

УДК 502/504 : 627.82.034.93

В. Я. ЖАРНИЦКИЙ

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

Н. Ф. ЖАРНИЦКАЯ

Федеральное государственное образовательное учреждение среднего профессионального образования «Ивановский промышленно-экономический колледж»

ВОПРОСЫ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ «ОСНОВАНИЕ – СООРУЖЕНИЕ» В ОБЛАСТИ ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЗЛОМА СТВОРА ПЛОТИНЫ «АБРАШ» (СИРИЙСКАЯ АРАБСКАЯ РЕСПУБЛИКА)

Угрозу безопасности плотин, помимо плохого качества строительных работ, несоответствия грунтовых материалов проектным условиям, недостаточной пропускной способности водосбросных сооружений, создают возможные деформации плотин и их оснований.

Система «основание – сооружение», тектонический разлом, створ плотины, размягчаемость фракций, показатель дробимости фракций, модуль осадки, модуль деформации.

Possible deformations of dams and their bases in addition to the poor quality of civil engineering work, non-correspondence of soil materials to the design conditions, insufficient spillway capacity of structures threaten the safety of dams.

System «base – structure», tectonic breakage, dam site, softening of fractions, crushability factor of fractions, modulus of settling, modulus of deformation.

Вопросы обеспечения длительной и безопасной работы строящихся и эксплуатируемых гидротехнических сооружений чрезвычайно актуальны. При значительных достижениях техники и совершенствовании технологии строительства, повышении общего уровня знаний, опыта и технических решений аварии плотин возможны: возникают сомнения в отношении надежности 15 % всех плотин в мире, аварии – мелкие и серьезные – происходят ежегодно почти на 5 % существующих плотин [1]. В материалах Комитета по разрушениям и авариям плотин отмечается, что угрозу безопасности плотин, помимо плохого качества строительных работ, несоответствия грунтовых материалов проектным условиям, недостаточной пропускной способности водосбросных сооружений, создают возможные деформации плотин и их оснований: осадки, смещения и т.п. [1–5]. Многие аварии явились следстви-

ем ошибок или неточностей в оценке совместной работы системы «основание – плотина» из-за недостаточно полных и глубоких предварительных изысканий, неудовлетворительного объема исследований и расчетов при проектировании. Разграничение аварий (повреждения и разрушения) в зависимости от типа плотин свидетельствует о том, что преобладающая часть аварий произошла на грунтовых плотинах (77 % от общего числа рассмотренных случаев) (рис. 1), из них 25 % приходится на основание, 38 % – на тело плотины, 9 % – на водосбросные или водосливные сооружения и 5 % – на разные другие части плотин. Разделение аварий (повреждения и разрушения) по типам основания и типам плотин показывает, что большая их часть приходится на грунтовые плотины (77,2 % от общего количества рассмотренных случаев) (рис. 2), из них 28,3 % – на нескальном основании, 25,2 % –

на скальном, в 23,7 % случаев нет сведений о типе основания. Из вышесказанного следует, что инженерно-технические мероприятия, направленные на обеспечение требуемой безопасности, несущей способности основания и устойчивости сооружения, надежности системы «основание – сооружение», выходят на первый план при проектировании и строительстве плотин.

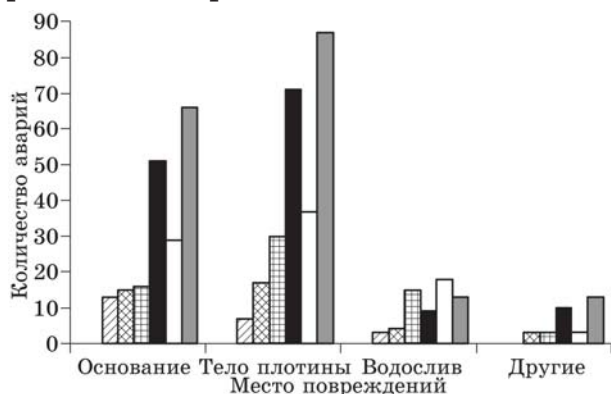


Рис. 1. Распределение аварий в зависимости от типа плотин и места повреждений: Р – разрушение; II – повреждение; ▨ – бетонные плотины Р; ▩ – бетонные плотины II; ▤ – грунтовые плотины Р; ■ – грунтовые плотины II; □ – плотины всех типов Р; ◐ – плотины всех типов II

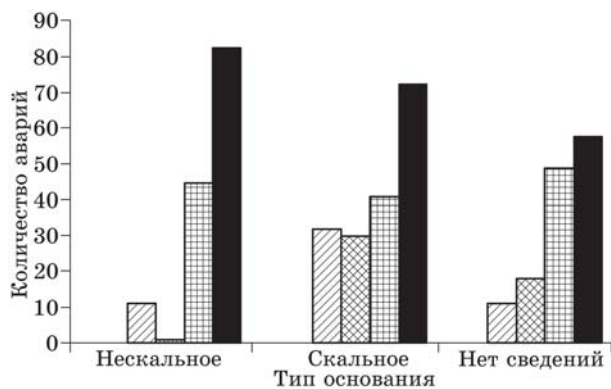


Рис. 2. Распределение аварий от вида оснований и типа плотин: Р – разрушение; II – повреждение; ▨ – бетонные плотины Р; ▩ – бетонные плотины II; ▤ – грунтовые плотины Р; ■ – грунтовые плотины II

Анализ инженерно-геологической ситуации створа плотины «Абраш» дает представление об инженерно-геологическом сложении створа плотины, гидрогеологической ситуации, наличии тектонического разлома в зоне 1 (рис. 3, 4), геолого-тектонической картине района строительства [6, 7]. Однако отсутствует подробная геолого-литологическая схе-

ма (разрез) массива грунта, заполняющего область тектонического разлома, его состава, строения и состояния, не приводятся физико-механические показатели свойств этого массива в целом и в отдельности каждого напластования, если это имеет место. Но самое главное – нет никакого прогноза структурных изменений массива грунта, заполняющего разлом, под действием нагрузок и деформаций, передаваемых сооружением и под воздействием интенсивного водонасыщения. Как следствие, в самом проекте отсутствует конструктивное решение по сопряжению галереи плотины с основанием в области тектонического разлома зоны 1 створа сооружения. Причина сложившейся ситуации очевидна – недостаточный объем и глубина геологических и гидрогеологических изысканий и расчетов плотины при проектировании.

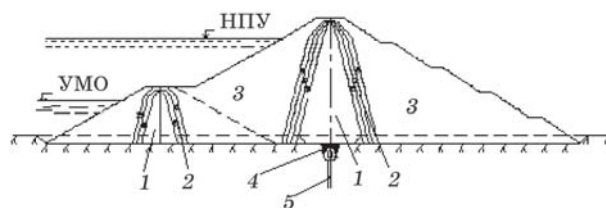


Рис. 3. Каменно-земляная плотина «Абраш»: 1 – ядро плотины и перемычки; 2 – обратные фильтры плотины и перемычки; 3 – скальная насыпь упорных призм; 4 – галерея; 5 – противофильтрационная завеса



Рис. 4. Положение тектонического разлома в зоне 1 створа «Абраш»

Анализ результатов изучения грунта-заполнителя в соответствии с разработанной программой дополнительного

обследования области тектонического разлома показал следующее:

по составу грунт-заполнитель пылевато-глинистый с содержанием крупнообломочных фракций размером до 10 мм и более включительно (рис. 5). Размягчаемость фракций (5...10 и 10...20 мм), имеющих в грунте, с повышением влажности увеличивается на 15...18 %. Показатели дробимости фракций подтверждают низкую прочность их материала. Неоднородность «раскладки» крупнообломочных фракций в массиве заполнителя тектонического разлома предопределяет неравномерность деформации грунтового массива под нагрузкой;

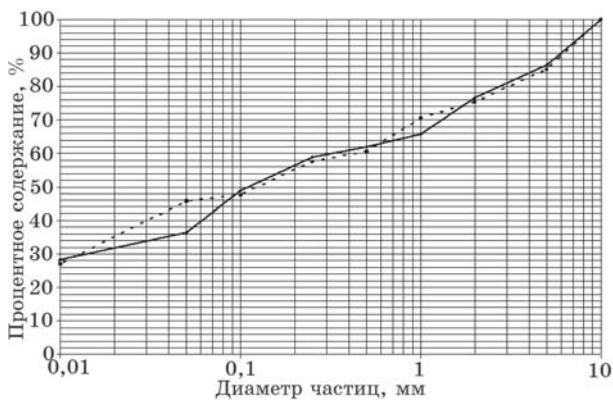


Рис. 5. Гранулометрический состав грунта-заполнителя тектонического разлома

деформируемость грунта-заполнителя увеличивается с повышением влажности (рис. 6, 7). Модуль осадки материала заполнителя в интервале уплотняющих давлений от 50 до 300 кПа после водонасыщения возрастает на 30...40 %. Модуль деформации водонасыщенного грунта при уплотнении сначала возрастает (в результате переупаковки фракций скелета грунта под нагрузкой), а затем при дальнейшем увеличении нагрузки резко снижается (вследствие сминаемости размягченных водой фракций под действующей нагрузкой).

Основание в створе плотины «Абраш» (исключая область тектонического разлома) представлено трещиноватым известняком, у которого модуль деформации в массиве при пределе прочности

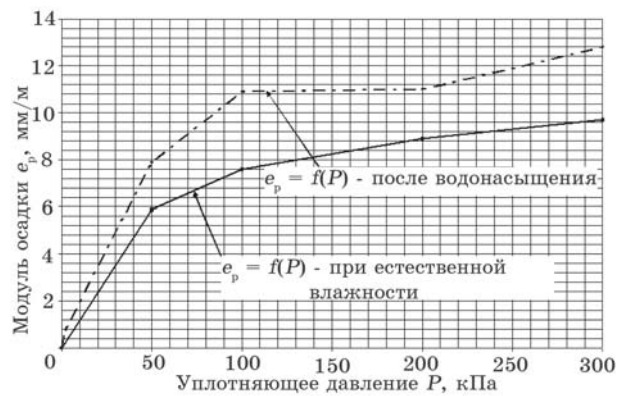


Рис. 6. Зависимость модуля осадки грунта-заполнителя от уплотняющего давления до и после водонасыщения

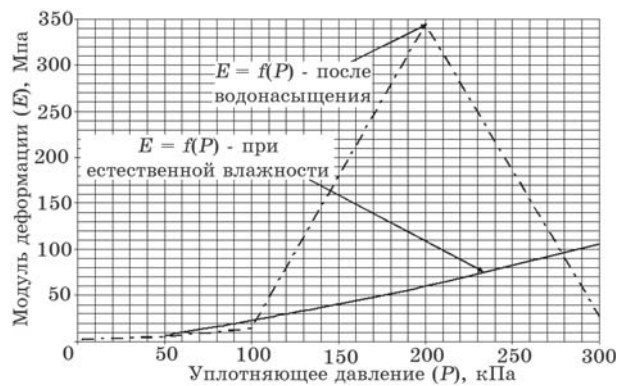


Рис. 7. Зависимость модуля деформации грунта-заполнителя от уплотняющего давления до и после водонасыщения

на одноосное сжатие после водонасыщения $R_{cw} \geq 5$ МПа соответствует $6 \cdot 10^3$ МПа и более, что классифицирует это основание, согласно табл. 3 приложения 1 [8], как среднедеформируемое. Если допустить, что модуль деформации в массиве рассматриваемого грунта будет в 10 и более раз больше (!) величины, полученной при компрессионных испытаниях, то этот массив, согласно табл. 3 приложения 1 [8], будет сильнодеформируемым. А это значит, что в области тектонического разлома система «основание – сооружение» будет претерпевать неравномерные деформации. Если в проекте не предусмотреть специального конструктивного решения сопряжения элементов плотины в зоне тектонического разлома, произойдет нарушение эксплуатационной надежности не только самой системы «основание – сооружение», но и контактной прочности между грунтовыми элементами

плотины. С другой стороны, в плотинах с вертикальным противофильтрационным устройством в виде ядер имеет место асимметрия напряженно-деформированного состояния за счет двойного эффекта: гидростатического давления на ядро, обжатия низовой упорной призмы и взвешивания грунта верховой упорной призмы. Таким образом, если массив грунта-заполнителя остается в основании плотины (а это участок длиной около 50 м), можно ожидать поворот (крен) галереи и «корыта» с ядром в поперечном направлении, что приведет к возникновению трещинообразования в конструкции галереи с «корытом» и к нарушению сплошности ядра.

Если обратиться к СНиП 2.02.02-85 «Основания гидротехнических сооружений», то в разделе 8 «Инженерные мероприятия по обеспечению надежности оснований» указывается, что для обеспечения надежного и долговечного сопряжения основания с сооружением в случаях неоднородных оснований, имеющих крупные нарушения и области глубокого выветривания, следует предусматривать удаление грунта.

С учетом вышеизложенного для недопущения развития неравномерных вертикальных и горизонтальных перемещений участков основания зоны 1 створа плотины, которые могут вызвать нарушение эксплуатационной безопасности системы «основание – плотина», массив грунта в области тектонического разлома необходимо удалить полностью или частично, а объем вынутого грунта заменить бетоном или бутобетоном. С помощью такого мероприятия представляется возможным наибольшие нормальные напряжения расположить в материале, которым заменяют удаленный грунт-заполнитель разлома. Мощность (толщина) удаляемого грунта определяется из следующего условия: осадка системы «основание – сооружение» в области тектонического разлома не должна превосходить ожидаемых значений деформаций за ее пределами. Размеры в плане устанавливаются из условия обеспечения равномерного

деформирования грунтовых элементов плотины и устойчивости грунта-заполнителя разлома от действия горизонтальных нагрузок.

Выполненное соответствующее расчетное обоснование позволило принять оптимальное конструктивное решение по сопряжению плотины «Абраш» с основанием в зоне тектонического разлома, которое и по настоящее время обеспечивает надежную и безопасную эксплуатацию гидроузла.

Список литературы

1. Проектирование и строительство больших плотин. Аварии и повреждения больших плотин [Текст] / Н. С. Розанов [и др.]; под ред. А. А. Борового. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 128 с.

2. **Вуцель, В. И.** Обеспечение надежности плотин из грунтовых материалов [Текст] / В. И. Вуцель // Труды Гидропроекта. – 1978. – № 59. – С. 81–90.

3. Оценка и обеспечение надежности гидротехнических сооружений [Текст] : материалы конференции и совещаний по гидротехнике. – Л. : Энергоатомиздат, 1981. – С. 113–119.

4. Повреждения плотин и исследования по обеспечению их надежности и безопасности [Текст] / Н. С. Розанов [и др.] // Гидротехническое строительство. – 1979. – № 8. – С. 6–10.

5. Технический прогресс в проектировании и строительстве больших плотин (по материалам X Международного конгресса по большим плотинам) [Текст] ; под ред. А. А. Борового. – М. : Энергия, 1976. – 512 с.

6. Abrache irrigation system in the Abrache river catchment basin. Final report [Text]. Abrache dam. – Sofia: Vodproect, 1989. – 85 p.

7. Abrache irrigation system in the Abrache river catchment basin [Text] / Geological and hydrogeological report. – Vol. 2-2. – Sofia : Vodproect, 1989. – 80 p.

8. СНиП 2.02.02-85. Основания гидротехнических сооружений [Текст] / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 48 с.

Статья поступила в редакцию 31.08.09.

Жарницкий Валерий Яковлевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Основания и фундаменты»

Тел. 8 (495) 976-48-06

E-mail: zharnitskiy@msuee.ru

Жарницкая Надежда Федоровна, преподаватель

Тел. 8 (4932) 32-73-04