

# Методические рекомендации по контролю технического состояния и оценке безопасности судоходных ГТС: концептуальные положения



Г. В. Мельник,  
начальник отдела  
научных исследований  
и экспериментального  
проектирования  
ОАО «Гипроречтранс»

15 апреля 2011 г. введены в действие «Методические рекомендации по контролю технического состояния и оценке безопасности судоходных гидротехнических сооружений» (МР), утвержденные Федеральным агентством морского и речного транспорта и согласованные Росстраснадзором. Основные результаты, использованные при составлении МР, 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 (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.

## Подходы к оценке безопасности ГТС

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

Не вдаваясь в детали, отмечу, что в нормах ОАО «НИИЭС», по заявлению их разработчиков, используется метод, рекомендованный Международной комиссией по большим плотинам (ICOLD). При этом для решения задачи свертки векторного критерия в скалярный пред-

лагается 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», и методическую базу, более близкую методам Ростехнадзора.

Концепция оценки безопасности ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева строится на использовании 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 трех остальных учреждений 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 балльных шкал и качественных оценок.

## Ограничения по применению вероятностных методов

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 данная наука изучает лишь такие случайные события, в отношении которых не только имеет смысл утверждение о случайности, но и возможна объективная оценка доли случаев их появления. Это означает, что, во-первых, теория вероятностей ограничивается изучением лишь тех событий, которые могут быть осуществлены неограниченное число раз, притом в неизменных условиях. Во-вторых, 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. В-третьих, из первых двух утверждений 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.

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 оказываются 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 «Гипропроектранс» 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 (табл. 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 табл. 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 лишь степень уверенности в возможности аварии или безопасной эксплуатации [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 и ЧС. В данной ситуации допустимо не более чем экспертное предписание и нормативное утверждение по каждому уровню безопасности ожидаемой частоты 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 со многими причинами. Во-первых,

как указано выше, с невозможностью достоверно оценить вероятность (в ее частотной интерпретации) разрушения сооружения, имеющего определенные повреждения. А во-вторых, с 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].

### Математическая модель объекта

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. Интенсивность проявления свойств объекта выглядит следующим образом: при увеличении значения признака свойства объекта ухудшаются. Идеализацию объекта завершим предположением, что размерность признаков одинакова (или что они безразмерны) и при их измерении применяется одинаковая шкала. 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 рав-

но 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 работоспособным. При этом, поскольку все характеризующие признаками свойства являются существенными, состояние объекта также является работоспособным (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 — 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. Эта функция, с учетом принятых выше допущений, обладает следующими характерными свойствами:

- 1)  $J(1) = 1$ ;
- 2)  $J(0) = 0$ ;
- 3)  $0 \leq J(A) \leq 1$ ,

где  $J(1)$  — частный признак работоспособного элементарного состояния объекта ( $1$ );

$J(0)$  — частный признак работоспособного элементарного состояния объекта ( $0$ );

$J(A)$  — 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 к нему 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:

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

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

$J\left(\sum_{i=1}^n A_i\right)$  — 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

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

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

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

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:

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

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 уровня безопасности гидротехнических сооружений»<sup>1</sup>. В то же время имеется и ряд отличий. 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.

### Основа алгоритма

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

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

<sup>1</sup> Разработаны ОАО «НИИЭС» (Москва) в 2004 г.

Таблица. Сопоставление оценки состояния объекта с уровнями безопасности

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

- определение вида технического состояния объекта (в соответствии с ГОСТ 20911-89 используется термин «контроль технического состояния») и оценка его безопасности, т. е. определение уровня безопасности, соответствующего этому состоянию, выполняются по результатам определения интегрального признака состояния объекта;

- определение величины интегрального признака выполняется с использованием одной из формул (1), (3), (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, компонент и подсистем объекта, третье — внешние воздействия. В то же время для эксплуатационников весьма важно выделить в отдельную подгруппу те признаки, определяющие состояние объекта, за которые они несут непосредственную ответственность. Кроме того, по установившейся практике почему-то считается, что признаки эксплуатации не оказывают влияния на состояние объекта, на него влияют только признаки, воздействующие непосредственно на технические при-

знаки объекта (снижение прочности, снижение сопротивления изоляции, конструктивные повреждения 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 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.

### Критериальная шкала

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 30.12.2003 г. Шкала того документа имела пять интервалов 1–2; 2–3; 3–4; 4–5; 5–6. При этом началу отсчета соответствовал балл, равный 1, а предельным значениям — следующие баллы: предельно-допустимое значение контролируемого параметра (ПДЗ) — 3; ограничено-допустимое значение контролируемого параметра (ОДЗ) — 4; критическое значение контролируемого параметра (КЗ) — 5.

Интервал 1–3 соответствовал работоспособному техническому состоянию и/или нормальному уровню безопасности, интервал 3–4 соответствовал ограниченно работоспособному техническому состоянию и/или пониженно-

му 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 оценки 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 (см. табл.).

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 обозначения 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 ненужностью исключен балл, равный 6.



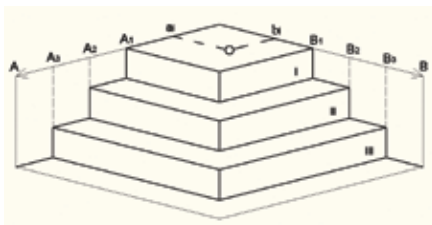


Рис. 1. Иллюстрация смены состояния систем

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  $\geq 5$ , ограничивать его баллом 6 нет необходимости.

### Формулы определения показателей технического состояния и уровня безопасности

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 критериальной шкалы. Принципиальным также является удаление в новом документе знаменателя из формул для ТС и БС. 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, могла 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.

Как видно из рисунка, состояние шарика на плоскости характеризуется двумя признаками:  $A$  и  $B$ . При этом, как бы близко шарик ни приблизился к предельным значениям признаков  $A_1$  и  $B_1$ , он никогда не упадет на следующую ступеньку (вторую), т. е. не изменит свое состояние, пока значения признаков не превысят значения  $A_1$  или  $B_1$ . 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.

### Оценка верхней границы расчетной вероятности возникновения аварии

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 и ЧС. Во-вторых, к сожалению, эти цифры используются при определении величины ущерба в результате гидродинамической аварии.

В то же 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 упрощающих 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].

### Проблемы внедрения новых методических рекомендаций

С внедрением новых МР связаны определенные проблемы, на которых необходимо остановиться, чтобы внести в этот вопрос полную ясность. Дело в том, что новые МР позволяют учесть больше факторов, влияющих на безопасность СГТС, чем ранее действовавший документ. В частности, они позволяют учесть состояние, наличие или отсутствие предусмотренных нормами проектирования средств, обеспечивающих безопасность эксплуатации (системы аварийной сигнализации и оповещения эксплуатационного персонала и населения, резервного источника электроснабжения объекта, автономного источника электроснабжения аварийных ворот, предохранительного устройства и аварийных ворот), чего не было в предыдущих методических рекомендациях. Учет дополнительных факторов в некоторых случаях понижает уровень безопасности СГТС по сравнению с ранее выполненными оценками безопасности сооружений, которые базировались на предыдущем документе. В основном это относится к сооружениям, на которых отсутствуют предохранительные устройства и аварийные ворота. А то, что их состояние, наличие или отсутствие, несомненно, отражаются на безопасности СГТС, — это факт. Для подтверждения приведу примеры.

Рассмотрим два одинаковых шлюза, которые находятся в отличном (исправном) техническом состоянии и к эксплуатации которых нет никаких претензий. Однако на шлюзе № 1 нет аварийных ворот, а на шлюзе № 2 аварийные ворота есть. Вопрос: уровень безопасности какого шлюза лучше (выше)? Естественно, шлюза № 2. Это хорошо иллюстрирует авария на шлюзе Константиновского гидроузла (рис. 2), на котором аварийных ворот нет. Навал судна на нижние ворота (при открытых верхних воротах) привел к гидродинамической аварии, которая не произошла бы, если бы у шлюза были аварийные ворота. Тем не менее шлюз Константиновского гидроузла имел высокие результаты оценки технического состояния и, соответственно, безопасности, полученные по старой методике. Новая методика позволяет объективнее подойти к этой оценке.

Еще один пример, подтверждающий, что наличие аварийных ворот существенно повышает безопасность СГТС — это авария на Пермском шлюзе (рис. 3). Когда баржа пробила пять ворот западной нитки шлюза, именно аварийные ворота, которые закрылись в потоке, позволили избежать развития гидродинамической аварии.

Ситуация усугубляется тем, что даже после реконструкции СГТС, которая проводится сейчас в рамках Федеральной целевой программы, уровень безопасности некоторых СГТС, при оценке ее по действующим МР может не только не повыситься, но даже снизиться, если на сооружениях нет аварийных ворот или предохранительного устройства, о которых при реконструкции все забыли. Естественно, это никому не нравится, особенно Федеральному агентству морского и речного транспорта. Однако при этом делаются совершенно неверные выводы. Дело совсем не в том, что действующие МР неправильно оценивают безопасность СГТС. Просто они позволяют учесть факторы, которые, несомненно, влияют на безопасность, но ранее не учитывались.

Пытаясь смягчить ситуацию, работники МР в первой половине сентября 2011 г. представили Росморречфлоту предложения по корректировке документа. Они полностью решают все проблемы недовольных ухудшением безопасности части СГТС. Суть предложений состоит в том, что учет дополнительных факторов теперь не



Рис. 2. Авария на шлюзе Константиновского гидроузла. Прорыв напорного фронта при отсутствии аварийных ворот

переводит безопасность СГТС на уровень ниже того, который определяется техническим состоянием сооружений (комментировать эти поправки пока не буду). Тем не менее никакого решения о внесении изменений в действующие МР или снятия претензий к ним до сих пор не принято. ■

#### Литература

1. Отчет «Методические указания к порядку определения допустимого уровня риска аварий судоходных гидротехнических сооружений». М.: ОАО «Гипроречтранс», 2004. 55 с.
2. Капица П. Л. Эксперимент, теория, практика. М.: Наука, 1977. 354 с.
3. Машиностроение. Энциклопедия. Том IV-3. Надежность машин (Раздел 1.5.4). М.: Машиностроение, 1998. 592 с.
4. Гражданкин А. И., Лисанов М. В., Печеркин А. С. К вопросу об использовании вероятностных оценок риска для анализа безопасности опасных производственных объектов // Сб. мат-лов семинара Госгортехнадзора России «Об опыте декларирования промышленной безопасности и развитии методов оценки риска опасных производственных объектов». Мат-лы семинара Госгортехнадзора России, ГУП «НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России». М., 2002.
5. Гнеденко Б. В. Курс теории вероятности: Учебник. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 320 с.
6. Руководство по обеспечению надежности железобетонных конструкций предприятий черной металлургии при их реконструкции. Харьковский Промстройинипроект — НИИЖБ, Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1982. 112 с.
7. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций по внешним признакам. М.: ЦНИИПромзданий Госстроя СССР, 1995. 112 с.



Рис. 3. Авария на западной нитке Пермского шлюза. Прорыв напорного фронта предотвращен с помощью аварийных ворот

8. Методика оценки и сертификации инженерной безопасности зданий и сооружений. М.: ВНИИ ГО и ЧС, 2003. 85 с.
9. РД 03-418-01 Методические рекомендации по проведению анализа риска опасных производственных объектов. М.: ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2001. 58 с.
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. 1999. № 8. С. 36–39.
11. Александровская Л. Н., Афанасьев А. П., Лисов А. А. Современные методы обеспечения безопасности сложных технических систем. Учебник. М.: Логос, 2001. 208 с.
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 14-м научном семинаре. 19.05.2008. URL: [www.safety.fromru.com](http://www.safety.fromru.com).
15. Лисанов М. В., Сумской С. И. Отзыв специалистов НТЦ «Промышленная безопасность» на методические документы МЧС России по оценке риска чрезвычайных ситуаций (Приложение к письму НТЦ «Промышленная безопасность» от 08.04.2008 г. № 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. С. 76–78.
17. Стефанишин Д. В. Оценка нормативной безопасности плотин по критериям риска // Гидротехническое строительство. № 2. 1997.