Периодический научно-технический
и производственный сборник

ISSN 2413–8770

БЭС

Безопасность энергетических сооружений

Научно-исследовательский институт
НИЭС
энергетических сооружений

Вып. 2(20)
2015

РАЗДЕЛ 2 . БЕЗОПАСНОСТЬ СООРУЖЕНИЙ ГИДРОУЗЛОВ И РУСЕЛ РЕК

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО КОНТРОЛЮ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОХОДНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Мельник Г.В. *(ОАО «Гипроречтранс»)*

15 апреля 2011 г. введены в действие «Методические рекомендации по контролю технического состояния и оценке безопасности судоходных гидротехнических сооружений» (далее по тексту МР), утвержденные Федеральным агентством морского и речного транспорта и согласованные Росстранснадзором. Основные результаты, использованные при составлении «Методических рекомендаций», получены в ходе работы, выполненной ОАО «Гипроречтранс» в рамках государственного контракта № 09-1353 от 31.03.2003 г. [1].

Формат публикации не позволяет отразить все положения, использованные при разработке МР, изложить алгоритм контроля технического состояния и оценки безопасности судоходных гидротехнических сооружений (далее по тексту СГТС), используемый в МР, ответить на все вопросы, которые возникли в ходе применения этого документа. Полагаю, что читатель знаком с текстом МР и ранее действовавших «Методических рекомендаций по оценке технического состояния и уровня безопасности СГТС». Кроме того, основной алгоритм МР и ответы на дискуссионные вопросы читатель может найти в журнале «Гидротехника» (№4/25, 2011 г.,

№№ 1/26, 2/27, 3/28, 2012 г.) и отраслевых сборниках. Здесь я остановлюсь только на некоторых концептуальных положениях и наиболее дискуссионных моментах.

В настоящее время существуют несколько направлений оценки безопасности гидротехнических сооружений, которые нашли отражение в нормах АО «НИИЭС», Ростехнадзора, ФГУП «НИИ ВОДГЕО», ВНИИГ им. Веденеева.

Не вдаваясь в детали, отмечу, что в нормах АО «НИИЭС» по заявлению их разработчиков используется метод, рекомендованный Международной комиссией по большим плотинам (ICOLD). При этом для решения задачи свертки векторного критерия в скалярный предлагается формула, применение и вывод которой обосновываются ссылкой на использование теории нечетких множеств и соотношения, применяемые при вычислении значений «функций принадлежности» для суммы нечетких множеств.

Методики Ростехнадзора широко используют методы свертки векторного критерия в скалярный.

Методические рекомендации ФГУП «НИИ ВОДГЕО» используют подход, близкий к концепции ОАО «НИИЭС», однако методическая база ближе методам Ростехнадзора.

Концепция оценки безопасности ВНИИГ им. Веденеева исповедует использование методов теории надежности, которые, правда, судя по приводимым в большинстве публикаций примерам, сводятся к обычным вероятностным расчетам с использованием априорно заданных функций распределения и значений вероятности отказов.

Таким образом, перечисленные нормы имеют принципиальные отличия, поскольку в них применены различные концепции оценки безопасности. В противоположность нормам ВНИИГ им. Веденеева нормы указанных выше трех организаций условно можно объединить в одну группу, так как по большей части они абстрагируются от вероятностных расчетов или, по крайней мере, не используют частотное определение вероятности. Для них характерно использование бальных шкал и качественных оценок.

Со своей стороны специалисты ОАО «Гипроречтранс» придерживаются мнения о несовместимости вероятностных

расчетов с решением задач оценки безопасности гидротехнических сооружений. При этом основные возражения заключаются в следующем.

Из классического курса теории вероятностей известно, что теория вероятности изучает лишь такие случайные события, в отношении которых не только имеет смысл утверждение об их случайности, но и возможна объективная оценка доли случаев их появления. Это означает, что:

1. Теория вероятностей ограничивается изучением лишь тех событий, которые могут быть осуществлены неограниченное число раз, притом в неизменных условиях.

2. Теория вероятностей занимается лишь теми событиями, которые обладают устойчивостью частот. То есть при большом числе осуществления изучаемого события его частота близка к постоянной и лишь слегка изменяется от одной серии к другой.

3. Из первых двух требований следует, что теория вероятностей не занимается изучением уникальных событий, которые не допускают повторений и не могут быть воспроизведены в неизменных условиях, а также не обладают устойчивостью частот их появления.

Последнее утверждение полностью характеризует специфику гидротехнических объектов, которые, несомненно, относятся к классу уникальных, и определяет ограничения на применение методов теории вероятности при оценке их безопасности, что подтверждается многими авторитетными мнениями. В качестве примера можно привести мнение П.Л. Капицы относительно аварий на уникальных объектах, высказанное в лекции, прочитанной в Стокгольмском университете в 1976 г.: «Математические методы расчетов вероятности такого рода происшествий неприменимы» [2]. Приведем также мнение В.В. Болотина: «Наступление предельных состояний крупных технических объектов не может рассматриваться как массовое событие. При этом оказывается неприменимыми закон больших чисел и статистическое истолкование вероятности. Кроме того, мы почти нигде не располагаем настолько обширными статистическими материалами, чтобы с уверенностью судить о столь малых вероятностях

отказа, которыми должны обладать крупные технические объекты [3]. Здесь же стоит процитировать ведущих специалистов Ростехнадзора: «Рекомендуется с осторожностью относиться к применению количественных показателей риска в качестве критериев безопасности, учитывая сложность рассматриваемых объектов и большую неопределенность используемой для расчетов информации» [4].

Объем статистического материала для корректного выполнения вероятностных расчетов можно оценить на основании доказанного в математической статистике утверждения, что для уверенного разделения двух вероятностей, отличающихся менее чем на одну сотую, нужно произвести много тысяч испытаний [5]. И это притом, что при оценке безопасности гидротехнических сооружений обычно оперируют вероятностями 10^{-3} – 10^{-6}. Указанные ограничения распространяются именно на оценку безопасности объекта в целом и естественно не являются препятствием для применения статистических методов обработки результатов наблюдений и исследований. В связи с вышесказанным для оценки безопасности специалисты ОАО «Гипроречтранс» рекомендуют применение качественных методов анализа и качественных показателей — уровней, которые позволяют проводить ранжирование объектов посредством их расположения в виде последовательности по степени убывания безопасности объекта. Этот подход не противоречит Административному регламенту ... по государственной регистрации ГТС и ведению Российского регистра ГТС» (утв. 27.04.2009 г. № 117/66). В соответствии с этим документом (таблицы 2.1 – 2.24), оценка безопасности ГТС выполняется на основании качественной характеристики уровня безопасности. Классификация ГТС и чрезвычайных ситуаций по уровням выполняется в соответствии с качественными характеристиками таблицы 5 «Административного регламента ...».

Во всех случаях следует учитывать, что при существующем уровне статистической информации в ходе выполнения вероятностных расчетов сложных систем используются не более чем условные (иногда их называют инженерными, оперативными и т.п.), а не истинные вероятности, которые выражают не более чем степень уверенности в возможности ава-

рии [4]. Величины этих вероятностей, в том числе и их допускаемых значений, в различных документах отличаются на порядки [6 – 13]. Причем в результате подобных расчетов получаются не более чем ранжированные оценки возможности аварии на шкале (0; 1). Отсутствие достоверной и представительной статистической информации, а также в большинстве случаев наличие нестохастической природы неопределенности, характерной для аварий гидроузлов, делает практически невозможным при расчете показателей безопасности использование и расчет истинных вероятностей аварий или их частоты в год, которые обычно используются при страховании или при экспертизе безопасности органами ГО иЧС. В данной ситуации допустимо не более чем экспертное предписание и нормативное утверждение каждому уровню безопасности ожидаемой частоты возникновения аварий в год. При этом необходимо использовать существующие в каждой отрасли традиции и накопленный к настоящему времени опыт оценок этой величины.

Бездумное использование вероятностных методов открывает дорогу «риск-манипуляторам», подмене реальных мер безопасности «виртуальным и «онаученным управлением риском» [14]. Изначально подход к оценке безопасности судоходных сооружений абстрагировался от оценок риска. Связано это было со многими причинами. Во-первых, как было указано выше, с невозможностью достоверно оценить вероятность (в ее частотной интерпретации) разрушения сооружения, имеющего определенные повреждения. А, во-вторых, тем, что в отраслях, где подход к оценке риска вроде бы устоялся, продолжается ожесточенная дискуссия о критериях приемлемого риска. В то же время при использовании действующих нормативных документов то и дело возникают абсурдные ситуации [14, 16].

Текст действующих МР содержит большое число пояснений. Тем не менее, считаю необходимым остановиться на некоторых принципиальных моментах. Обращу внимание на формулы для определения показателей интегральных признаков СГТС, технического состояния (ТС) и безопасности (БС). Определение этих показателей есть, по сути, решение задачи многокритериального оценивания объектов. Одним из наиболее обоснованных способов решения этой задачи является построение

математической модели объекта. Рассмотрим возможность построения такой модели для наших объектов.

Представим идеальный объект, который описывается несколькими признаками, отражающими интенсивность проявления нескольких свойств объекта. Допустим, что все свойства, а соответственно признаки, существенны и одинаково важны. При этом интенсивность проявления свойств объекта проявляется следующим образом: при увеличении значения признака свойство объекта ухудшаются. Идеализацию объекта можно завершить предположением, что размерность признаков одинакова (или, что они безразмерны), и при их измерении применяется одинаковая шкала. Однако обычно, и это является весьма эффективным приемом, при образовании интегрального признака оперируют нормированными значениями признаков, с которыми и будем дальше работать.

Назовем «элементарным состоянием» объекта такое его состояние, когда значения всех признаков, кроме одного, минимальны (их нормированные значения равны нулю). Оставшийся же признак является переменным, он может принимать любое значение между минимальным и максимальным. Множество всех элементарных состояний образует пространство элементарных состояний. Очевидно, что их число равно числу выбранных нами признаков. Под термином «состояние» в предлагаемой схеме будем понимать сумму (объединение) какого-либо множества элементарных состояний. Все рассматриваемые в схеме состояния, как элементарные, так и их объединения, образуют множество событий.

Примем в качестве аксиом следующие непротиворечивые допущения. Во-первых, при достижении признаком его максимального значения, а, следовательно, его нормированного значения единицы, элементарное состояние объекта по этому признаку является неработоспособным. При этом, поскольку все характеризуемые признаками свойства являются существенными, состояние объекта так же является неработоспособным (происходит отказ объекта), даже если все остальные признаки имеют минимальные значения. Во-вторых, при достижении переменным признаком его минимального значения элементарное состояние объекта по этому

признаку является работоспособным, точнее сказать исправным. При этом, поскольку все остальные признаки по определению уже имеют минимальные значения, состояние объекта также является работоспособным (исправным). Нормированные значения признаков (J), с одной стороны, описывают состояние объекта (A), а с другой — являются его функцией $J(A)$. Назовем нормированные значения признаков «частными признаками элементарного состояния» объекта. При этом функция J (A), с учетом принятых выше допущений, обладает следующими характерными свойствами:

1) $J(I)=1$; 2) $J(\varnothing)=0$; 3) $0 \le J(A) \le 1$,

где J (I) — частный признак неработоспособного элементарного состояния объекта (I); J (Ш) — частный признак работоспособного элементарного состояния объекта (Ш); $J(A)$ — частный признак частично работоспособного элементарного состояния объекта (A).

Приведенное выше определение частного признака элементарного состояния объекта практически полностью совпадает с аксиоматическим определением вероятности А.Н. Колмогорова на основе теории множеств. Необходимо заметить, что в данном случае это определение сформулировано в несколько адаптированном виде. Кроме того, поскольку рассматриваемые здесь элементарные состояния совместны, нет необходимости формулировать последнее свойство, называемое «аксиомой сложения», так как оно относится только к несовместным состояниям.

Самым важным следствием, которое мы можем извлечь из совпадения определения частного признака элементарного состояния объекта с аксиоматическим определением вероятности, является возможность применения хорошо разработанной алгебры вероятностей, что позволяет по частным признакам элементарных состояний найти признак других состояний, являющихся объединением элементарных. Другими словами, по значениям частных признаков можно определить интегральный признак состояния, под которым, как было определено выше, мы понимаем сумму (объединение) элементарных состояний. С этой целью используем

структуру выражения для сложения вероятности (n) независимых событий и получаем:

$$J = J\left(\sum_{k=1}^{n} A_k\right) = 1 - \prod_{k=1}^{n}\left[1 - J(A_k)\right], \qquad (1)$$

где $J(A_k)$ — частный признак элементарного состояния;

$J = J\left(\sum_{i=1}^{n} A_i\right)$ — интегральный признак состояния объекта.

Подставив вместо $J(A_k)$ его выражение, равное $J(A_k) = (J_i - J_{min})/(J_{max} - J_{min})$, получаем выражение:

$$J = 1 - \prod_{i=1}^{n}\left[1 - (J_i - J_{min})/(J_{max} - J_{min})\right] = 1 - \frac{\prod_{i=1}^{n}(J_{max} - J_i)}{(J_{max} - J_{min})^n}. \qquad (2)$$

Для перевода интегрального признака состояния объекта, рассчитанного в нормированных значениях, в размерность первоначально выбранной шкалы признаков умножим (J) на величину выбранного нормирующего делителя, то есть $(J_{max} - J_{min})$, получим выражение:

$$J^* = J_{max} - J_{min} - \frac{\prod_{i=1}^{n}(J_{max} - J_i)}{(J_{max} - J_{min})^{n-1}}, \qquad (3)$$

где J^* — значение интегрального признака состояния объекта в размерности первоначально выбранной шкалы измерения признаков.

Поскольку для выбранной нами шкалы измерений (см. далее) $J_{max} - J_{min} = 1$, а для того, чтобы расчет был верен для любого интервала шкалы, к правой части формулы надо прибавить J_{min}, приходим к выражению:

$$J = J_{max} - \prod_{k=1}^{n}(J_{max} - J_i). \qquad (4)$$

Именно эта формула и послужила основой для вычисления показателей ТС и БС. Можно отметить, что формулы (3) и (4) имеют много общего с формулой (2.1) «Методики оценки уров-

ня безопасности гидротехнических сооружений» (ОАО «НИИЭС», Москва, 2004). В тоже время имеется и ряд отличий (см. далее). Интересно также отметить, что формула (1) совпадает с формулой для определения вероятности отказа основного соединения в теории надежности, а также с формулой одного из распространенных методов свертки векторного критерия в скалярный, а именно дополнительной мультипликативной свертки.

Дальнейший анализ структуры исследуемой проблемы приводит к необходимости использования при оценке состояния объекта не только признаков существенных свойств, но и ряда других. Результаты анализа показали, что в этом случае необходимо использовать так называемые коэффициенты значимости. Такой же подход возможен и в случае оценки интегрального признака состояния с позиции нечетких множеств. В этом случае вводится оператор увеличения нечеткости, представляющий собой совокупность коэффициентов значимости всех параметров, описывающих состояние объекта.

Итак, мы имеем математическую модель, позволяющую определить величину интегрального признака состояния объекта на основе обобщения информации по всем его частным признакам. Причем эта модель не противоречит наиболее общему математическому описанию объекта с позиций теоретико-множественного подхода, и обоснованно может служить базой для определения вида технического состояния и оценки безопасности гидротехнических сооружений.

Перейдем теперь непосредственно к тексту МР и дадим некоторые пояснения к заложенному в них алгоритму. Исходя из сказанного выше, основой алгоритма являются четыре положения.

1. В соответствии с МР выполняется качественная оценка безопасности судоходных гидротехнических сооружений, т.е. определяется уровень их безопасности, что, как было отмечено выше, не противоречит «Административному регламенту ... по государственной регистрации ГТС и ведению Российского регистра ГТС».

2. Определение вида технического состояния объекта[1] и оценка его безопасности, то есть определение уровня безопасности, соответствующего этому состоянию, выполняются по

результатам определения интегральных признаков технического состояния объекта (ТС) и безопасности (БС).

3. Определение величины интегрального признака выполняется с использованием формулы (4).

4. В соответствии с действующими нормативными документами контроль технического состояния и оценка технического состояния выполняются на основе анализа сценариев аварий с использованием критериев безопасности.

Отметим, что реализовать в чистом виде второе положение не удалось. Причиной этому были субъективные обстоятельства, которые, надо сказать, имели свое обоснование. То есть, фактически в МР был отражен, как мне кажется, не совсем верный подход, когда одному виду состояния объекта могут соответствовать разные уровни безопасности.

Поясню сложившуюся ситуацию. Учет всей совокупности признаков, определяющих состояние объекта, в общем виде не представляет трудностей. Три множества однозначно задают текущее состояние объекта: множество входных сигналов, переменных внутреннего состояния, переменных внешних воздействий. Первое множество включает в себя управляющие воздействия и характеризует систему эксплуатации, второе — внутреннее состояние элементов, компонентов и подсистем объекта, третье — внешние воздействия. В то же время для эксплуатационников весьма важным является выделить в отдельную подгруппу те признаки, определяющие состояние объекта, за которые они несут непосредственную ответственность. Кроме того, по установившейся традиции почему-то считается, что эксплуатация не оказывает влияние на состояние объекта, на него влияют только внешние воздействия на объект, которые приводят, например, к снижению прочности, снижению сопротивления изоляции, конструктивным повреждениям и т.п. Таким образом, сложилось весьма ограниченное представление о состоянии объекта, для которого был принят термин «техническое состояние».

В итоге, сначала по некоторой совокупности признаков производилось определение вида технического состояния

[1] В соответствии с ГОСТ 20911-89 определение вида технического состояния обозначается термином «контроль технического состояния»

объекта, а затем с учетом оставшихся признаков производилась оценка его безопасности. При этом получается, что одному виду технического состояния объекта могут соответствовать разные уровни безопасности. Положение могло быть исправлено введением в документ термина «эксплуатационное состояние», используемого в некоторых технических приложениях. Однако консенсус по этому вопросу достигнут не был. В то же время необходимо отметить, что все сказанное выше не отразилось на итоговых оценках, хотя и усложнило общий алгоритм документа.

Для контроля технического состояния и оценки безопасности объектов в МР используется порядковая критериальная шкала, которая существенно отличается от шкалы, принятой в «Методических рекомендациях по оценке технического состояния и уровня безопасности СГТС», утвержденных 30.12.03. Шкала того документа имела пять интервалов 1 – 2; 2 – 3; 3 – 4; 4 – 5; 5 – 6. При этом началу отсчета соответствовал бал равный 1, а предельным значениям — следующие баллы: предельно-допустимое значение (ПДЗ) – 3; ограниченно-допустимое значение (ОДЗ) – 4; критическое значение (КЗ) – 5. Интервал 1 – 3 соответствовал работоспособному техническому состоянию и (или) нормальному уровню безопасности, интервал 3 – 4 соответствовал ограничено работоспособному техническому состоянию и (или) пониженному уровню безопасности, интервал 4 – 5 соответствовал предаварийному техническому состоянию и (или) неудовлетворительному уровню безопасности, интервал 5 – 6 соответствовал аварийному техническому состоянию и (или) опасному уровню безопасности.

Выбор именно пяти интервалов для контроля технического состояния и оценке безопасности объектов вполне обоснован. Из психологии известно, что способность человека производить качественные разграничения, представлена пятью основными определениями. Можно, например, привести одно из них, в наибольшей мере удовлетворяющее оценке признака или состояния объекта: очень хорошо, хорошо, удовлетворительно, плохо, очень плохо. Для большей точности, если существует такая возможность, можно принять и компромиссные решения между соседними определениями.

Эти определения можно сопоставить с определениями видов технического состояния и уровней безопасности (табл.).

Таблица

Качественные разграничения	Вид технического состояния	Уровень безопасности
Очень хорошо	Исправное	Нормальный
Хорошо	Работоспособное	
Удовлетворительно	Ограничено работоспособное	Пониженный
Плохо	Предаварийное	Неудовлетворительный
Очень плохо	Аварийное	Опасный

Однако в предыдущем документе все же существовали некоторые неточности. Так, в соответствии с ГОСТ 27.002-89 и ГОСТ 20911-89, есть еще понятие «исправное техническое состояние», которое в рассматриваемом документе отсутствовало. Естественно, его было необходимо добавить. Исправному техническому состоянию, в отличие от других видов технического состояния, соответствует не интервальная, а точечная оценка, поскольку по определению термина «исправное состояние» (ГОСТ 27.002-89) при любом отклонении от требований технической документации сооружение сразу же переходит в другое техническое состояние. По этой причине при условии сохранения преемственности численных обозначений предельно допустимых значений ПДЗ, ОДЗ и КЗ (которые в новом документе обозначены как К1, К2, К3), интервал 1 – 2 на шкале пришлось удалить и за начало отсчета принять балл, равный 2, который теперь соответствует «исправному техническому состоянию». Кроме того, за ненадобностью исключен балл, равный 6. Он не имеет никакого определения, поскольку не соответствует ни одному из предельно допустимых значений. Для определения аварийного технического состояния и опасного уровня безопасности на шкале достаточно задать интервал ≥ 5 и ограничивать его баллом 6 нет необходимости.

Необходимо дать дополнительное пояснение к формулам определения показателей ТС и БС, используемым в МР. Структура формул в отличие от той, что присутствует в предыдущем документе, позволяет исключить произвольность выбора балла, который является началом отсчета критери-

альной шкалы. Принципиальным также является удаление в новом документе из формул для ТС и БС знаменателя. Вернее принципиальным является не само удаление, а та причина, которая привела к видоизменению формулы.

Те, кто работал с предыдущим документом, помнят, что при попадании оценок того или иного признака в интервал шкалы 4 – 6, J_{min} и J_{max} принимались равными соответственно 4 и 6. Это обосновывалось предположением, что совокупность оценок признаков, расположенных в интервале 4 – 5, которые поодиночке характеризовали техническое состояние как предаварийное, могли перевести объект в аварийное техническое состояние. Однако такой подход противоречит концепции смены состояний, на которой в настоящей публикации подробно не останавливаюсь. В соответствии с этой концепцией возможные состояния сложных систем обычно разбиваются на некоторое число классов (видов). Концепция смены состояний сложных систем исходит из конечного числа возможных классов (видов) состояний систем, т.е. их дискретного поведения. Эти утверждения можно проиллюстрировать классическим примером падения шарика со ступеньки на ступеньку (рис. 1): падение шарика на соседнюю нижнюю ступеньку ассоциируется со сменой его состояния.

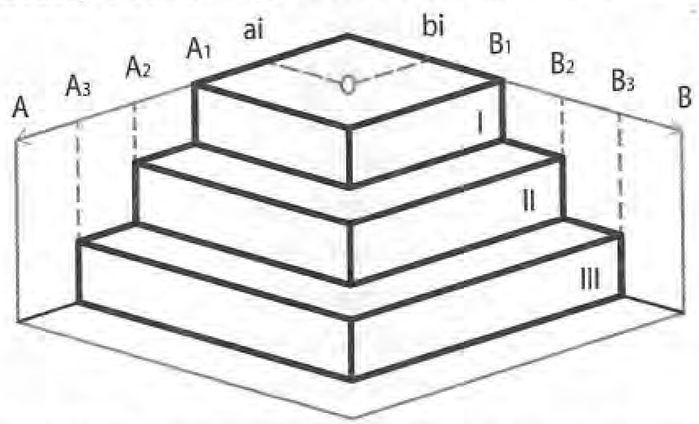

Рис. 1. Иллюстрация смены состояния систем

Как видно из рисунка, состояние шарика на плоскости характеризуется двумя признаками: А и В. При этом, как бы близко шарик не приблизился к предельным значениям признаков A_1 и B_1, он никогда не упадет на следующую ступеньку (вторую), то есть не изменит свое состояние, пока значения признаков не превысят значения A_1 и B_1. Тем более он никогда не сможет попасть на третью ступеньку, пока значения признаков не превысят предельных значений A_2 и B_2. Этот пример хорошо иллюстрирует два основных положения. Объект никогда не изменит своего состояния, пока хотя бы один из признаков, характеризующих его значимые свойства (то есть свойства, определяющие вид технического состояния объекта), не переведет его в это состояние. Кроме того возможна только последовательная смена состояний объекта, «перескакивание» через состояния невозможно. Из всего сказанного следует, что при выбранной критериальной шкале значение $(J_{min} - J_{max}) = 1$, так что знаменатель в формуле (2) ликвидируется сам собой.

В заключение хотелось бы остановиться на п. 5.39 МР и Приложении Д этого документа, в которых определен порядок оценки верхней границы расчетной вероятности возникновения аварии на судоходных гидротехнических сооружениях. Данный раздел был включен в документ, несмотря на всю критику использования вероятностных расчетов при решении задач оценки безопасности гидротехнических сооружений. Вызвано это было субъективными причинами. Во-первых, у эксплуатационников эти цифры часто требуют органы ГО иЧС. Во-вторых, к сожалению, эти цифры используются при определении величины ущерба в результате гидродинамической аварии.

В тоже время необходимо отметить, что здесь авторы документа не отошли от своей принципиальной позиции, которая заключается в том, что тому или иному уровню безопасности можно дать не более чем экспертное предписание расчетной вероятности возникновения аварии (термин «расчетная вероятность» принят СНиП 33-01-2003). Нормальному уровню безопасности были приписаны значения, полученные из СНиП 33-01-2003, а для определения характера зависимости, представленной в Приложении Д, использованы данные из [17]. Кроме того, в документе использованы не истинные, а условные вероятности, которыми на самом деле и являются цифры Приложения Д. Это подтверждается тем, что значения расчетной вероятности, приведенные в СНиП 33-01-2003, получены для плотин по результатам вероятностных расчетов (с использованием ряда гипотез и упрощаю-

щих процедур) обобщенного риска реализации предельных состояний первой группы для периода постоянной и временной эксплуатации [17]. Нельзя не отметить, что использование в СНиП 33-01-2003 термина «расчетная вероятность» с размерностью 1/год некорректно. Однако обсуждение этого вопроса выходит далеко за рамки настоящей публикации. Более подробно с этой темой можно ознакомиться в [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. **Отчет** «Методические указания к порядку определения допустимого уровня риска аварий судоходных гидротехнических сооружений» (гос. контракт № 09-1353 от 31.03.2003 г., Тема № 58 «Разработка порядка определения допустимого уровня риска аварий СГТС»). – М.: ОАО «Гипроречтранс», 2004.
2. **Капица П.Л.** Эксперимент, теория, практика (Глобальные проблемы и энергия – лекция, прочитанная в Стокгольмском университете, 1977). – М.: Наука, 1976.
3. **Машиностроение.** Энциклопедия. Том IV-3. Надежность машин (Раздел 1.5.4.). – М.: Машиностроение, 1998.
4. **Гражданкин А.И., Лисанов М.В., Печеркин А.С.** К вопросу об использовании вероятностных оценок риска для анализа безопасности опасных производственных объектов (Сборник материалов семинара Госгортехнадзора России «Об опыте декларирования промышленной безопасности и развитии методов оценки риска опасных производственных объектов. Материалы семинара Госгортехнадзора России, ГУП «НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России). – М., 2002.
5. **Гнеденко Б.В.** Курс теории вероятности: Учебник. 7-е изд., исправл. – М.: Эдиториа УРСС, 2001.
6. **Руководство** по обеспечению надежности железобетонных конструкций предприятий черной металлургии при их реконструкции – Харьковский Промистройниипроект – НИИЖБ, Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1982.
7. **Рекомендации** по оценке надежности строительных конструкций по внешним признакам. – М.: ЦНИИ Промзданий Госстроя СССР, 1995.
8. **Методика** оценки и сертификации инженерной безопасности зданий и сооружений. – М.: ВНИИ ГОиЧС, 2003.
9. **РД 03-418-01** Методические рекомендации по проведению анализа риска опасных производственных объектов. – М.: ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2001.
10. **Лисанов М.В., Лыков С.М., Печеркин А.С., Сидоров В.И.** Оценка опасности установок первичной переработки нефти при декларировании промышленной безопасности («Безопасность труда в промышленности», № 8, 1999).
11. **Александровская Л.Н., Афанасьев А.П., Лисов А.А.** Современные методы обеспечения безопасности сложных технических систем. Учебник. – М.: Логос, 2001.
12. **Германский** стандарт автомобильного союза VDA.
13. **Военный** стандарт США MIL-STD 1629A.
14. **Гражданкин А.И.** Неприемлемые показатели и критерии допустимого риска» // Промышленная безопасность: доклад на четырнадцатом научном семинаре. 19.05.2008.
15. **Лисанов М.В., Сумской С.И.** Отзыв специалистов НТЦ «Промышленная безопас-ность» на методические документы МЧС России по оценке риска чрезвычайных ситуаций (Приложение к письму НТЦ «Промышленная безопасность» от 8.04.2008 № 5-20).
16. **Лисанов М.В., Буйновский С.Н.** О критериях приемлемого риска аварий на опасных производственных объектах химического и нефтегазового комплекса //Безопасность труда в промышленности. 2009. –№ 3.
17. **Стефанишин Д.В.** Оценка нормативной безопасности плотин по критериям риска. «Гидротехническое строительство». – № 2, 1997.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ВНЕШНИМ ЛИСТОВЫМ АРМИРОВАНИЕМ

***Николаев В.Б.**, доктор техн. наук, **Рубин О.Д.**, доктор техн. наук, **Лисичкин С.Е.**, доктор техн. наук, **Балагуров В.Б.**, **Климов Е.А.**, **Белов А.А.**, **Барышников К.М.** (АО «НИИЭС»)*

Сталежелезобетонные конструкции, имеющие внешнее армирование из гладкой листовой стали, представляют собой особый класс железобетонных конструкций. В таких конструкциях помимо обычной стержневой рабочей арматуры, окруженной бетоном и имеющей полноценное сцепление с бетоном, имеется внешняя листовая арматура, прикрепляемая к бетонной поверхности растянутой грани конструкции.

Внешнее листовое армирование целесообразно устанавливать при усилении или ремонте железобетонных конструкций для повышения несущей способности. Также роль внешнего листового армирования может выполнять защитная (в