УДК 627.8:626.01:693.5

НОВЫЕ РЕШЕНИЯ СХЕМ АРМИРОВАНИЯ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ НАПОРНЫХ ВОДОВОДОВ ГАЭС

Н. В. ХАНОВ, Н. В. СЕРМАВБРИН
Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К. А. Тимирязева
Москва, Россия

Напорные водоводы – одни из наиболее ответственных сооружений гидроузлов: при их разрушении может произойти затопление не только здания ГАЭС, но и прилегающей территории. Обоснование новых схем армирования напорных водоводов является важнейшей задачей для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации гидроузлов.

Имеются особые участки сталежелезобетонных напорных водоводов, называемые компенсационными (в зонах перехода напорных водоводов из плотины в здание ГЭС; входные участки в здание ГАЭС свободно лежащих водоводов и др.). В пределах таких участков внутренняя стальная оболочка водовода отделена от окружающего железобетона низкомодульной прокладкой – для обеспечения свободных деформаций при взаимных перемещениях сооружений [1–4].

Действующие нормативные документы практически не содержат положений о компенсационных участках сталежелезобетонных напорных водоводов, в том числе об их армировании. В окружающей внешней железобетонной оболочке, полностью отделенной низкомодульной прокладкой от внутренней стальной, армирование предполагается назначать из конструктивных соображений, а не расчетным путем, поскольку существует ошибочное представление о том, что давление воды полностью воспринимается внутренней стальной оболочкой без передачи на окружающую внешнюю железобетонную оболочку.

В действительности внешняя железобетонная оболочка на компенсационном участке воспринимает часть нагрузки от внутреннего давления воды, в первую очередь вблизи зон начала и окончания расположения низкомодульной прокладки.

Возникла необходимость расчетных исследований напряженно-деформированного состояния и прочности сталежелезобетонных конструкций на компенсационных участках на основе усовершенствованной автором методики – в том числе для обоснования новых схем армирования.

Обоснование новых решений схем армирования сталежелезобетонных конструкций напорных водоводов ГАЭС проводилось на основе математических конечно-элементных моделей в соответствии с усовершенствованной методикой расчетных исследований напорных сталежелезобетонных водоводов, при разра-

ботке которой был учтен опыт моделирования сталежелезобетонных конструкций напорных водоводов [5–8].

Моделировались трещины в железобетонной оболочке водоводов, которые были получены расчетным путем в зонах действия максимальных растягивающих напряжений в бетоне, превышающих сопротивление бетона растяжению. Расчеты проводились итерационным путем. На каждом последующем этапе расчетов выполнялась корректировка конечно-элементных моделей (включая схемы армирования) на основе полученных на предыдущих этапах расчетов результатов.

При моделировании стержневой кольцевой арматуры железобетонной части учитывали нарушение сцепления арматуры с бетоном в зонах раскрывшихся трещин и контактное взаимодействие внутренней стальной и внешней железобетонной оболочек.

Анализ новых решений схем армирования сталежелезобетонного напорного водовода ГАЭС показал, что напряжения во внутренней стальной оболочке и в кольцевой арматуре не превышают нормативных значений сопротивления стали оболочки (345 МПа) и арматуры (500 МПа), что свидетельствует об обоснованности этих схем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Архипов, А. М.** Турбинные водоводы с оболочками, усиленными железобетоном и скальными массивами / А. М. Архипов. – Л. : Энергия, 1973. – 99 с.

2. Исследование напряженного состояния и прочности высоконапорного сталежелезобетонного турбинного водовода при различном армировании железобетонной оболочки / А. М. Архипов, В. М. Власов, А. Г. Линдес, Е. С. Любашевский // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 1988. – Т. 204. – С. 87–93.

3. **Мордовина, А. Н.** Высоконапорные водоводы больших диаметров и их развилки / А. Н. Мордовина, О. И. Зеегофер // Сборник научных трудов Гидропроекта. – 1970. – Вып. 18. – С. 239–245.

4. **Рубин, О. Д.** Расчет прочности напорных водоводов Богучанской ГЭС / О. Д. Рубин, С. Е. Лисичкин // Труды ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 1996. – Т. 232. – С. 433–445.

5. Особенности расчета и проектирования сталежелезобетонных напорных водоводов / С. Е. Лисичкин, О. Д. Рубин, Б. А. Николаев, Н. М. Камнев // Гидротехническое строительство. – 1999. – № 1. – С. 37–44.

6. Расчетная оценка прочности высоконапорных водоводов большего диаметра гидроузла «Три Ущелья» / О. Д. Рубин, С. Е. Лисичкин, Б. А. Николаев, О. Б. Ляпин // Гидротехническое строительство. – 1999. – № 4. – С. 40–45.

7. Расчетные исследования напряженно-деформированного состояния и прочности сталежелезобетонных напорных водоводов к зданию Зарамагской ГЭС-1 / С. Е. Лисичкин, Д. И. Пономарев, Р. З. Мукашов, С. В. Богаченко // Безопасность энергетических сооружений : науч.-техн. и производств. сб. – М. : НИИЭС, 2010. – Вып. 17. – С. 136–149.

8. Расчетные исследования напорных водоводов и спиральных камер высоконапорных ГЭС / С. Е. Лисичкин, Г. Л. Козинец, А. В. Ивонтье [и др.] // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 2011. – Т. 264. – С. 110–118.