

DOI: 10.12737/article_5b4f02b785cf25.07598976

*Абдразаков Ф.К., д-р, техн. наук, проф.,
Панкова Т.А., канд. техн. наук, доц.,
Орлова С.С., канд. техн. наук, доц.*

Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ РИСКА АВАРИИ НА ГИДРОУЗЛЕ

Проведение оценки степени риска аварии на гидроузле, безусловно, актуально и необходимо для проектирования и декларирования гидротехнических сооружений. При наступлении гидродинамической аварии любого гидроузла, создается угроза появления чрезвычайной ситуации, которая угрожает жизни и здоровью людей, разрушает здания, сооружения, оборудование, транспортные средства, и наносит ущерб окружающей природной среде. Анализ опасности на гидроузле начинается с прогнозирования всевозможных сценариев развития гидродинамической аварии и определения для каждого сценария коэффициентов опасности аварии, уязвимости, риска аварии и вероятности возникновения гидродинамической аварии согласно параметрам зоны затопления и негативного воздействия, на окружающую среду. В качестве примера в данной статье приводятся результаты оценки степени риска гидродинамической аварии гидроузла, включающего земляную плотину и водосбросное сооружение.

Ключевые слова: гидроузел, авария, сценарии, риск, опасность, вероятность, надежность.

Введение. По данным Российского регистра ГТС (на 01.01.2015 год) в стране пониженный уровень безопасности имеют 43,4 % комплексов ГТС, неудовлетворительный уровень 12,5 % и опасный уровень безопасности, характеризуемый потерей работоспособности и не подлежащих эксплуатации, 4,7 % ГТС [1]. Для Саратовской области, где общее количество построенных земляных плотин составляет около 500, допустимое число аварий по нормативам составляет 3, что в настоящее время примерно соответствует действительности. В соответствии с Федеральным законом [2] для определения условий, параметров финансового обеспечения безопасности гидротехнических объектов требуется проводить расчет вреда, который может возникнуть при аварии на гидроузле. Расчет вреда проводится путем анализа совокупных влияний факторов, отражающих степень опасности гидроузла [3]. Степень опасности, определяет характеристику процесса, происходящего на гидроузле в пределах зоны его влияния на условия жизнедеятельности людей, хозяйственной деятельности и окружающую среду. Оценка риска аварии гидроузла заключается в сравнении полученных показателей, характеризующих риск возникновения аварии с допустимыми значениями, которые регламентируются действующими нормативными документами и критериями [4–5].

К возможным источникам опасности для ГТС, относятся: проявления дефектов конструкций при долговременной эксплуатации вследствие старения материалов и изменения их свойств под действием внешних факторов. Эксплуатация ГТС должна соответствовать требованиям действующих норм, правил обеспечения

надежности и безопасности, своевременное проведение работ по ремонту отдельных конструктивных элементов сооружений. К недостаткам надежной эксплуатации относят недостаточное или полное отсутствие мероприятий, направленных на обеспечение готовности объектов к локализации и ликвидации аварийной ситуации, боевых действий и террористических актов.

При возникновении гидродинамической аварии гидроузла последствия на человека, здания и сооружения должны определяться в границах территории, в пределах которой воздействие аварии может быть опасно для жизни и здоровья человека, и может привести к разрушению и повреждению зданий и сооружений.

Методология. Определение показателей, характеризующих степень риска аварий на гидроузле была проведена согласно требованиям [6], Методики определения размера вреда [7], и в соответствии с Методическими рекомендациями [8].

Основная часть. В качестве объекта исследования было выбрано гидротехническое сооружение – грунтовая плотина с водосливной трубой на пруду «Казенный» в 2-х км юго-западнее села Верхазовка Дергачевского района Саратовской области. Пруд «Казенный» создан для противопожарных, хозяйственных и рекреационных целей. Питание пруда происходит за счет грунтовых вод и атмосферных осадков. Оценка степени риска аварии на гидроузле исследуемой плотины проводилась путем анализа совокупного влияния факторов, отражающих степень опасности и степень уязвимости гидроузла [9]. Сооружения исследуемого объекта по своему

функциональному назначению являются водоподпорными, в связи, с чем на них может возникнуть гидродинамическая авария, которая может повлечь за собой образование волны прорыва и зоны затопления. На основании анализа возможных причин возникновения и характера опасных повреждений гидроузла, способных вызвать аварийные ситуации и гидродинамическую аварию были спрогнозированы сценарии развития аварии (табл. 1).

Таблица 1

Сценарии развития возможных аварий

№ сценария	Предпосылки и этапы развития аварий на ГТС
1	Превышение фактических паводковых расходов над расчетными, в связи с прохождением паводков редкой повторяемости, перелив воды через гребень плотины, разрушение гребневой зоны плотины с образованием прорана, формирование волны прорыва с затоплением территории
2	Неравномерные деформации грунтовой плотины, вследствие отклонения от режима эксплуатации – образование трещин на гребне, оползание участков откосов, образование промоин, провалов с образованием прорана - возникновение волны прорыва с опорожнением водохранилища, затопление территории в нижнем бьефе гидроузла.
3	Повреждения отдельных элементов водосбросного сооружения, отказ гидромеханического оборудования, переполнение водохранилища, перелив воды через гребень плотины, размыв части гребня и откосов с образованием прорана и зоны затопления
4	Усиленная фильтрация через тело и основание плотины при старении материалов тела плотины и изменении их свойств под действием внешних факторов, появление локальных мест на низовом откосе сосредоточенной фильтрации воды, оползание или обрушение низового откоса плотины, образование прорана и волны прорыва с дальнейшим разрушением плотины.
5	Террористический акт, техногенные и природные катастрофы создающие угрозу разрушения напорного фронта с образованием прорана и зоны затопления.

Для каждого сценария определяется степень опасности, которая определяет характеристику процесса, происходящего на гидротехническом сооружении и в зоне его влияния, представляющего угрозу для жизни или условий

жизнедеятельности людей, объектов хозяйства и внешней среды, которую выражает коэффициент опасности аварии λ . Степень уязвимости, которая определяет способность ГТС выполнять эксплуатационные функции в результате негативных воздействий, выражается коэффициентом уязвимости ν [10].

Полученные показатели сравнивают с допустимым уровнем риска аварии ГТС, которые регламентируются действующими нормативными документами. И поэтому комплексной характеристикой исследуемого объекта является проведение оценки суммарного риска, что позволяет произвести сравнительную оценку чрезвычайной ситуации с позиции возможной потери для существующего или проектируемого гидротехнического объекта. Данная методика включает результаты контроля и анализа факторов опасности, которые наиболее существенны для данного сооружения и условий его эксплуатации [11].

Оценка риска аварии производится на основании экспертного анализа уровня опасности аварии и уровня уязвимости ГТС.

Для оценки уровня риска аварии рассчитывается коэффициент риска на основе принципа пересечения этих событий, т.е.:

$$r_a = \lambda \cdot \nu \quad (1)$$

где λ – коэффициент опасности для ГТС; ν – коэффициент уязвимости ГТС.

Физический смысл коэффициента r_a состоит в том, что он представляет собой меру (дозу) опасного воздействия на данное ГТС с установленной степенью уязвимости. Уровень безопасности ГТС оценивается по величине коэффициента риска r_a [8].

Диапазоны изменения коэффициента риска назначены таким образом, чтобы практически увязать характеристики риска аварии с качественными характеристиками уровня безопасности, регламентированными «Административным регламентом исполнения Росводресурсами, Ростехнадзором и Ространснадзором государственной функции по государственной регистрации гидротехнических сооружений и ведению Российского Регистра гидротехнических сооружений», утвержденным приказом Минприроды России и Минтранса России от 27 апреля 2009 г. № 117/66.

Определение коэффициента риска аварии r_a позволяет оценить вероятность (частоту) возникновения аварии P_a (ГТС) в соответствии с формулой:

$$P_a(\text{ГТС}) = 0,5 \operatorname{erfc} \left[\beta \cdot \frac{\ln(r_a/r_k)}{\ln(r_{\text{доп}}/r_k)} \right] \quad (2)$$

где r_k – катастрофическое значение коэффициента риска ($r_k = 1$); $r_{дон}$ – допустимое значение коэффициента риска, выше которого не обеспечивается нормальный уровень безопасности ГТС ($r_{дон} = 0,15$); β – коэффициент вероятности, зависящий от класса ГТС [8]; $erfc x$ – вероятностная функция.

Величина коэффициента β для сооружений IV класса, соответствующая допустимому значению вероятности аварии $P_a(\text{ГТС})$, равному $5 \cdot 10^{-3}$ 1/год, составляет $\beta=1,8$ (СНиП 33-01-2003).

В таблице 1–2 представлены результаты интегральной экспертной оценки опасности аварии и уязвимости ГТС плотины на пруду «Казенный» с. Верхазовка для сценария 1 (с наиболее тяжелыми последствиями).

Таблица 1

Интегральная оценка уровня опасности аварии

№	Показатель опасности	Уровень опасности	Код	Отличительные признаки, на основании которых устанавливается степень (уровень) опасности по рассматриваемому показателю опасности
1	Опасность превышения природных нагрузок	Малая опасность	1	Показатели возможных нагрузок и воздействий на ГТС незначительно отличаются от расчетных значений, принятых при проектировании. Существует возможность возникновения (развития) потенциально опасных воздействий природного и техногенного характера незначительной мощности. Проведение дополнительных расчетных обоснований, конструктивных изменений и специальных организационных мероприятий для безопасной эксплуатации ГТС не требуется
2	Обоснованность и соответствие проектных решений современным нормативным требованиям	Опасность отсутствует	0	В проекте нет существенных отклонений от современных нормативных требований (СНиП 33-01-2003) по всем оцениваемым факторам.
3	Соответствие проекту конструкции сооружения, условий его эксплуатации, свойств материалов сооружения и основания	Малая опасность	1	Имеются незначительные отклонения от проекта (изменение проектных заложений откосов плотины в следствие подмыва), которые не могут привести к нарушению нормальной работы сооружений, конструкций и элементов.
4	Возможные последствия и ущерб при аварии	Малая опасность	1	В случае разрушения напорного фронта на ущерб от гидродинамической аварии населению и предприятиям на территории, прилегающей к водохранилищу будет до 100 тыс. руб. По распространению волны прорыва (не выходит за пределы одного района) масштаб чрезвычайной ситуации при аварии на ГТС (в соответствии с классификацией, утвержденной постановлением Правительства РФ от 21.05.07 №304) относится к категории ЧС локального характера

Интегральный код показателей опасности в соответствии с данными таблицы 1 составляет 1011.

Коэффициент опасности $\lambda = 0,35$.

В соответствии с данными таблицы 2 интегральный код уязвимости плотины 1011, что определяет коэффициент уязвимости $\nu = 0,2833$.

В соответствии с полученными коэффициентами опасности λ и уязвимости ν коэффициент риска аварии на плотине составляет:

$$\gamma_a = 0,35 \times 0,2833 = 0,0992$$

Таким образом, уровень безопасности плотины, в соответствии с классификацией Российского Регистра ГТС, оценивается как нормаль-

ный, соответствующий коэффициенту риска аварии, находящемуся в установленных пределах, а именно, $\gamma_a < 0,15$.

Тогда, с учетом полученных результатов по определению коэффициента риска аварии ($\gamma_a = 0,0992$) в данном случае вероятность возникновения аварии: $P_a = 0,8 \cdot 10^{-3}$ 1/год. Таким образом, согласно классификации уровня риска [8], риск вероятности возникновения аварии ГТС оценивается как приемлемый (допустимый), так как полученные значения вероятности возникновения аварий на напорных ГТС IV класса менее $5 \cdot 10^{-3}$ 1/год.

Таблица 2

Интегральная оценка уязвимости

№	Показатель уязвимости	Уровень уязвимости	Код	Отличительные признаки, на основании которых устанавливается степень (уровень) опасности по рассматриваемому показателю уязвимости
1	Состояние плотины по данным визуальных и инструментальных наблюдений	Малая	1	По данным наблюдений и обследований в целом сооружения находятся в работоспособном состоянии, однако на некоторых участках верховой откос плотины размывает водобоем (что можно устранить в ходе проведения ремонтных работ); превышения ПДЗ контролируемых показателей отсутствуют.
2	Состояние окружающей среды в зоне влияния гидротехнического сооружения	Отсутствует	0	Водоохранилище не влияет на состояние окружающей среды и условия жизнеобеспечения населения района расположения гидроузла
3	Организация эксплуатации плотины (соблюдение требований безопасной эксплуатации)	Малая	1	Организация эксплуатации имеет незначительные отклонения от современных нормативных требований. КИА на плотине не предусмотрено.
4	Готовность объекта к локализации и ликвидации ЧС	Малая	1	Имеются незначительные отклонения от предъявляемых требований по готовности объекта к локализации и ликвидации ЧС: запас строительных материалов хранится не на объекте, а на базе эксплуатирующей организации, отсутствует локальная система оповещения (ЛСО) об аварии.

Аналогично проведен расчет интегральной экспертной оценки опасности и уязвимости аварии ГТС по сценарию 3 (наиболее вероятной аварии).

Для сценария 3 интегральный код опасности оценивается как 1021, что соответствует коэффициенту опасности $\lambda = 0,125$.

При этом код уязвимости плотины 1021, что определяет коэффициент уязвимости $\nu = 0,3833$.

В соответствии с полученными коэффициентами опасности λ и уязвимости ν коэффициент риска аварии на плотине составляет:

$$\gamma_a = 0,125 \times 0,3833 = 0,0479$$

Таким образом, уровень безопасности плотины, в соответствии с классификацией Российского Регистра ГТС, оценивается как нормальный, соответствующий коэффициенту риска аварии, находящемуся в установленных пределах, а именно, $\gamma_a < 0,15$.

Тогда, с учетом полученных результатов по определению коэффициента риска аварии ($\gamma_a = 0,0479$) в данном случае вероятность возникновения аварии: $P_a = 1,6 \cdot 10^{-3}$ 1/год. Таким образом, согласно классификации уровня риска [8], риск вероятности возникновения аварии ГТС оценивается как приемлемый (допустимый), так как полученные значения вероятности возникновения аварий на напорных ГТС IV класса менее $5 \cdot 10^{-3}$ 1/год.

Аналогично приводим расчет интегральной экспертной оценки опасности и уязвимости ава-

рии ГТС плотины на пруду «Казенный» с. Верхавка по сценарию 2 с учетом небольшой вероятности его возникновения. Для сценария 2 интегральный код опасности оценивается как 0011, что соответствует коэффициенту опасности $\lambda = 0,1563$. При этом код уязвимости плотины 0010, что определяет коэффициент уязвимости $\nu = 0,1$.

В соответствии с полученными коэффициентами опасности λ и уязвимости ν коэффициент риска аварии на плотине составляет:

$$\gamma_a = 0,1563 \times 0,1 = 0,01563$$

Таким образом, уровень безопасности плотины, в соответствии с классификацией Российского Регистра ГТС, оценивается как нормальный, соответствующий коэффициенту риска аварии, находящемуся в установленных пределах, а именно, $\gamma_a < 0,15$.

Тогда, с учетом полученных результатов по определению коэффициента риска аварии ($\gamma_a = 0,01563$) в данном случае вероятность возникновения аварии составит: $P_a = 0,1 \cdot 10^{-3}$ 1/год. Таким образом, согласно классификации уровня риска [8], риск вероятности возникновения аварии ГТС оценивается как приемлемый (допустимый), так как полученные значения вероятности возникновения аварий на напорных ГТС IV класса менее $5 \cdot 10^{-3}$ 1/год.

Аналогично приводится расчет интегральной экспертной оценки опасности и уязвимости аварии плотины по сценарию 4 и сценарию 5. Учитывая, что оба сценария маловероятны, то коэффициентами опасности λ и уязвимости ν и них

будут равны. Для сценария 4 и сценария 5 интегральный код опасности оценивается как 0001, что соответствует коэффициенту опасности $\lambda = 0,0625$. При этом код уязвимости плотины 0010, что определяет коэффициент уязвимости $\nu = 0,1$.

В соответствии с полученными коэффициентами опасности λ и уязвимости ν коэффициент риска аварии на плотине составляет:

$$r_a = 0,0625 \times 0,1 = 0,00625$$

Таким образом, уровень безопасности плотины, в соответствии с классификацией Российского Регистра ГТС, оценивается как нормальный, соответствующий коэффициенту риска аварии, находящемуся в установленных пределах, а именно, $r_a < 0,15$.

Тогда, с учетом полученных результатов по определению коэффициента риска аварии ($r_a = 0,00625$) в данном случае вероятность возникновения аварии: $P_a = 0,75 \cdot 10^{-6}$ 1/год. Таким образом, согласно классификации уровня риска [8], риск вероятности возникновения аварии ГТС оценивается как приемлемый (допустимый), так как полученные значения вероятности возникновения аварий на напорных ГТС IV класса менее $5 \cdot 10^{-3}$ 1/год.

Выводы. Оценка качественных и количественных характеристик аварии на гидроузле пруда «Казенный» с. Верхазовка Дергачевского района Саратовской области, чрезвычайных ситуаций, их последствий, выполнялась согласно постановлению Правительства РФ [12].

Согласно данного постановления и полученных показателей оценки степени риска авария на ГТС плотины на пруду «Казенный» с. Верхазовка относится к чрезвычайной ситуации локального характера, так как при прорыве плотины зона затопления не приведет к ущербу для жизни и здоровью людей, общий размер материального ущерба составляет не более 100 тыс. рублей [13–14]. Что позволяет сделать вывод – рассматриваемый объект не является потенциально опасным.

Уровень безопасности ГТС плотины пруда «Казенный» с. Верхазовка Дергачевского района Саратовской области нормальный.

Проведенная оценка степени риска аварии гидроузла пруда «Казенный» села Верхазовка Дергачевского района Саратовской области, позволяет прогнозировать вероятность наступления чрезвычайной ситуации для действующих гидротехнических сооружений. Полученные показатели вероятности степени риска аварий могут быть использованы для разработки мероприятий по предотвращению чрезвычайной ситуации, что

поможет избежать гибели людей, затопления больших территорий и избежать катастрофических последствий прорыва плотины [15–20].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ефимова А.Е. Анализ риска аварий на гидротехнических сооружениях / Урбоэкология, экологические риски урбанизированных территорий научный симпозиум: сборник // Самарский научный центр РАН, Самарский государственный технический университет, 2017. С. 69–72.

2. Федеральный закон №117-ФЗ РФ от 21.07.1997 г. «О безопасности гидротехнических сооружений».

3. Гаджиева О.А., Баринов В.Н., Михайлов Е.А., Мухин Н.А. Оценка коэффициента риска и вероятности аварий на гидротехнических сооружениях // Шестьдесят девятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием: сборник материалов конференции (Ярославль, 20 апреля 2016 г.), Ярославль: Ярославский государственный технический университет, 2016. С. 1058–1062.

4. Карпенко Н.П., Юрченко И.Ф. Теоретическое обоснование структуры классификатора критериев безопасности ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса // Природообустройство. 2015. №1. С. 12–15.

5. Виноградов О.С., Кондратьева О.М. Анализ проблем возникновения аварий на гидротехнических сооружениях / Синтез науки и общества в решении глобальных проблем современности: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции: в 4 частях // Общество с ограниченной ответственностью "Агентство международных исследований" (Уфа), 2017. С. 25–26.

6. РД 03-521-02. Порядок определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения, утвержденный приказом МЧС России, Минэнерго России, МПР России, Минтранса России, 18.05.2002. № 243/150/270/68/89, зарегистрированным Минюстом России 03.06.2002, регистрационный номер № 3493 (дата актуализации 01.02.2017).

7. Методика определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения (за исключением судоходных и портовых гидротехнических

сооружений), утвержденная приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29 марта 2016 г. № 120.

8. Методические рекомендации по оценке риска аварий на гидротехнических сооружениях водного хозяйства и промышленности. 2-е издание переработанное и дополненное, М. «ДАР/ВОДГЕО», 2009.

9. Жарницкий В.Я., Андреев Е.В. Грунтовые плотины как объект динамической системы // Природообустройство. 2016. №1. С. 16–22.

10. Абдразаков Ф.К., Панкова Т.А., Орлова С.С., Сирота В.Т. Оценка надежности и риска гидродинамической аварии на плотине // Аграрный научный журнал. 2017. №12. С. 61–65.

11. Щедрин В.Н., Косиченко Ю.М., Бакланова Д.В., Баев О.А., Михайлов Е.Д. Обеспечение безопасности и надежности низконапорных гидротехнических сооружений: монография. г. Новочеркасск. Издательство: Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации. 2016. 283 с.

12. Постановление Правительства РФ от 21.05.2007 № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (с изменениями и дополнениями от 17 мая 2011 года).

13. Абдразаков Ф.К., Панкова Т.А., Щербачков В.А. Факторы, влияющие на эксплуатационное состояние гидротехнических сооружений // Аграрный научный журнал. 2016. №10. С. 56–61.

14. Абдразаков Ф.К., Панкова Т.А., Орлова С.С., Сирота В.Т. Прогноз параметров прорывной волны при гидродинамической аварии на плотине // Аграрный научный журнал. 2017. №1. С. 35–39.

15. Salmon G.M., Hartford D.N.D. Risk analysis for dam safety: Part I, II. // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts. 1995. №47(3). Pp. 42–47.

16. Hoeg K. New dam safety legislation and the use of risk analysis // Int. Journal on Hydro-power and Dams. 1998. №5. Pp. 85–88.

17. Kumamoto H., Henley E.J. Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists. New York. IEEE Press, 1996. 597 p.

18. Silveira A.F. Deterioration in dams and reservoirs // Proc. of the 20-th IAHR Congress. 1983. Vol. 2. pp. 443–456.

19. Lagerholm S. Safety and reliability of spillway gates // Proceedings Supplement: Repair and upgrading of dams, Stockholm, Sweden. June 5–7, 1996. Pp. 362–373.

20. Serafim J.L., Coutinho-Rodrigues J.M. Statistics of dam Failures: a preliminary report // Int. Water Power & Dam Construction. 1989. Vol. 41. №4. Pp. 30–34.

Информация об авторах

Абдразаков Фярид Кинжаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения.

E-mail: abdrzakov.fk@mail.ru.

Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова.

Россия, 410012, Саратов, Театральная пл., 1.

Панкова Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения.

E-mail: vtanja@mail.ru.

Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова.

Россия, 410012, Саратов, Театральная пл., 1.

Орлова Светлана Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения.

E-mail: orlovass77@mail.ru.

Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова.

Россия, 410012, Саратов, Театральная пл., 1.

Поступила в апреле 2018 г.

© Абдразаков Ф.К., Панкова Т.А., Орлова С.С., 2018

F.K. Abdrazakov, P.T. Pankova, S.S. Orlova

THE EVALUATION OF THE ACCIDENT RISK AT THE HYDROCHAIR

Carrying out an assessment of the risk level of the accident at the hydrosystem is certainly topical and necessary for the design and declaration of hydraulic structures. During hydrodynamic accident of any hydroelectric complex, an emergency threatens the life and health of people, destroys buildings, structures, equipment, vehicles, and damages the natural environment. The hazard analysis at the hydrosystem starts with predicting all possible scenarios for the development of a hydrodynamic accident and determining for each

scenario the accident risk factors, vulnerability, accident risk and the likelihood of a hydrodynamic accident in accordance with the parameters of the flooding zone and the negative impact on the environment. As an example in this article, the results of an assessment of the degree of risk of a hydrodynamic accident of a hydrosystem including an earth dam and spillway are given.

Keywords: *waterworks, accident, scenarios, risk, danger, probability, reliability/*

REFERENCES

1. Efimova A.E. Risk analysis of accidents at hydraulic structures. Urban Ecology, ecological risks of urban territories scientific Symposium: collection. Samara scientific center of RAS, Samara state technical University, 2017, pp. 69–72.
2. Federal law no. 117-FZ of the RF from 21.07.1997 «On safety of hydraulic structures».
3. Gadzieva O.A., Barinov V.N., Mihailov E.A., Muhin N.A. Assessment of the risk coefficient and probability of accidents at hydraulic structures. Sixty-ninth all-Russian scientific and technical conference of students, undergraduates and postgraduates of higher education institutions with international participation: proceedings of the conference (Yaroslavl, April 20, 2016), Yaroslavl: Yaroslavl state technical University, 2016. pp. 1058–1062.
4. Karpenko N.P., Yurchenko I.F. Theoretical justification of the structure of classification of criteria of safety of hydraulic structures and reclamation of the water management industry. Environmental engineering, 2015, no.1, pp. 12–15.
5. Vinogradov O.S., Kondratieva O.M. Analysis of problems of occurrence of accidents at hydraulic structures. Synthesis of science and society in solving global problems of our time: collection of articles on the results of the International scientific-practical conference: in 4 parts. Agency for international development (Ufa), 2017, pp. 25–26.
6. RD 03-521-02. Order of determination of the size of harm which can be caused to life, health of physical persons, property of physical persons and legal entities as a result of accident of a hydraulic engineering construction. Approved by the order of EMERCOM of Russia, Ministry of energy of Russia, Ministry of transport of Russia, 18.05.2002. № 243/150/270/68/89, registered by the Ministry of justice 03.06.2002, registration № 3493 (date of updating 01.02.2017).
7. The technique of determination of the size of harm which can be caused to life, health of physical persons, property of physical persons and legal entities as a result of accident of a hydraulic engineering construction (except for navigable and port hydraulic engineering constructions). Approved by the order of the Federal service for environmental, technological and nuclear supervision on March 29, 2016, no. 120.
8. Methodical recommendations on risk assessment of accidents at hydraulic structures of water management and industry. 2nd edition revised and expanded, M. "DAR/VODGEO", 2009.
9. Zarnickii V.Y., Andreev E.V. Ground dam as an object of dynamic systems. Environmental engineering, 2016, no. 1, pp. 16–22.
10. Abdrasakov F.K., Pankova T.A., Orlova S.S., Sirota V.T. Evaluation of the reliability and risk of a hydrodynamic accident at the dam. Agricultural research magazine, 2017, no. 12, pp. 61–65.
11. Schedrin V.N., Kosichenko Y.M., Baklanova D.V., Baev O.A., Michailov E.D. Ensuring the safety and reliability of low-pressure hydraulic structures: monograph. G. Novochoerkassk. Publisher: Russian research Institute of problems of land reclamation. 2016, 283 p.
12. Resolution of the Government of the Russian Federation of 21.05.2007 № 304 "On the classification of emergency situations of natural and technogenic character" (with amendments and additions of may 17, 2011).
13. Abdrasakov F.K., Pankova T.A., Scherbakov V.A. Factors affecting the operational state of hydraulic structures. Agrarian scientific journal, 2016, no.10, pp. 56–61.
14. Abdrasakov F.K., Pankova T.A., Orlova S.S., Sirota V.T. The forecast parameters of breakthrough wave hydrodynamic accident at the dam. Agricultural research magazine, 2017, no. 1, pp. 35–39.
15. Salmon G.M., Hartford D.N.D. Risk analysis for dam safety: Part I, II. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 1995, no. 47(3), pp. 42–47.
16. Hoeg K. New dam safety legislation and the use of risk analysis. Int. Journal on Hydro-power and Dams, 1998, no. 5, pp. 85–88.
17. Kumamoto H., Henley E.J. Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists. New York. IEEE Press, 1996, 597 p.
18. Silveira A.F. Deterioration in dams and reservoirs. Proc. of the 20-th IAHR Congress, 1983, vol. 2, pp. 443–456.
19. Lagerholm S. Safety and reliability of spillway gates. Proceedings Supplement: Repair and upgrading of dams, Stockholm, Sweden. June 5-7, 1996, pp. 362–373.
20. Serafim J.L., Coutinho-Rodrigues J.M. Statistics of dam Failures: a preliminary report. Int. Water Power & Dam Construction, 1989, vol. 41, no. 4, pp. 30–34.

Information about the author

Fyarid K. Abdrazakov, DSc, Professor.

E-mail: abdrazakov.fk@mail.ru

Saratov State Agricultural University N.I. Vavilova.

Russia, 410012, Saratov, Teatralnaya Square, 1.

Tatiana A. Pankova, PhD, Assistant professor.

E-mail: vtanja@mail.ru.

Saratov State Agricultural University. N.I. Vavilova.

Russia, 410012, Saratov, Teatralnaya Square, 1.

Svetlana S. Orlova, PhD, Assistant professor.

E-mail: orlovass77@mail.ru.

Saratov State Agricultural University. N.I. Vavilova.

Russia, 410012, Saratov, Teatralnaya Square, 1.

Received in April 2018

Для цитирования:

Абдразаков Ф.К., Панкова Т.А., Орлова С.С. Оценка степени риска аварии на гидроузле // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №7. С. 34–41. DOI: [10.12737/article_5b4f02b785cf25.07598976](https://doi.org/10.12737/article_5b4f02b785cf25.07598976).

For citation:

Abdrazakov F.K., Pankova P.T., Orlova S.S. The evaluation of the accident risk at the hydrochair. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no.7, pp. 34–41. DOI: [10.12737/article_5b4f02b785cf25.07598976](https://doi.org/10.12737/article_5b4f02b785cf25.07598976).