

Д.Н. Кутлияров, А.Н. Кутлияров

АНАЛИЗ РИСКА И ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКАЗОВ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Ключевые слова: гидротехнические сооружения; риск; отказ; дерево событий; вероятность отказов; количественная оценка; надёжность; устойчивость откоса

Водохранилища решают многие хозяйственные проблемы и одновременно вызывают противоречие между целью их создания и негативными последствиями в природе и хозяйстве.

Со строительством и эксплуатацией водохранилищ связаны многие опасности, порождающие риск. Непредсказуемые последствия могут повлечь за собой гидродинамические аварии на напорных сооружениях. Опасные воздействия для населения и окружающей среды реализуются и без возникновения аварийной ситуации на водохранилищах. Во многих отношениях риск для населения, проживающего в нижнем бьефе водохранилищ, может быть не меньше, чем для людей, живущих вблизи атомных электростанций [1].

В настоящее время в соответствии с реализацией Закона РФ «О безопасности гидротехнических сооружений» актуальными стали оценка уровня безопасности сооружений водохранилищ и разработка мер

по обеспечению их надежности.

При оценке уровня безопасности сооружений водохранилищ необходимо провести анализ всех возможных последствий отказов системы. Расширение анализа надежности, включение в него рассмотрения последствий, ожидаемую частоту их появления, а также ущерб, вызываемый аварийными ситуациями, являются оценкой риска. Она может выполняться по следующей схеме (рис. 1).

Цель исследований - оценить вероятности и риск возникновения отказов на гидротехнических сооружениях Республики Башкортостан.

Стадии и методы исследования. Для эксплуатируемых в настоящее время водохранилищ выявление потенциального риска аварии рекомендуется проводить в три стадии: предварительный анализ опасности; выявление последовательности опасных ситуаций; анализ последствий.

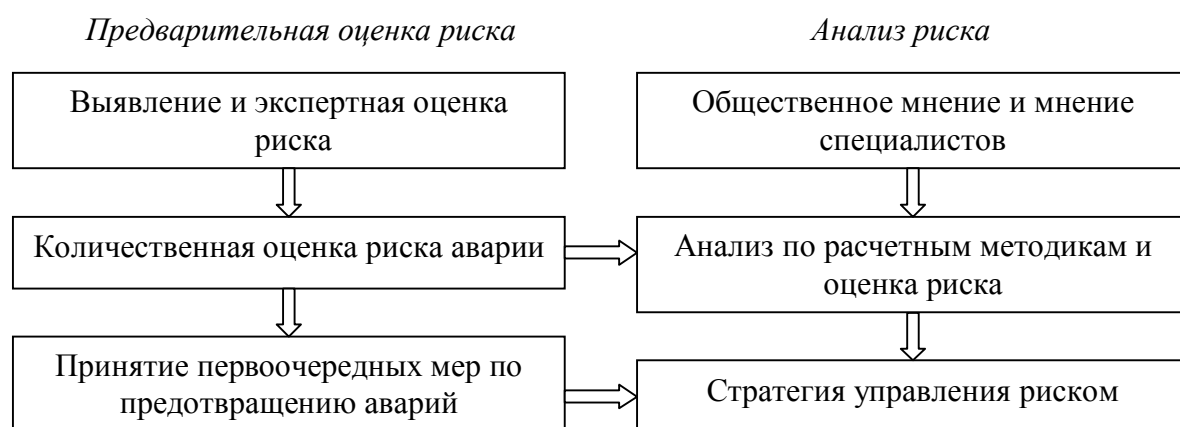


Рисунок 1 Выявление и количественная оценка риска

1) Предварительный анализ опасности.

Как правило, некоторые отдельные

узлы или участки представляют большую опасность, чем другие, поэтому в начале анализа следует выявить наиболее опасные

участки, которые являются вероятными источниками аварии всего водохранилища. На данной стадии рекомендуется:

- выявить виды опасности (например, возможны ли сосредоточенные фильтрации через тело плотины, перелив воды через гребень плотины, потеря устойчивости откосов, взрывы и т.д.).

- определить источники опасности, которые могут вызвать аварийную ситуацию (объем аккумулирующей воды, энергетические установки, стихийные бедствия, жизнедеятельность землеройных животных и др.);

- ввести ограничения на анализ риска (например, стоит ли детально изучать риски аварий на водохранилищах в результате незначительных ошибок людей, повреждения второстепенных сооружений и т.д.).

2) Выявление последовательности опасных ситуаций.

Далее анализ производят с помощью двух аналитических методов [2]: построения дерева событий и дерева отказов. Построение дерева событий на примере Таналыкского водохранилища представлено на рис.2.

Иногда «строится» дерево отказов. При этом выполняется правило: одна ветвь соответствует желательному событию («успех»), другая – нежелательному («отказ»). При построении дерева отказов оп-

ределяют все возможные варианты отказов в системе и находят значения вероятности этих событий.

3) Анализ последствий.

На этой стадии используются данные, полученные на стадии предварительной оценки опасности и на стадии выявления последовательности опасных ситуаций. В результате определяют вероятность и частоту аварийных отказов на водохранилищах.

Одной из основных задач оценки и управления рисками является определение количественных характеристик опасности (количественная оценка риска). Зная эти характеристики, можно на базе общих методов разработать эффективные частные методы обеспечения безопасности и оценивать существующие технические системы и объекты с точки зрения их безопасности.

Анализ статистики аварий и повреждений гидротехнических сооружений свидетельствует о практической невозможности достижения абсолютной безопасности, так современные нормы допускают вероятность аварии 0,0001-0,00001 [3]. Для водохранилищ важно знать, какой уровень риска или безопасности приемлем и обеспечивает достижение максимальной выгоды при минимальной опасности.

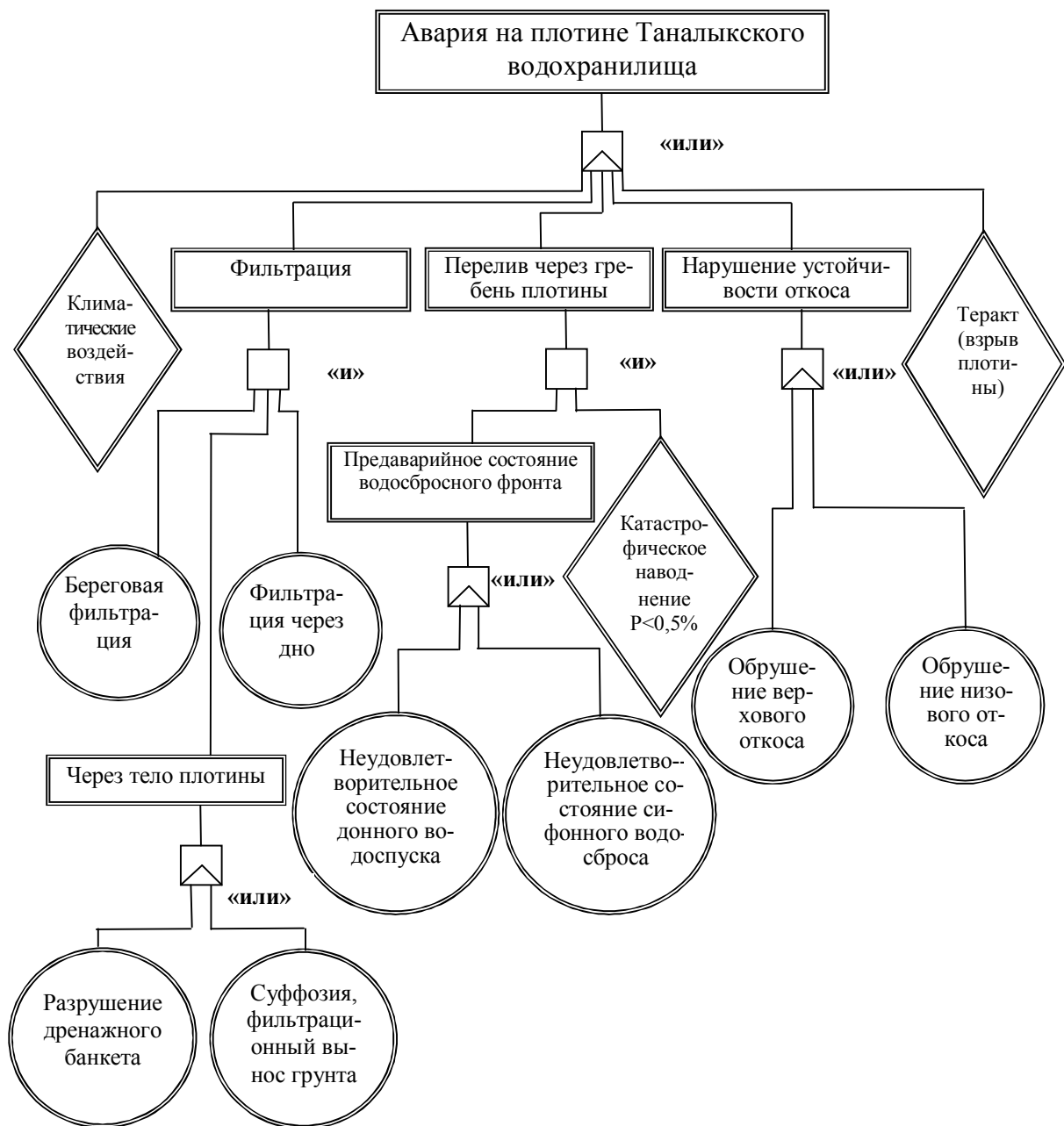


Рисунок 2 Пример построения дерева событий при возможном сценарии возникновения отказов на плотине Таналыкского гидроузла

Анализ технического состояния безопасности ГТС республики показывает, что в 2007 году количество гидротехнических сооружений, требующих капитального ремонта, составляет 20%. Количество аварийных сооружений составило 27 объектов или 6% (табл.).

В период с 2001г. по 2007г. ликвидировано 21 гидротехнических сооружений.

Допустим, возникшие аварийные ситуации на сооружениях водохранилищ, способные перерасти в чрезвычайные, при неблагоприятных условиях (половодье или паводок, прорыв выше стоящего ГТС в

каскаде) представляют поток случайных событий. При этом будем считать, что этот поток обладает следующими свойствами:

- а) ординарности (за достаточно малый промежуток времени возникает не более одной аварийной ситуации на гидротехнических сооружениях);
- б) отсутствия последействия (после аварийной ситуации на гидротехнических сооружениях их частота не изменяется);
- в) стационарности (частота аварий на сооружениях $\lambda(t) = const$).

Таблица Динамика технического состояния гидротехнических сооружений

Годы	Всего объектов, имеющих ГТС	Требующих капитального ремонта, шт.		Выполнен ремонт ГТС, шт.	Количество ликвидированных ГТС водохранилищ и прудов, шт.	Количество вновь построенных водохранилищ и прудов, шт.
		всего	в т.ч. аварийных			
2001	440	191	61	15	4	-
2002	443	181	51	13	-	3
2003	436	175	39	7	9	2
2004	432	153	37	4	7	3
2005	434	132	31	21	-	2
2006	434	128	29	22	1	1
2007	448	91	27	37	-	4

Тогда поток аварийных ситуаций на водохранилищах является пуассоновским, для которого случайное число ψ аварийных ситуаций на ГТС, происходящих в течение времени Δt , распределено по закону Пуассона [4, 5]:

$$F(N) = P(\psi \leq N) = \sum_{k=0}^N P(k), \quad (1)$$

где $P(k)$ - вероятность k аварийных ситуаций на ГТС в течение времени Δt .

Однако на практике чаще оперируют не с вероятностью, а со средними интенсивностями (частотами) нежелательных событий за определенное время.

Для определения частоты перехода в аварийное состояние сооружений, определим λ как отношение числа перешедших в аварийное состояние сооружений гидроузла рассматриваемого вида в единицу времени, к среднему числу этих сооружений, исправно работающих в данный отрезок времени [6]:

$$\lambda(t) = n_{\Delta t} / N_{\Delta t}^{cp}, \quad (2)$$

где $\lambda(t)$ - интенсивность отказов рассматриваемого вида сооружений гидроузла;

$n_{\Delta t}$ - число отказов рассматриваемого вида сооружений за исследуемый промежуток времени (6 лет);

$N_{\Delta t}^{cp} = (N_i + N_{i+1}) / 2$ - среднее число исправно функционирующих сооружений гидроузла в интервале Δt ;

N_i - число рассматриваемого вида сооружений гидроузла, исправно функционирующих в начале интервала Δt ;

Библиографический список

1. Векслер А.Б., Ивашинцов Д.А.,

N_{i+1} - то же в конце интервала Δt .

Для расчета вероятности отказа каждого из видов сооружений водохранилищ и перехода их в аварийное состояние запишем асимптотическую формулу Пуассона для редких событий в виде

$$P_m = P(X = m) \approx \frac{\lambda^m}{m!} e^{-\lambda}, \quad (3)$$

где λ - интенсивность отказов рассматриваемого вида сооружений гидроузла;

m - число отказов конкретного сооружения гидроузла, происходящих за одинаковые промежутки времени.

Результаты исследований. При решении задачи определения вероятности отказа конкретного водохранилища, т. е. для $m=1$, формула (3) примет вид:

$$P = \lambda \cdot e^{-\lambda}. \quad (4)$$

Используя формулу (2), определяем, что статистическая интенсивность отказов $\lambda(t) = 0,008$. Тогда вероятность перехода в аварийное состояние водохранилищ будет равна $P_B = 0,008 \cdot e^{-0,008} = 0,00794$

Итак, в данной статье выполнен первый шаг по количественному определению частоты аварии P_B на ГТС водохранилищ, которая является одной из составляющих при определении рисков аварийных ситуаций. Следующим этапом должно быть определение количественной величины вреда, возникающего вследствие аварийной ситуации ГТС, для населения и техно-природных систем.

Стефанишин Д.В. Надежность, социальная

и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений. СПб.: Изд-во ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2002. 591 с.

2. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере. М.: Академия. 2003. 512 с.

3. Иващенко И.Н. Об опыте декларирования безопасности гидротехнических сооружений / сб. науч. тр. «Безопасность энергетических сооружений». М.: ОАО

«НИИЭС», 1998. Вып. 2–3. С. 32-37.

4. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надёжности в расчетах сооружений. М.: Стройиздат, 1981. 351 с.

5. Вентцель Н.С., Овчаров Л.А. Теория вероятности и её инженерные приложения. М.: Наука, 1988. 480 с.

6. Радаев Н.Н. Методы оценки соответствия технических систем предъявленным требованиям при малом объёме испытаний. М.: МО РФ, 1997. 390 с.

Сведения об авторах

1. **Кутлияров Дамир Наилевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства, строительства и гидравлики, ФГОУ ВПО Башкирский ГАУ, e-mail: Kutliarov-D@mail.ru

2. **Кутлияров Амир Наилевич**, кандидат экономических наук, доцент кафедры землеустройства, ФГОУ ВПО Башкирский ГАУ, e-mail: Kutliarov-A@mail.ru

В статье рассмотрена актуальная проблема – анализ риска и вероятности возникновения отказов на гидротехнических сооружениях Республики Башкортостан.

В результате анализа статистики аварий и повреждений гидротехнических сооружений (ГТС) и проведенных исследова-

ний в работе представлена вероятностная оценка возникновения отказов (аварий) на сооружениях водохранилищ Республики Башкортостан, построено дерево событий возникновения аварии на ГТС на примере Таналыкского водохранилища.

D. Kutliarov, A. Kutliarov

THE ANALYSIS OF RISK AND PROBABILITY OF OCCURRENCE OF REFUSALS ON HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTIONS OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Key words: *hydraulic engineering constructions; risk; refusal; tree of events; probability of refusals; quantitative estimation; reliability; stability of a slope*

Authors' personal details

1. **Kutliarov Damir**, Candidate of Technical Sciences, assistant professor of natural arrangement, constructions and hydraulics chair, Bashkir State Agrarian University, e-mail: Kutliarov-D@mail.ru

2. **Kutliarov Amir**, Candidate of Economic Sciences, assistant professor of land management chair, Bashkir State Agrarian University, e-mail: Kutliarov-A@mail.ru

In the article the actual problem is considered - the analysis of risk and probability of occurrence of refusals on hydraulic engineering constructions of Republic Bashkortostan.

As a result of the analysis of statistics of failures and damages of hydraulic engineering constructions and the spent researches in

work the likelihood estimation of occurrence of refusals (failures) on constructions of water basins of Republic Bashkortostan is presented, the tree of events of occurrence of failure on hydraulic engineering constructions on an example of the Tanalyksky water basin is constructed.

© Д.Н. Кутлияров, А.Н. Кутлияров