV, \quad (1)$$

где B — вероятность события 1/год; V — ущерб от аварии, руб., долл.

Для оценки риска используются два подхода.

Первый подход заключается в расчёте безопасности с учётом технического состояния сооружения, эксплуатационных характеристик и проектных норм. Для судоходных гидроузлов он утвержден методикой [5], которая включена в ГОСТ Р57109 – 2016 [6]. В методике [5] для оценки безопасности сооружения используются баллы [7]. Баллы начисляются за отдельные характеристики конструкций, которые имеют отношение к напорному сооружению, а также за обучение персонала, наличие технической и нормативной документации. Посредством ранжирования и сложения всех баллов выводится интегральный коэффициент безопасности. По этому коэффициенту по условному графику, вне зависимости от сценариев событий, выводится вероятность условных аварий.

Второй подход оценки риска, который практикуется в железнодорожном, автомобильном транспорте, а также в морской практике [8], и утверждён международными нормами [9], базируется на вероятных событиях. При этом указывается, что риск — это случайное событие, опасное, нежелательное и имеющее последствия в виде ущерба. Событие считается рискованным, если имеющими техническими средствами нельзя обеспечить необходимую безопасность [8].

Для судоходных шлюзов наиболее рискованными событиями являются навалы судна на ворота шлюза (табл. 1). Такой навал может вызвать повреждение ворот, что требует остановки судоходства в связи с ремонтом, а иногда и полного прекращения судоходства. Так, навал на ворота Пермского шлюза (1994 г.) привёл к разрушению шести ворот многоступенчатого шлюза, что вызвало прекращение судоходства на 20 лет, навал на ворота Константиновского шлюза (2004 г.) приостановил движение по Волго-Донскому водному пути на 18 сут, навал на ворота шлюза Сайменского канала (2012 г.) привел к длительной остановке судоходства и потребовал доставки плавающего крана для установки створки ворот на штатное место.

Установлено, что навал судов на ворота зависит от действий или бездействий судоводителя, а также от соотношения размеров судна и камеры шлюза, от компоновки подходных каналов, а главное, от интенсивности судопропуска. Чем интенсивнее идёт судопропуск в шлюзе, тем выше вероятность навала (рис. 1).

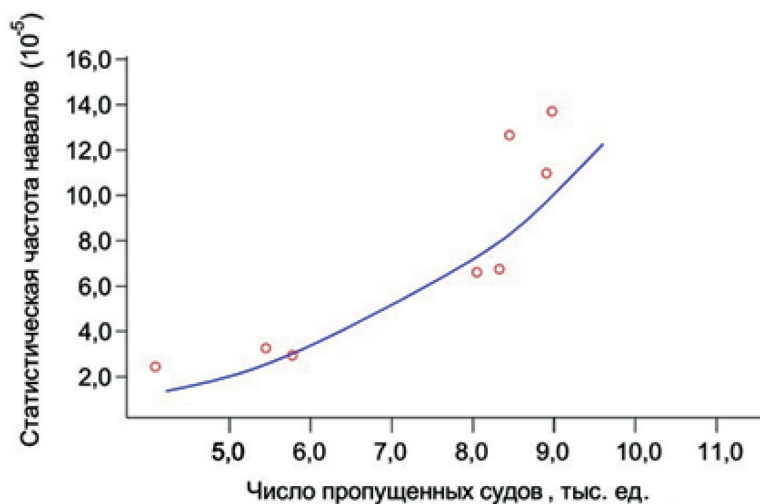


Рис. 1. Зависимость частоты навала судна от интенсивности судопропуска

Расчётными исследованиями установлены зоны разрушения конструкций ворот в зависимости от водоизмещения судна и скорости подхода к воротам, что определяется по формуле

$$E = W \frac{V^2}{2} P, \quad (2)$$

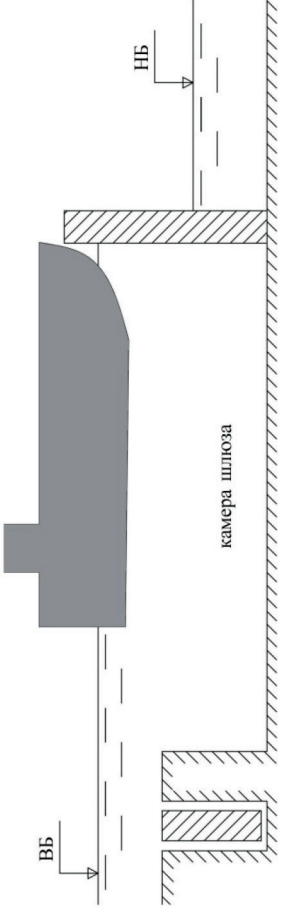
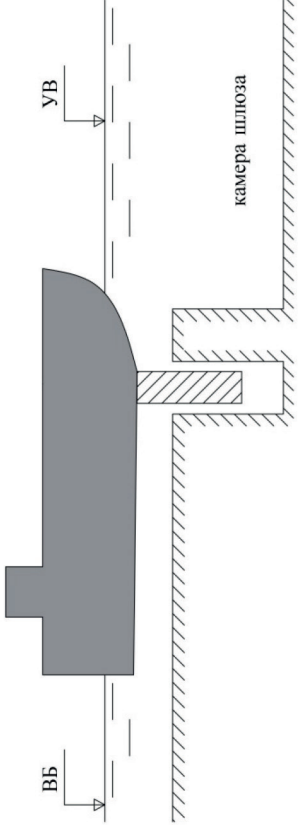
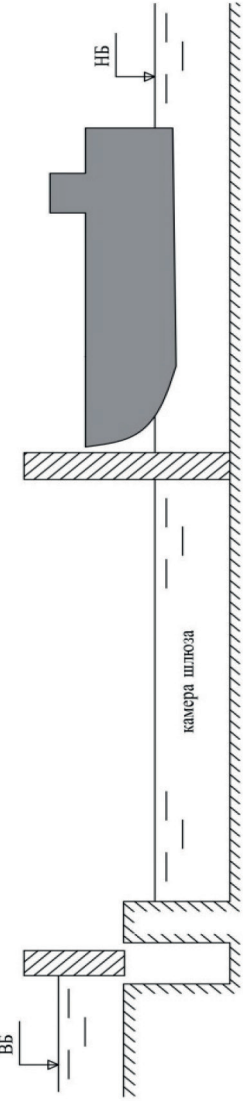
где W — водоизмещение судна, т; V — скорость движения судна, при котором происходит навал, м/с; P — коэффициент присоединённой массы воды для судов, движущихся в камере шлюза, принимается от 1,1 – 1,2 (по данным натурных или лабораторных исследований).

Последствия навала для двухстворчатых ворот представлены на рис. 2 [2]. Степень разрушения ворот можно разделить на следующие стадии:

- первая стадия — разрушение переходного мостика;
- вторая стадия — разрушение верхнего ригеля и звеньев привода открытия – закрытия ворот;
- третья стадия — разрушение балочной решетки, включающей нижележащие ригели, обшивку, стрингеры и диафрагмы.
- четвертая стадия — сход створки ворот с опорных подушек, шаровой опоры, выход из обоймы шипа гальсбантов и падение створки в нижний подходной канал.

Таблица 1

События, вызывающие разрушения ворот шлюзов

Вид события	Схема	Вид разрушения
Навал судна на нижние ворота шлюза при открытых верхних воротах		– разрушение мостика и верхнего ригеля; – разрушение привода двухстворчатых ворот; – разрушение балочной решетки и обшивки; – потеря устойчивости ворот с выхода створки из опор и шарового узла; – падение створки в нижний бьеф
Навал судна на верхний ригель погружаемых ворот верхнего бьефа при входе судна в шлюз с верхнего бьефа		– повреждение верхнего ригеля ворот; – разрушение привода подъёмно-опускных ворот
Навал судна на ворота нижнего бьефа при движении судна из нижнего подходного канала		– потеря устойчивости ворот с выходом из опорных подушек и шаровой опоры; – разрушение привода ворот; – при уровне в камере верхнего бьефа сработка призмы, а при отсутствии аварийных ворот сработка водохранилища.

Анализ многочисленных случаев показал, что в основном навал завершается с первой по четвертую стадию [10], [11]. В этом случае шлюз останавливается для последующего ремонта ворот, продолжительность которого в зависимости от степени разрушения составляет от нескольких часов до нескольких дней.

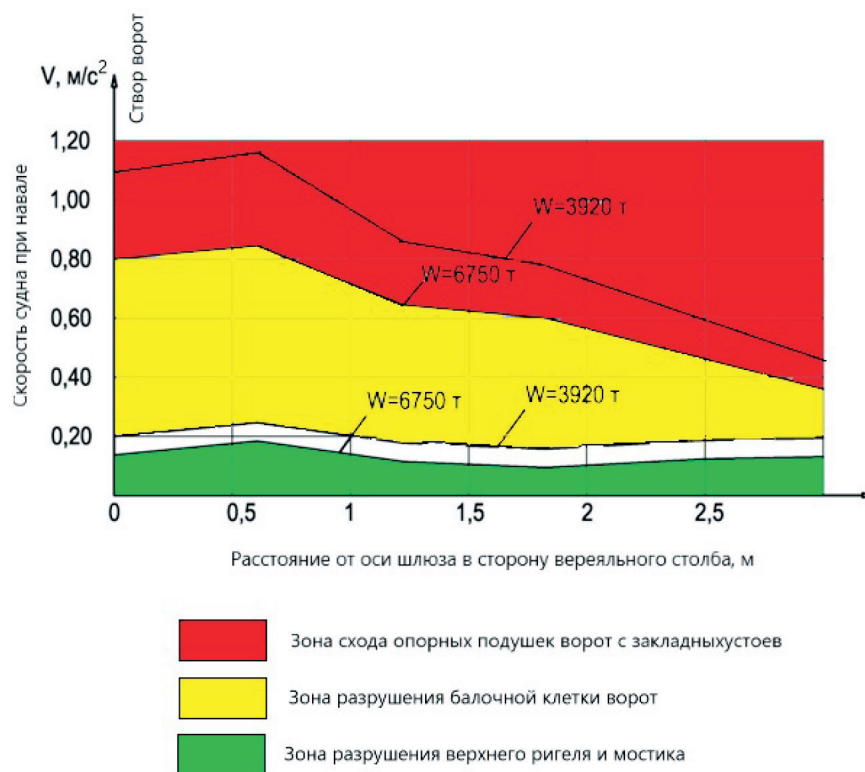


Рис. 2. Область разрушения ворот при навале судна (W — водоизмещение судна)

Согласно закону Хейндриха (США), составленному на основе анализа 9,6 тыс. аварий, установлено следующее соотношение их последствий [4], которое считаем возможным применить к шлюзу:

0,3 % — крупные аварии, связанные с полным разрушением ворот, а также потерей их устойчивости и сходом с опорных подушек;

8,8 % — аварии среднего ущерба (обычно разрушение балочной клетки ворот и механизма привода);

90,9 % — аварии малого ущерба, разрушение переходного мостика и верхнего ригеля.

Сход с опорных подушек и падение створки ворот вызывает сработку призмы шлюза и сброс судна из камеры в нижний бьеф. Такое развитие событий может привести к разрушению судна и в том числе к гибели людей, а при шлюзовании пассажирских судов последствия могут быть особенно тяжёлыми.

Прорыв напорного фронта через нижнюю голову шлюза может привести к сработке верхнего бьефа, так как аварийные загораживания установлены не на всех шлюзах.

Сработка верхнего бьефа приводит к опасным последствиям, а именно [2]:

- в энергетических гидроузлах снижается или прекращается выработка электроэнергии;
- при глубокой сработке обсыхают водозаборы мелиоративных систем, промышленных предприятий, ТЭЦ и жилых посёлков;

- на судоходных каналах, имеющих межшлюзовые бьефы малой емкости (Волго-Дон, Волго-Балт, Беломорско-Балтийский канал), при прорыве напорного фронта верхнего гидроузла, удерживающего большой объём воды водораздельного бьефа, такая авария может затопить всю лестницу нижерасположенных шлюзов.

Для расчёта вероятности повреждений ворот при навале кроме статистических данных о навале судов (см. рис. 1) необходимо знать скорость движения судов при входе их в камеру шлюза, чтобы определить силу навала в камере. Наблюдениями установлено, что скорость движения судов достаточно опасна для ворот шлюза (рис. 3). Если судоводитель не сможет изменить эту скорость, то опасный навал неизбежен. Необходима разработка и оснащение шлюзов системами защиты ворот, а также системами информационного сопровождения судоводителя, включающими передачу данных отклонений от безопасного режима движения.

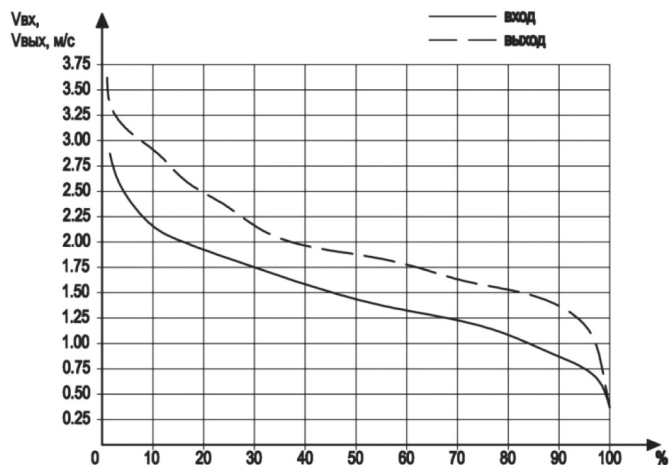


Рис. 3. Обеспеченность скорости входа и выхода в камере шлюза

Результаты (Results)

Установлено, что навал судна на ворота является наиболее опасным событием (рис. 4), а для методики расчёта вероятности и реализации данного события достаточно использовать надёжные статистические данные о навалах [11]. Существующая методика [5] и ГОСТ Р 57109-2016 [6] рекомендаций об учёте риска навала судов и последующих разрушений ворот не имеют. Поэтому при составлении декларации безопасности судоходных шлюзов каких-либо рекомендаций по повышению безопасности не даётся, кроме того, оценка технического состояния сооружения в баллах [5] нарушает главный принцип безопасности — *обеспечение несущей способности сооружения* [7].

Основное направление в методике [5] заключается в оценке состояния гидротехнического сооружения. События, которые могут служить причиной аварий [7], [12], здесь не рассматриваются.



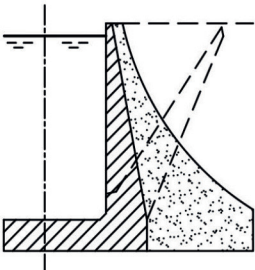
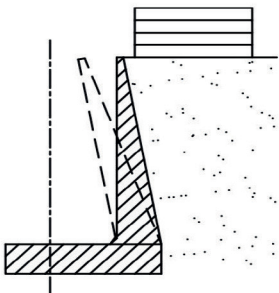
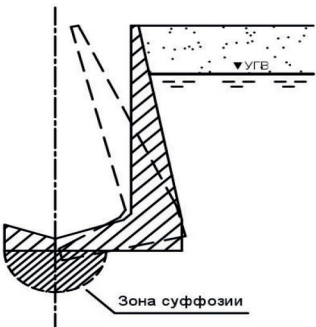
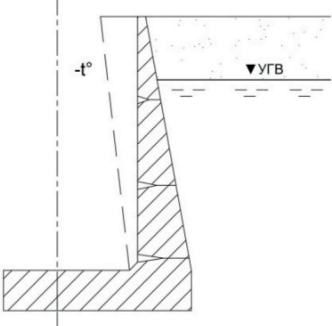
Рис. 4. Последствия аварии на Пермском шлюзе

Обсуждения (Diskussions)

Кроме навала судов на ворота, возможны аварии в бетонной камере шлюза, которые могут привести к разрушению железобетонных стен (характерные случаи приведены в табл. 2). Почти каждое событие связано с человеческой деятельностью. Например, обрушение стен камер Воткинского шлюза (1962 г.), является следствием отчерпывания грунтовой насыпи, подпирающей стену с тыловой стороны, что является следствием бесконтрольной выемки котлована под вторую нитку шлюза. Последствия аварии — гибель 22 человек. Все остальные события возможны при вмешательстве человека (откачка камеры, загрузка стен, охлаждение лицевой грани при ремонте в зимний период). В период эксплуатации шлюза события, связанные с обрушением стен камеры, маловероятны [13].

Таблица 2

События, вызывающие разрушения стен камеры шлюзов

Вид события	Схема	Вид разрушения
Отчерпывание или размыв грунта обратной засыпки		Разрушение лицевой арматуры и падение стены в сторону засыпки от давления воды из камеры
Нагрузка на поверхности засыпки от складированных оборудования и материалов		Разрушение тыловой арматуры и падение стены в сторону камеры при её опорожнении
Фильтрационная суффозия грунта основания в разрезном днище камеры		Поворот и падение стены в сторону камеры
Резкое охлаждение лицевой грани с раскрытием межблочных строительных швов		Разрушение тыловой арматуры вследствие смещения сжатой зоны бетона и падения стены в камеру

Учитывая, что основным событием, которое может вызвать прорыв напорного фронта, является навал судна на ворота, достаточно выполнять расчёт риска с учётом статистики навалов.

Для оценки ущерба при реализации подобного события необходимо учитывать грузооборот водного пути и время простоя шлюза шлюза в ожидании восстановления.

Для оценки класса ответственности, согласно Постановлению Правительства РФ № 986 от 2 ноября 2013 г. и Федеральному закону № 255-ФЗ от 4 июля 2016 г., класс шлюзованных водных путей необходимо назначать с учётом как грузооборота, так и вероятности событий.

По данным показателям можно присвоить следующие классы шлюзованным системам:

I класс — шлюзы Волго-Донского и Волго-Балтийского каналов, Канала имени Москвы. Фактор — интенсивное движение флота, односторонние шлюзы;

II класс — шлюзы Волги и Камы. Фактор — интенсивное движение флота, двухсторонние шлюзы;

III класс — Беломорско-Балтийский канал, Северо-Двинская система, Московско-Окская система. Фактор — малоинтенсивное движение флота.

Класс водных путей может быть изменен в перспективе, когда возрастает грузопоток, что приводит к увеличению риска аварийных событий.

Для оценки риска событий на шлюзованных водных путях России необходима разработка методики, которая должна быть включена в «Свод правил по эксплуатации шлюза».

Выводы (Summary)

1. На основе последствий аварий, которые происходят на судоходных шлюзах, риск следует определять, анализируя возможный случай. Статистика позволит дать оценку их вероятности, выделяя особенно наиболее тяжелые случаи, вызванные навалами судов на ворота и прорывом напорного фронта в нижней голове шлюза.

2. Аварии с разрушением стен камер судоходных шлюзов возможны только в случае их ремонта или реконструкции при нарушении технологии работ. Оценка таких аварий можно определять, исходя из теории возможностей.

3. Для выполнения требований Федерального закона № 255 от 03 июля 2016 г. и Постановления Правительства РФ № 986 от 02 мая 2017 г. необходимо провести расчёты риска для шлюзованных систем и составить новую классификацию водных путей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений» № 117-ФЗ от 21 июля 1997 г.
2. Постановление Правительства РФ «О классификации гидротехнических сооружений» № 986 от 2 ноября 2013 г.
3. Методические указания по проверке гидротехнических сооружений на этапе их эксплуатации, утверждён приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 240 от 27.07.2016 г.
4. Кириченко А. В. Организационно-технические основы безопасности судов и портовых средств / А. В. Кириченко, С. В. Латухов, В. А. Никитин [и др.]. — СПб.: ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова», 2014. — 368 с.
5. Методические рекомендации по контролю технического состояния и оценки безопасности судоходных гидротехнических сооружений / Утв. Росморречтрансспортом 15 апреля 2011 г. — М., 2011.
6. Мельник Г. В. ГОСТ Р 57109-2016. Внутренний водный транспорт, контроль технического состояния и оценка безопасности гидротехнических сооружений на внутренних водных путях, требования безопасности / Г. В. Мельник // Гидротехника. — 2017. — № 3 (48). — С. 21–24.
7. Колосов М. А. Баллы или несущая способность? (к методике оценки безопасности судоходного шлюза / А. М. Колосов, К. П. Моргунов // Гидротехника. — 2014. — № 2. — С. 82–83.

8. Куклев Е. А. Использование минимаксной концепции риска при оценке безопасности транспортных средств / Е. А. Куклев // Сб. науч.-техн. тр. «Актуальные проблемы транспорта». — СПб.: Российская академия транспорта, 2001. — Т. I. — С. 85–91.

9. British Standart Quality management and quality assurance – Vocabulary. — BS EN ISO-8402, 1992.

10. Богатырев В. Г. Устойчивость двухстворчатых ворот шлюза при навале судов: дис. канд. техн. наук / В. Г. Богатырев. — СПб.: НГАСУ (Сибстрин), 2013. — 17 с.

11. Нычик Т. Ю. Оценка риска аварий и транспортных происшествий в судоходных шлюзах: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Т. Ю. Нычик. — СПб.: ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2014. — 21 с.

12. Моргунов К. П. Предложения по методике декларирования судоходных шлюзов / К. П. Моргунов, А. М. Колосов, С. А. Головков // Гидротехника. XXI век. — 2014. — № 4. — С. 46–51.

13. Колосов М. А. Оценка надёжности безопасности судоходных шлюзов по данным натурных наблюдений / М. А. Колосов, А. А. Смирнова // «Проектирование, строительство и эксплуатация гидротехнических сооружений водных путей»: сб. материалов юбилейной Междунар. науч.-техн. конф., посвящённой 110-летию создания гидротехнической лаборатории им. проф. В. Е. Тимонова. — СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2017. — С. 59–63.

REFERENCES

1. Russian Federation. Federal Law № 117-FZ from 21 July 1997. O bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzhenii.

2. Russian Federation. Government Resolution № 986 from 2 Nov. 2013. O klassifikatsii gidrotekhnicheskikh sooruzhenii.

3. Metodicheskie ukazaniya po proverke gidrotekhnicheskikh sooruzhenii na etape ikh ekspluatatsii, utverzhden prikazom Federal'noi sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru № 240 ot 27.07.2016 g.

4. Kirichenko, A.V., S.V. Latukhov, V.A. Nikitin, et al. *Organizatsionno-tekhnicheskie osnovy bezopasnosti sudov i portovykh sredstv*. SPb: FGBOU VPO «Gosudarstvennyi universitet morskogo i rechnogo flota im. admiral S. O. Makarova», 2014.

5. Metodicheskie rekomendatsii po kontrolyu tekhnicheskogo sostoyaniya i otsenki bezopasnosti sudokhodnykh gidrotekhnicheskikh sooruzhenii. Utverzhdeno Rosmorrechtransportom 15 aprelya 2011 g., Moskva, 2011 g.

6. Mel'nik, G.V. “GOST R 57109-2016. Vnutrennii vodnyi transport, kontrol' tekhnicheskogo sostoyaniya i otsenka bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzhenii na vnutrennikh vodnykh putyakh, trebovaniya bezopasnosti.” *Gidrotekhnika* 3(48) (2017): 21–24.

7. Kolosov, M.A., and K.P. Morgunov. “Bally ili nesushchaya sposobnost'?” (k metodike otsenki bezopasnosti sudo-khodnogo shlyuza.” *Gidrotekhnika* 2 (2014): 82–83.

8. Kuklev, E.A. “Ispol'zovanie minimaksnoi kontseptsii riska pri otsenke bezopasnosti transportnykh sredstv.” *Sbornik nauchno-tekhnicheskikh trudov «Aktual'nye problemy transporta»*. Vol. 1. SPb.: Rossiiskaya akademiya transporta, 2001. 85–91.

9. British Standart Quality management and quality assurance – Vocabulary. BS EN ISO-8402, 1992.

10. Bogatyrev, V.G. Ustoichivost' dvukhstvorchatykh vorot shlyuza pri navale sudov. Abstract of PhD diss. SPb.: Novosibirskii arkhitekturo-stroitel'nyi universitet, 2013.

11. Nychik, T.Yu. Otsenka riska avarii i transportnykh proisshествii v sudokhodnykh shlyuzakh. Abstract of PhD diss. SPb.: GUMRF imeni adm. S.O. Makarova, 2014.

12. Morgunov, K.P., A.M. Kolosov, and S.A. Golovkov. “Predlozheniya po metodike deklarirovaniya sudokhodnykh shlyuzov.” *Gidrotekhnika. XXI vek* 4 (2014): 46–51.

13. Kolosov, M.A., and A.A. Smirnova. “Assessing the reliability of navigable lock by data of field observations.” *«Proektirovanie, stroitel'stvo i ekspluatatsiya gidrotekhnicheskikh sooruzhenii vodnykh putei»: sbornik materialov yubileinoi mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, posvyashchennoi 110-letiyu sozdaniya gidrotekhnicheskoi laboratorii imeni professora V.E. Timonova*. SPb.: Izd-vo GUMRF im. adm. S. O. Makarova, 2017. 59–63.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Колосов Михаил Александрович —
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: *KolosovMA@mail.ru, kaf_gsk@gumrf.ru*
Эйрус Александр Андреевич —
инженер-гидротехник
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный университет»
199034, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
Университетская наб., д. 7/9
e-mail: *arus-s@mail.ru*
Жигновская Диана Валерьевна — ассистент
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: *diana.zhignovskaya@gmail.com,*
kaf_gsk@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kolosov, Mikhail A. —
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: *KolosovMA@mail.ru, kaf_gsk@gumrf.ru*
Eirus, Aleksandr A. —
hydraulic engineer
Saint-Petersburg State University
7/9 University embankment,
St. Petersburg 199034,
Russian Federation
e-mail: *arus-s@mail.ru*
Zhignovskaia, Diana V. — assistant
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg 198035,
Russian Federation
e-mail: *diana.zhignovskaya@gmail.com ,*
kaf_gsk@gumrf.ru

*Статья поступила в редакцию 2 мая 2018 г.
Received: May 2, 2018.*