

## ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 627.83

**Н. Рахматов, А. А. Янгиев, М. Р. Бакиев, Ш. А. Джаббарова, У. Машарифов**  
Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

### МОДЕЛИРОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ НА УЧКУРГАНСКОМ ГИДРОУЗЛЕ

Целью исследований являлось проведение натурных обследований Учкурганского водозаборного гидроузла и моделирование сценариев возникновения аварий. Рассмотрены сценарии аварий на гидроузле по четырем моделям: технический отказ плотины, технический отказ водозаборного сооружения, обеспечивающего подачу воды в канал дополнительного питания, наводнение (катастрофический паводок или прорыв плотины Токтогульского гидроузла) в верхнем бьефе гидроузла, землетрясение. Установлены основные факторы, приводящие к аварии водозаборного гидроузла по всем моделям.

Ключевые слова: водозаборный гидроузел, сценарии аварий, моделирование, технический отказ, наводнение, землетрясение, кольматация обратного фильтра, суточное колебание уровней, обледенение, заклинивание затворов.

Рассматриваемый гидроузел расположен в Учкурганском районе Наманганского вилоята на реке Нарын в 36 км от слияния с рекой Карадарьей, в северо-восточной части Ферганской котловины, на южной окраине селения Учкурган.

В состав гидроузла входят следующие сооружения (рисунки 1, 2):

- водосбросная плотина – щитовая с 12-ю пролетами шириной по 10 м, перекрываемыми двухъярусными колесными затворами. Бычки плотины в пределах пазовых конструкций имеют толщину 2,0 м, в пределах моста – 1,5 м, а флютбет переменной толщины (1,0–1,5 м) заканчивается небольшой консолью, понур и рисберма выполнены из бетона толщиной 0,5 м. Для маневрирования шандорами предназначен порталый кран с двумя таями грузоподъемностью по 10 т, перемещающийся по рельсам, проложенным по двум служебным мостикам плотины.

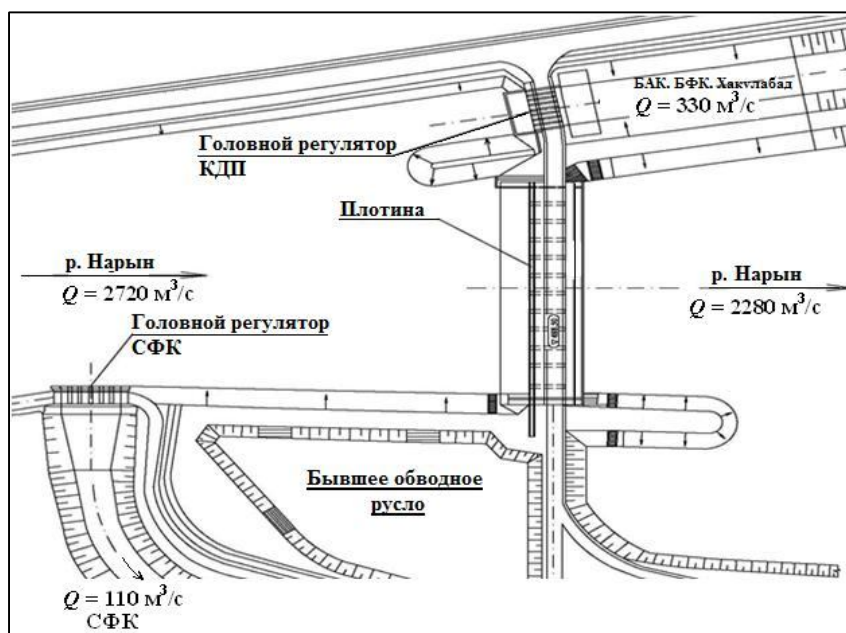


Рисунок 1 – План Учкурганского гидроузла



**Рисунок 2 – Водосбросная плотина Учкурганского гидроузла  
(вид с верхнего бьефа)**

Маневрирование затворами предусмотрено со служебного мостика, под которым проложены линия связи и электрокабель;

- головной регулятор Северо-Ферганского канала (СФК), расположенный в 200 м выше перегораживающего сооружения, запроектирован на расход  $110 \text{ м}^3/\text{с}$  и представляет собой щитовую конструкцию, имеющую шесть отверстий пролетом по 4 м каждое. Отверстия перекрыты плоскими затворами, по бычкам (через один) проложен мост Г-7 с двумя тротуарами;

- левобережный головной регулятор канала дополнительного питания (КДП) – закрытого типа (общий для каналов БФК, БАК и Хаккулабад), он пропускает  $360 \text{ м}^3/\text{с}$  и имеет восемь отверстий ( $2,5 \times 4 \text{ м}$ ), перекрытых плоскими затворами. По сооружению проходит автодорога с шириной проезжей части 7 м. Понур и рисберма регулятора выполнены из бетона.

Геология основания сооружений гидроузла представлена конгломератами. Сейсмичность района – 9 баллов. Климат района – континентальный.

Общая пропускная способность комплекса сооружений по проекту –  $2280 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Натурные обследования технического состояния гидротехнических сооружений Учкурганского гидроузла производились:

- два раза в 1995 г. комплексной комиссией института «Водпроект» и Наманганского облводхоза;

- в мае 2003 г. специалистами Диагностического центра Государственной инспекции «Госводхознадзор»;

- в 2009–2010 гг. сотрудниками кафедры гидротехнических сооружений и инженерных конструкций Ташкентского института ирригации и мелиорации (ТИИМ);

- в 2015 г. Государственной инспекцией «Госводхознадзор»;

- в 2015–2016 гг. сотрудниками кафедры гидротехнических сооружений и инженерных конструкций ТИИМ.

При обследовании комплекса сооружений гидроузла были выявлены следующие недостатки:

- в щитовой бетонной плотине имеется фильтрация через уплотнения между спаренными затворами и боковыми уплотнениями при закрытом положении затворов;

- происходит размыв правобережной дамбы в нижнем бьефе гидроузла;

- на головном регуляторе КДП обнаружена фильтрация через боковые и донные уплотнения при закрытом положении затворов;

- донные наносопромывные галереи используются для забора воды в канал;

- на головном регуляторе СФК наблюдается фильтрация через боковые и донные уплотнения при закрытом положении затворов;

- выявлены деформации струнаправляющей бетонной дамбы в верхнем бьефе гидроузла в виде просядок и разрушения бетона;
- в некоторых местах разрушаются крепления, и отмечается осадка верховых струнаправляющих дамб;
- в зимний период происходит обмерзание подвижных частей и уплотняющих элементов затворов;
- неизвестна фактическая максимальная пропускная способность гидроузла;
- недостаточная борьба с донными наносами перед водозабором в КДП.

С учетом выявленных недостатков необходимо смоделировать сценарии возникновения аварий на Учкурганском гидроузле [1–5].

Аварии и нарушения на Учкурганском гидроузле сопряжены с угрозой для жизни и здоровья людей, а также состояния окружающей природы. Недоучет того или иного фактора может иметь самые непредсказуемые последствия. В то же время выделить среди возможных причин аварий и нарушений наиболее вероятные для данного объекта очень сложно. Поэтому при построении расчетных моделей надежности и безопасности Учкурганского гидроузла необходимо, во-первых, исходить из потенциальной возможности возникновения различных нежелательных событий и состояний, во-вторых, учитывать самые разнообразные причины их реализации.

При моделировании вероятных аварий на Учкурганском гидроузле нами подробно рассматриваются все неисправности и неработоспособные состояния объекта. При построении сценариев возникновения аварий и нарушений мы использовали прямой порядок анализа возможных причин отказов и неисправностей объекта.

В основе моделирования сценариев возникновения аварий лежит системный анализ причин и следствий, в рамках которого наиболее полно выделяются все закономерности развития событий в системе [2].

В качестве основных сценариев аварий на гидроузле могут быть рассмотрены следующие четыре модели:

- технический отказ водосбросной плотины;
- технический отказ водозаборного сооружения в КДП;
- наводнение в верхнем бьефе гидроузла;
- землетрясение.

Технический отказ водосбросной плотины может являться следствием потери устойчивости сооружения, разрушения элементов плотины и заклинивания затворов. Потеря устойчивости водосбросной плотины может произойти от избыточного фильтрационного давления, из-за отказа дренажа при возможном кольматаже обратного фильтра, а также от разрушения несущих конструкций, при резком изменении гидростатических и гидродинамических нагрузок, из-за резкого суточного колебания уровня воды в верхнем бьефе гидроузла.

Разрушения элементов водосбросной плотины вероятны вследствие резкого изменения гидростатических и гидродинамических нагрузок, а также обледенения элементов при пропуске максимальных расходов воды в зимний период.

Заклинивание затворов часто происходит по причине отсутствия электроэнергии; обледенения и повреждения в пазах; обледенения и неисправности приводных устройств; коррозии металлических частей. Это может быть следствием несвоевременного ремонта и пропуска максимальных расходов в зимний период.

Технический отказ водозаборного сооружения в КДП может произойти от засорения плавающими телами верхнего яруса сооружения, заиливания донными наносами нижнего яруса и заклинивания затворов.

Заиливание донными наносами нижнего яруса водозаборного сооружения возможно из-за отрицательного воздействия отдельной стенки в верхнем бьефе на структуру потока перед водозабором, а засорение плавающими телами верхнего яруса – при от-

сутствии сороудерживающей решетки. Заклинивание затворов вызовут те же факторы, что и для водосбросной плотины.

Наводнение в верхнем бьефе гидроузла может спровоцировать катастрофический паводок или прорыв выше расположенной плотины Токтогульского гидроузла. Все это может произойти из-за того, что при прохождении расхода выше  $2490 \text{ м}^3/\text{с}$ , пропускная способность Учкурганского гидроузла не обеспечивается.

Землетрясение может вызвать вибрацию сооружений гидроузла, нарушение динамической устойчивости водосбросной плотины и водозаборного сооружения в КДП, а также опасные деформации плотины и основания. Вышеперечисленные факторы приведут к разрушению сооружений гидроузла, что, в свою очередь, станет причиной наводнения в нижнем бьефе, а в конечном итоге – усиления эрозии реки Нарын, экологической и социальной катастрофы.

#### **Выводы**

1 На основании рассмотренных сценариев возникновения аварий и нарушений на Учкурганском гидроузле можно осуществить как качественный, так и количественный анализ их причин. Возможность количественного анализа причин аварий и нарушений, а также информация о действующих факторах позволит определить надежность и безопасность объекта.

2 Сценарии возникновения реальных аварий и нарушений на Учкурганском гидроузле могут использоваться при моделировании сценариев гипотетических аварий и нарушений на проектируемых, строящихся и эксплуатируемых объектах. Моделирование сценариев аварий и нарушений на Учкурганском гидроузле является единственно приемлемым способом установления связи между накопленным опытом использования аналогичных объектов и риском эксплуатации исследуемого гидроузла.

#### **Список использованных источников**

1 Бакиев, М. Р. Безопасность гидротехнических сооружений / М. Р. Бакиев, Е. И. Кириллова, Р. Т. Хужакулов. – Ташкент, 2008.

2 Векслер, А. Б. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений / А. Б. Векслер, Д. А. Ивашинцов, Д. В. Стефанишин. – СПб.: Изд-во ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 2002. – 591 с.

3 Методика определения критериев безопасности гидротехнических сооружений: РД 153-34.2-21.342-00: утв. Департаментом науч.-техн. политики и развития РАО «ЕЭС России» 27.12.00. – М.: НИИЭС, 2001. – 24 с.

4 О безопасности гидротехнических сооружений: Закон Республики Узбекистан от 20.08.1999 г. № 826-1. – Ташкент, 1999.

5 Пособие к Методике определения критериев безопасности гидротехнических сооружений: РД 153-34.2-21.342-00: утв. Департаментом науч.-техн. политики и развития РАО «ЕЭС России» 01.01.06: введ. в действие 01.01.06. – М.: ЦПТИ ОРГРЭС, 2006. – 21 с.

УДК 626.1/3

**Т. Мавланов, М. Р. Хуразбоев**

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА С БОКОВЫМ**

*В работе исследуется течение идеальной жидкости в системе каналов с образованием зоны кавитации. На основе моделирования и метода теории струй получено аналитическое решение задачи о течении жидкости в магистральном канале с большим количеством боковых распределительных каналов.*

*Ключевые слова: жидкость, модель, кавитация, свободная поверхность, теория струй, комплексная скорость.*