

## Гидротехническое строительство

УДК 502/504:627.824.33

**Ю.П. Ляпичев**, доктор техн. наук, профессор

Российский университет дружбы народов

### ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ СТРОЯЩЕЙСЯ КАМЕННО-НАБРОСНОЙ ПЛОТИНЫ БОГУЧАНСКОЙ ГЭС

*Главные проблемы безопасности Богучанской каменно-набросной плотины связаны с ее диафрагмой из литого асфальтобетона (АФБ) и соседними переходными зонами из крупного щебня, а также с контролем фильтрации основания диафрагмы. Была разработана и проверена новая двухфазная вязко-упруго-пластическая модель АФБ, которая использовалась в сравнительных расчетах напряженно-деформированного состояния (НДС) Богучанской плотины, строительство которой недавно возобновилось. Расчеты показали намного более благоприятное и безопасное НДС этой плотины с диафрагмой из укатанного АФБ по сравнению с диафрагмой из литого АФБ, что подтвердило необходимость изменения проекта плотины и замены диафрагмы из литого АФБ на укатанный АФБ.*

*The main safety problems of the Boguchansk rockfill dam are connected with a liquid type asphaltic concrete (AC) core and adjacent coarse transition zones as well as with the seepage control of the AC core foundation. The new two-phases visco-elasto-plastic model of the AC was developed, which was used in the comparative analysis of stress-strain state of the Boguchansk dam, which is under renewed construction now. The analysis showed much more favorable and safe stress-strain state in the compacted AC core comparing with the liquid one, thus proving the necessity of redesign of dam and replacement of the liquid AC core by the compacted AC core.*

Оценка безопасности строящейся Богучанской каменно-набросной плотины высотой 77 м и длиной 1 860 м с диафрагмой из асфальтобетона основана на опыте автора по исследованию этой и других подобных плотин за последние 7 лет.

В начале 2006 г., после 15 лет простоя ввиду отсутствия финансирования, строительство Богучанской гидроэлектростанции мощностью 3 000 МВт было возобновлено — подписано соглашение между РАО ЕЭС России и компанией РусАл о совместном финансировании ее строительства (пуск первого агрегата намечен на 2009 г.). Сейчас выполнено око-

ло 60 % объема работ на бетонной стационной и водосбросной плотине и около 25 % объема работ на каменно-набросной плотине (рис. 1).

Главные проблемы безопасности Богучанской каменно-набросной плотины связаны с принятой диафрагмой из литого асфальтобетона (содержание битума 11...12 %), соседними переходными зонами из щебня крупностью до 200 мм, отсутствием надежного контакта с цементационной галереей и завесой и с вертикальной стенкой бетонной плотины, а также с отсутствием контроля состояния нижней части литого асфальтобетона

высотой около 14 м ниже отметки 144,0 м (рис. 2).

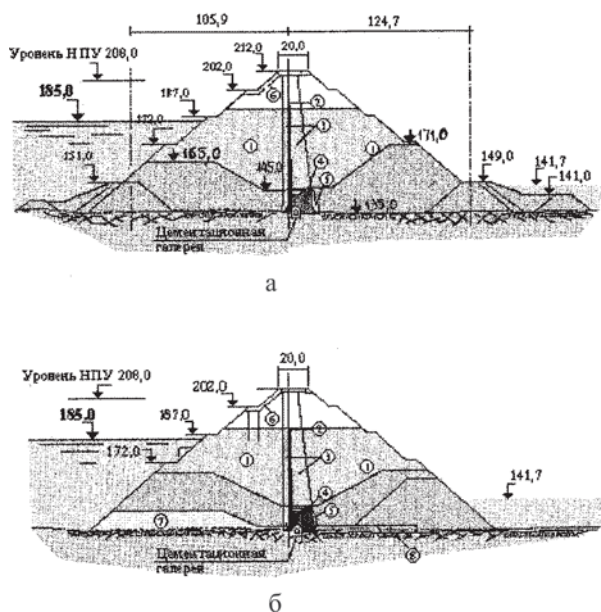


Рис. 1. Типовые разрезы Богучанской каменно-набросной плотины и объемы выполненных и предстоящих работ: а — типовой разрез на долеритах; б — типовой разрез на осадочных породах; 1 — наброска из несортированных материалов; 2 — асфальтобетонная диафрагма; 3 — заполнитель фракции 0...200 мм; 4 — морена; 5 — переход из камня, дробленого взрывом; 6 — наброска из сортированных материалов; — объемы для завершения строительства; — остаточные объемы пускового комплекса; — состояние строительства

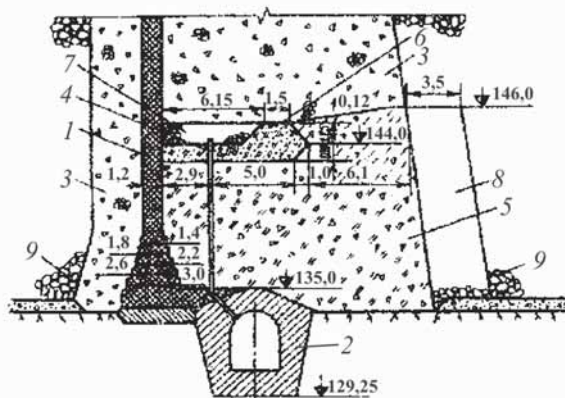


Рис. 2. Сопряжение литой диафрагмы с контрольно-цементационной галереей в основании: 1 — литая диафрагма; 2 — галерея; 3 — переходные зоны из крупного щебня (до 200 мм); 4 — контрольная дренажная трубка; 5 — гравелистая морена (Усть-Кут); 6 — понур из супеси; 7 — гравий; 8 — переходная зона из горной массы; 9 — каменная наброска

Согласно технологии, разработанной ВНИИГ в 1970-х гг., литой горячий асфальтобетон (150 °С) заливали в стальную опалубку высотой 1 м и длиной 6 м, которую распалубливали спустя три дня после остывания до 45 °С. Затем вокруг блока асфальтобетона отсыпали переходные зоны из однородного щебня крупностью до 200 мм и более без уплотнения ввиду опасности повреждения виброкатками слабых незащищенных граней диафрагмы из литого асфальтобетона. Затем цикл работ повторялся: установка и заливка секции диафрагмы из литого асфальтобетона — распалубка — отсыпка переходных зон и соседних зон камня. Таким образом, технология строительства диафрагмы из литого асфальтобетона и соседних зон из щебня и камня носила порционный, «разрывной» характер, имела низкую производительность и не могла обеспечить строительства в требуемые сроки. Однако главный дефект (опасность) технологии строительства диафрагмы из литого асфальтобетона заключался в том, что она не могла обеспечить безопасности каменно-набросной плотины и всего гидроузла.

**Оценка безопасности литой и укатанной диафрагм в проекте Богучанской каменно-набросной плотины.** Ниже приведены основные требования к безопасности диафрагмы Богучанской плотины, результаты расчетов литой и укатанной диафрагм, дана оценка ее нынешнего состояния.

1. Асфальтобетонная диафрагма (АБД) является единственным противоточным элементом каменно-набросной плотины, обеспечивающим надежность всего гидроузла. Нарушение ее сплошности неизбежно вызовет размыв и полное разрушение плотины с образованием волны прорыва высотой до 40 м, которая после своего прохождения по Ангаре и верхней части Енисея приведет к человеческим жертвам, экономическому и экологическому ущербу.

2. Конструкция и технология строительства асфальтобетонной диафрагмы должна отвечать высоким требованиям надежности, базирующимся на успешном (без единой аварии) 45-летнем мировом опыте проектирования, строительства и эксплуатации уплотняемых асфальтобетонных диафрагм в более чем 100 каменно-набросных

плотинах различных природно-климатических районов, включая Канаду [1].

3. В проекте каменно-набросной плотины рекомендована литая асфальтобетонная диафрагма с порционной, «разрывной» технологией укладки (без уплотнения) диафрагмы и переходных зон, что приводит к неравномерной отсыпке соседних зон отдельными участками, вызывает неизбежное опережение по высоте соседних участков диафрагмы из литого асфальтобетона и переходных зон и, как следствие, возможное разуплотнение. Технологией заливки асфальтобетона, как показала практика, объясняется значительная сегрегация на битум и битумизированный заполнитель.

4. Расчетные прогнозы относительно появления растяжения и трещин в диафрагме из литого асфальтобетона полностью подтверждаются уже на начальной стадии их возведения (рис. 3). Зафиксированы многие случаи образования продольных вертикальных и сквозных горизонтальных трещин, в том числе «холодных» контактных швов. Зоны потери герметичности диафрагмы из литого асфальтобетона при продолжении ее наращивания дополняются и расширяются. Причем большинство этих зон невозможно проконтролировать, а проведение повторных ремонтов диафрагмы полностью парализует строительство и все равно не гарантирует герметичности диафрагмы из литого асфальтобетона и защиты каменно-набросной плотины от размыва и разрушения при наполнении водохранилища.

5. Литая технология строительства диафрагмы не может обеспечить требуемой монолитности и герметичности. Фактически диафрагма состоит из отдельных, не связанных между собой блоков с расслоенной структурой — от чистого битума до битумизированного заполнителя. Причем битум на стадии достройки диафрагмы из литого асфальтобетона будет еще более интенсивно выдавливаться в переходные зоны при любой ее крупности, а заполнитель вследствие низкого содержания в нем битума и недостаточной плотности будет источником сквозной фильтрации при наполнении водохранилища. Как показали расчеты, даже при предположении однородности структуры диафрагмы ее достройка при неизбежных осадках каменной наброски и переходных зон приведет к резкому

боковому расширению, появлению в ней зон растяжения (рис. 3). Следствие этого — сквозные трещины и полная потеря герметичности диафрагмы из литого асфальтобетона, что с учетом фактической расслоен-

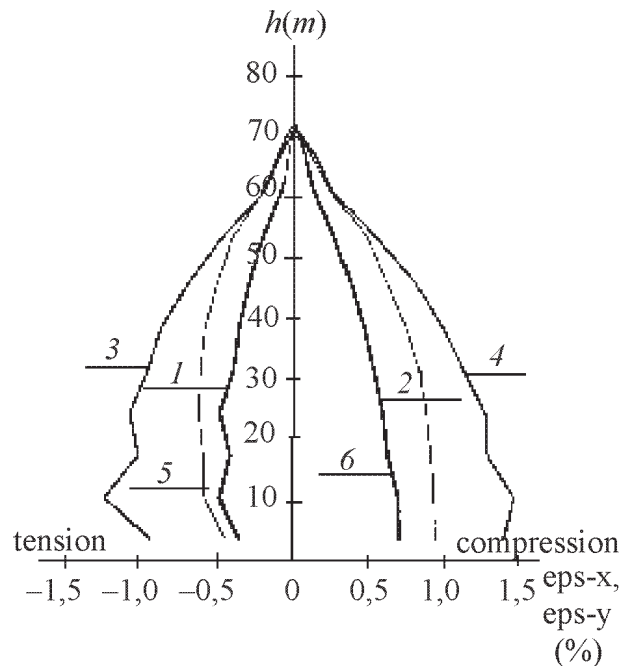


Рис. 3. Горизонтальные ( $\epsilon_{ps-x}$ ) и вертикальные ( $\epsilon_{ps-y}$ ) деформации в литой диафрагме: 1 и 2 — в конце строительства (плотные переходные зоны); 3 и 4 — в конце строительства (недоуплотненные переходные зоны); 5 и 6 — после наполнения верхнего бьефа (недоуплотненные переходные зоны)

ной структуры диафрагмы приведет к неизбежным многочисленным прорывам давлением и разрушению каменно-набросной плотины с катастрофическими последствиями, даже при одном только дефектном участке диафрагмы.

В диафрагме из литого асфальтобетона возникают высокие растягивающие горизонтальные деформации в конце строительства и после наполнения верхнего бьефа, что может нарушить ее сплошность. В диафрагме из укатанного асфальтобетона горизонтальные деформации всегда сжимающие, что гарантирует ее герметичность после наполнения верхнего бьефа и при сейсмических воздействиях (рис. 4, 5).

6. Невозможно добиться необходимого уплотнения переходных зон при контакте с диафрагмой из литого асфальтобетона в связи с опасностью ее повреждения виброкатками, а отсутствие плотного контакта плоских граней диафрагмы с соседними пе-

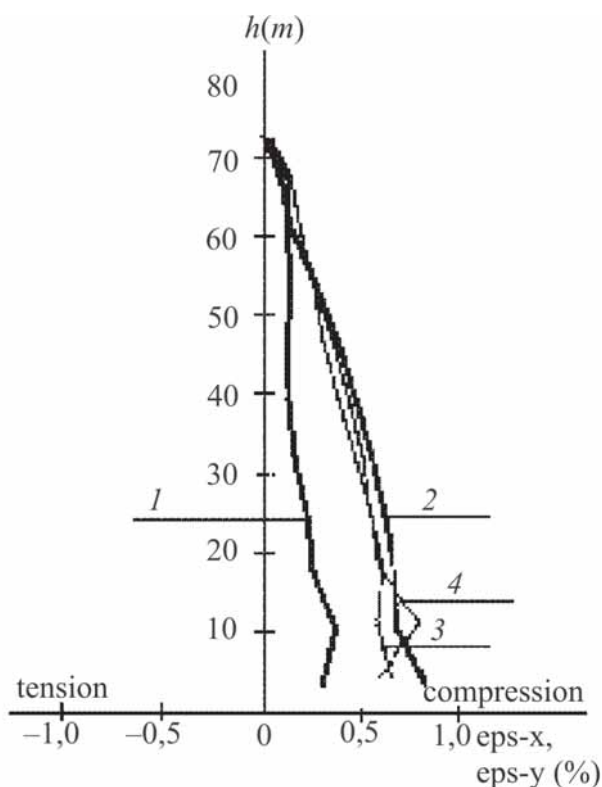


Рис. 4. Горизонтальные ( $\epsilon_{ps-x}$ ) и вертикальные ( $\epsilon_{ps-y}$ ) деформации в укатанной диафрагме: 1 и 2 — в конце строительства; 3 и 4 — после наполнения верхнего бьефа

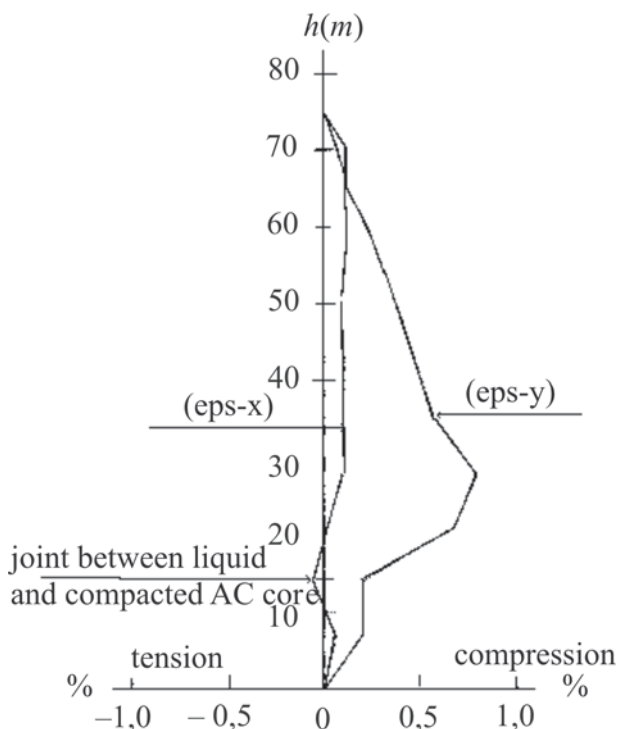


Рис. 5. Горизонтальные ( $\epsilon_{ps-x}$ ) и вертикальные деформации ( $\epsilon_{ps-y}$ ) в укатанной диафрагме, уложенной поверх ее литой части после цементации переходных зон в конце строительства

реходными зонами (фактически этот контакт на отдельных участках оказался открытым) приводит к боковому ее расширению по мере

наращивания, появлению в диафрагме растягивающих горизонтальных деформаций и продольных вертикальных трещин и выдавливанию не только битума, но и заполнителя в крупные поры соседних переходных зон. Поэтому никакое «самозалечивание» диафрагмы из литого асфальтобетона, на которое как на «панацею от всех бед» рассчитывают ее авторы, не предотвратит потерю ее сплошности (герметичности) еще на стадии строительства до наполнения верхнего бьефа.

7. Используя критерий «стабильности» асфальтобетонных диафрагм, предложенный Н.Ф. Щавелевым (ВНИИГ) на стадии разработки техпроекта Богучанской каменно-набросной плотины, в виде коэффициента бокового давления материала диафрагмы из литого асфальтобетона, равного соотношению горизонтальных и вертикальных напряжений в диафрагме, автор в своих расчетах получил такой коэффициент равным 0,9...0,97 (это значительно выше критерия стабильности ВНИИГ, для диафрагмы из литого асфальтобетона принятого равным 0,6...0,7). Таким образом, с точки зрения критерия стабильности ВНИИГ диафрагма из литого асфальтобетона «нестабильна», точнее, подвижна, т.е. расширяется в обе стороны с образованием продольных вертикальных трещин, зафиксированных во время строительства. Наполнение водохранилища приведет к существенным горизонтальным перемещениям диафрагмы из литого асфальтобетона, сохранению в ней растяжения, ее интенсивному выдавливанию в крупные поры нижней переходной зоны и потере герметичности.

8. Как показали расчеты и натурные наблюдения за крупными каменно-набросными плотинами, в уплотняемых асфальтобетонных диафрагмах в отличие от диафрагм из литого асфальтобетона возникают не растягивающие, а сжимающие деформации при строительстве, что гарантирует герметичность [1, 2]. По критерию стабильности ВНИИГ уплотняемая асфальтобетонная диафрагма всегда стабильна (коэффициент бокового давления в ней менее 0,7), а при наполнении верхнего бьефа ее перемещения в сторону нижнего бьефа незначительны, и в ней сохраняется сжатие.

9. Надежная совместная работа уплотняемых асфальтобетонных диафрагм и соседних переходных зон обусловлена как от-

носителем близкими по модулям деформации диафрагмами и этими зонами, так и самой технологией непрерывной одновременной укладки и виброукатки диафрагм из литого асфальтобетона и соседних переходных зон (слоями по 20...25 см) с образованием плотного зигзагообразного контакта между ними [1, 2].

10. Применение в последних расчетах разработанной новой двухфазной вязкоупруго-пластичной модели асфальтобетона позволило учесть влияние взаимодействия вязкоупругого битума и упруго-пластичного заполнителя [3]. В диафрагме из литого асфальтобетона все напряжения от собственного веса и давления верхнего бьефа воспринимаются битумом, в котором возникает высокое гидростатическое напряженное состояние (с коэффициентом бокового давления 1,0), а заполнитель практически выключается из работы, что приводит к резкому снижению прочности горизонтальных швов диафрагм из литого асфальтобетона на сдвиг. Высокие напряжения в битуме определяют высокую подвижность диафрагм из литого асфальтобетона, ее боковое расширение с опасностью выдавливания не только битума, но и заполнителя в соседние переходные зоны при строительстве, ее последующее перемещение в сторону нижнего бьефа при наполнении верхнего бьефа с сохранением растяжения в верхней части и опасностью выдавливания в поры нижней переходной зоны.

На рис. 6 показаны вертикальные и горизонтальные напряжения в диафрагме из укатанного (а) и литого асфальтобетона (б) в конце строительства. При нормальном содержании битума в диафрагме из укатанного асфальтобетона напряжения в битуме и заполнителе — величины одного порядка, разница в состоянии: битум, который имеет низкую прочность на сдвиг, быстро достигает состояния пластического течения и подвержен изотропному напряженному состоянию; в заполнителе, наоборот, наблюдается разница между горизонтальными и вертикальными напряжениями ( $\sigma_x/\sigma_y \approx 0,55$ ), которая почти не изменяется по высоте диафрагмы. В литой диафрагме колебаниям подвержена характерная часть напряжений, воспринимаемых двумя фазами. Из-за низкой сжимаемости битум воспринимает большую часть напряжений.

В обоих расчетах в конце строительства вертикальные (сжимающие) деформации близки, а горизонтальные деформации, наоборот, различны вследствие разной объемной сжимаемости укатанного и литого асфальтобетона (рис. 7). В расчете (б) эти деформации по высоте литой диафрагмы — растягивающие, т.е. диафрагма расширяется вследствие высокого горизонтального распора, который она оказывает на соседние переходные зоны. В расчете (а), наоборот, горизонтальные деформации близки к нулю, что соответствует состоянию стабиль-

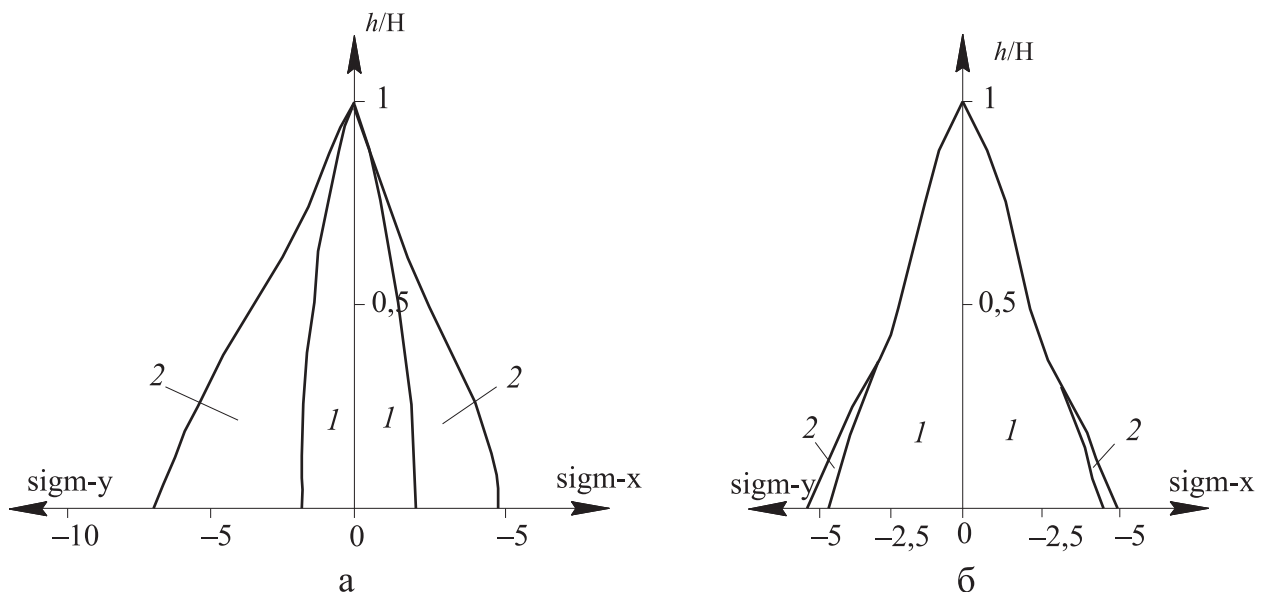


Рис. 6. Горизонтальные ( $\sigma_x$ ) и вертикальные ( $\sigma_y$ ) напряжения (МПа) по высоте диафрагмы из укатанного (а) и литого асфальтобетона (б) Богучанской плотины в конце строительства: 1 — напряжения в битуме; 2 — напряжения в заполнителе

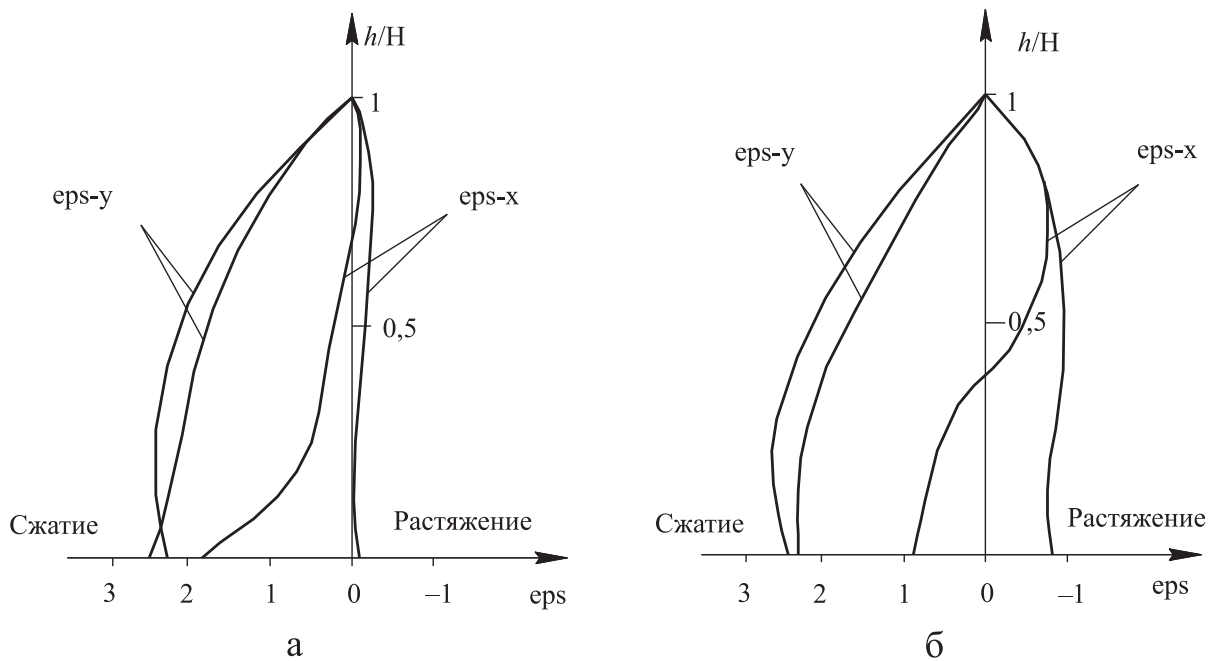


Рис. 7. Вертикальные ( $\epsilon_{ps-y}$ ) и горизонтальные ( $\epsilon_{ps-x}$ ) деформации (%) по оси укатанной (а) и литой (б) диафрагм в конце строительства (крайние правые линии) и наполнения верхнего бьефа (крайние левые)

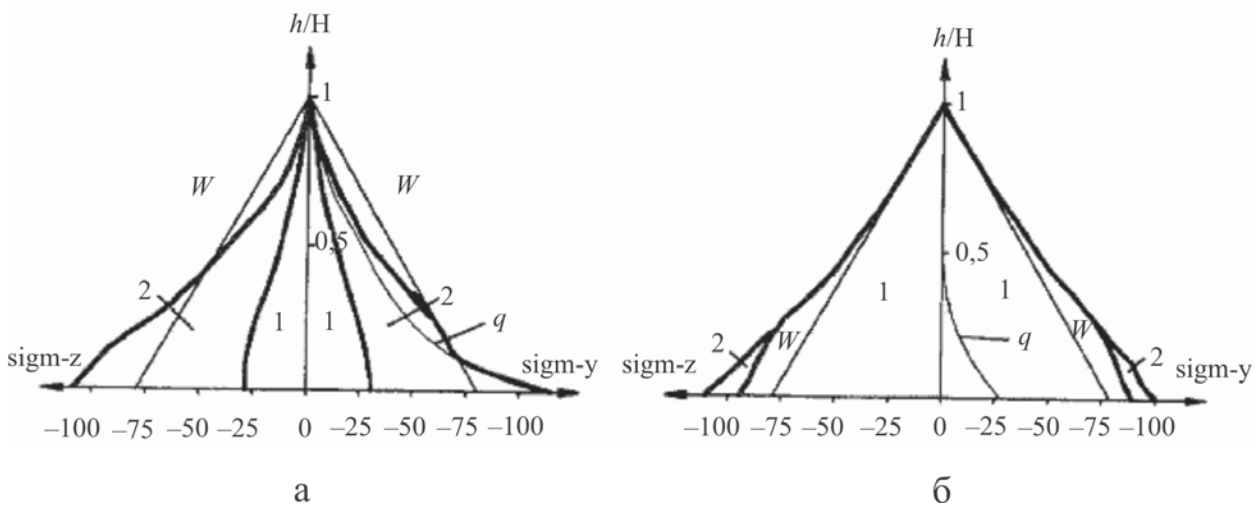


Рис. 8. Вертикальные ( $\sigma_{gm-y}$ ) и горизонтальные ( $\sigma_{gm-x}$ ) напряжения ( $t/m^2$ ) по высоте диафрагмы из укатанного (а) и литого (б) асфальтобетона после наполнения водохранилища: 1 — напряжения в битуме;  $q$  — девиатор напряжений;  $W$  — давление верхнего бьефа

ности укатанной диафрагмы.

Во время наполнения верхнего бьефа диафрагма в основном подвержена гидростатическому давлению, в ней сильно возрастают горизонтальные и сдвиговые напряжения, вызванные деформациями плотины. Распределение напряжений в указанной диафрагме (рис. 8а) после наполнения верхнего бьефа мало отличается от того, которое получено в конце строительства (рис. 8б). В литой диафрагме почти всю гидростатическую нагрузку воспринимает битум, что приводит к изотропным полным напряжениям в ней (рис. 8б).

После наполнения верхнего бьефа горизонтальные деформации в обоих случаях сильно изменились: в укатанной диафрагме горизонтальное сжатие возрастает у ее основания (рис. 7а), а в литой диафрагме горизонтальное растяжение сохраняется в верхних 2/3 ее высоты и переходит в небольшое сжатие, если битум не будет выдавлен в соседние переходные зоны. В литом асфальтобетоне напряжения после наполнения верхнего бьефа выше гидростатического давления (кривая  $W$  на рис. 8).

11. В отличие от диафрагмы из литого асфальтобетона в уплотняемых ас-

фальтобетонных диафрагмах давление от собственного веса и давление от водохранилища воспринимаются в основном заполнителем и лишь частично битумом, что приводит к благоприятному снижению коэффициента бокового давления в уплотняемых диафрагмах, возникновению в ней сжатия при строительстве и наполнении верхнего бьефа и повышению прочности горизонтальных швов уплотняемых диафрагм на сдвиг.

12. Современная практика строительства каменно-набросной плотины с укатанными асфальтобетонными диафрагмами обязательно предусматривает устройство фильтров из щебня крупностью до 60...80 мм и переходной зоны из щебня крупностью до 200 мм между асфальтобетонной диафрагмой и боковыми зонами уплотненного камня. В конструкции асфальтобетонной диафрагмы Богучанской плотины таких фильтров и переходных зон нет. Вместо них уложены недоуплотненные переходные зоны из каменной наброски крупностью до 200 мм и выше, в поры которых, как показали расчеты, будет легко выдавливаться не только битум, но и заполнитель. В результате неизбежна потеря сплошности и герметичности диафрагмы, развитие в ней катастрофической фильтрации с последующим размывом и прорывом и, как следствие, разрушение плотины.

13. Опасения авторов диафрагмы из литого асфальтобетона о возможности «продавливания» вышележащей укатанной диафрагмы в нижележащую литую совершенно необоснованные, так как укатанная диафрагма в отличие от литой работает совместно с соседними переходными зонами, и вертикальные напряжения по контактному шву обеих диафрагм меньше, чем в полностью литой диафрагме. Разумеется, потребуется подготовка этого контакта, его гидроизоляция при проведении ремонтных работ, перечисленных в пункте 4 выводов и рекомендаций.

14. Один из доводов против уплотняемой асфальтобетонной диафрагмы — ее нельзя укладывать при температуре воздуха ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ . Однако для скоростной и непрерывной технологии уплотняемых асфальтобетонных диафрагм в отличие от способа литой диафрагмы не требуется вести укладку зимой, а вполне хватит двух

летних сезонов по 120...140 сут в году, чтобы достроить уплотняемую асфальтобетонную диафрагму и каменно-набросную плотину в требуемый срок. Для диафрагмы из литого асфальтобетона с ее дефектами потребуется не менее 5 лет.

15. Другим доводом против уплотняемой асфальтобетонной диафрагмы является мнение, что на битумах марки В65 и В80 по немецкому стандарту DIN 1995 невозможно получить уплотняемый асфальтобетон, который был бы трещиностоек в условиях Богучанской каменно-набросной плотины и сохранял бы свои упруго-пластические свойства. Однако сейчас во многих грунтовых плотинах с уплотняемой асфальтобетонной диафрагмой, построенных в Норвегии и Китае, используют асфальтобетон с повышенным содержанием битума (7...7,5 %) и меньшей вязкостью (В180 вместо В65), что улучшает самозалечиваемость асфальтобетона без ухудшения его основных свойств. Кроме того, использование более мягкого битума позволяет снизить требуемые температуры перемешивания и укладки асфальтобетона с 160...180 до 140...150  $^{\circ}\text{C}$ , что сокращает стоимость строительства уплотняемой асфальтобетонной диафрагмы. Технологию уплотняемой асфальтобетонной диафрагмы, особенно по подбору битума и минеральных материалов, целесообразно всегда оптимизировать для конкретных природных условий строительства этих плотин в Китае, Канаде или России.

Выводы об опасности применения диафрагмы из литого асфальтобетона в Богучанской каменно-набросной плотине и необходимости перехода на укатанную диафрагму, а также о других дефектах проекта каменно-набросной плотины представлены автором в отчетах по НИР, выполненных в 2001–2003 гг. по поручению ОАО «БогучанГЭСстрой», в сборниках научных трудов НИИЭС и Российского университета дружбы народов, а также в сообщении-презентации «Проблема безопасности Богучанской каменно-набросной плотины» на последнем Международном конгрессе по большим плотинам в Барселоне (июнь 2006 г.) [4]. Выводы о дефектах проекта Богучанской каменно-набросной плотины подтверждены известной фирмой Коин и Белье (Франция) в Банковском отчете, переданном компании РусАл в июле 2006 г.

В материалах проекта Богучанской плотины, переданных фирме Коин и Белье, была принята укатанная диафрагма для каменно-набросной плотины первой очереди строительства. Однако вскоре после этого авторы проекта Богучанской плотины вернулись к старому проекту с диафрагмой из литого асфальтобетона.

Выводы и рекомендации по обеспечению безопасности Богучанской каменно-набросной плотины.

1. Нынешний проект Богучанской плотины с диафрагмой из литого асфальтобетона является недопустимым с точки зрения безопасности плотины и несостоятельным с точки зрения технологичности и сроков ее строительства. Необходимо полностью отказаться от порочной концепции литой диафрагмы и принять надежную и технологичную укатанную диафрагму, фильтры и переходные зоны из щебня, что обеспечит высокое качество работ и выполнение их в срок.

2. При разработке проекта достройки плотины с укатанной диафрагмой целесообразно рассмотреть вариант состава асфальтобетона с повышенным содержанием битума (до 7...7,5 % при меньшей его вязкости — В180). Это позволит повысить пластичность и самозалечиваемость укатанного асфальтобетона и понизить температуру его разогрева, что даст дополнительный технико-экономический эффект.

3. При достройке плотины по технологии укатанной диафрагмы и фильтров часть литой диафрагмы останется расслоенной, растянутой, с трещинами и подвижной, что создаст опасность ее выдавливания в крупные поры переходных зон во время строительства, а при наполнении верхнего бьефа может привести к потере герметичности литой части.

4. Необходимо инъецировать трещины в литой диафрагме и переходные зоны по контакту с этой диафрагмой, создав вокруг нее плотную водоупорную обойму, что значительно улучшит напряженное состояние нижней литой части диафрагмы (см. рис. 5), предотвратит ее выдавливание в переходные зоны при достройке поверх нее укатанной диафрагмы, улучшит работу стыка между обеими диафрагмами на попереч-

ный сдвиг и осадку, предотвратит его раскрытие, обеспечит герметичность.

5. В связи с тем что цементационная завеса устроена в основании галереи, а не в опорной плите диафрагмы, давление верхнего бьефа будет подведено к ее основанию, что при отсутствии цементационной завесы и уплотнений шва между блоком галереи и бетонной плитой диафрагмы приведет к опасной фильтрации через этот шов (см. рис. 2). Необходимо с поверхности зацементированной верховой переходной зоны или из галереи выполнить короткую цементационную завесу, замкнутую на существующую в основании галереи, создав замкнутый контур цементационной завесы в основании диафрагмы и галереи. Из галереи следует пробурить скважины в шов между блоком галереи и опорной плитой диафрагмы для контроля возможной фильтрации через шов и его возможной цементации.

6. Место примыкания диафрагмы к вертикальной стенке бетонной плотины (без устройства в ней специального углубления) при отсутствии контроля этого контакта через контрольную шахту с низовой стороны диафрагмы потенциально является местом раскрытия контакта и бесконтрольной контактной фильтрации. Для предотвращения этого в примыкании литой и укатанной частей диафрагмы к бетонной плотине с низовой стороны диафрагмы следует выполнить бетонную шахту для контроля состояния контакта и возможного ремонта.

**Ключевые слова:** безопасность плотины, диафрагма из асфальтобетона, литой и укатанный асфальтобетон, выдавливание литого асфальтобетона.

#### Список литературы

1. **Ляпичев, Ю. П.** Проектирование и строительство современных высоких плотин [Текст] / Ю. П. Ляпичев. – М. : РУДН, 2004. – С. 119–203.
2. Bituminous cores for fill dams [Text] / International Commission on Large Dams // Bulletin 84. – Paris: ICOLD Publ., 1993. – 140 p.
3. **Ляпичев, Ю. П.** Оценка надежности Богучанской грунтовой плотины с помощью двухфазной модели асфальтобетона [Текст] / Ю. П. Ляпичев // БЭС : научно-техн. сборник НИИЭС. – Вып. 12. – М., 2003. – С. 89–98.
4. **Lyapichev, Yu.** Safety problem of the Boguchansk rockfill dam with asphaltic concrete core [Text] / Yu. Lyapichev // Presentation on Q. 84. 22-nd Inter. Congress on Large Dams (Spain, 2006). – V. 5 – Paris: ICOLD Publ. – P. 125–137.



УДК 502/504:631.6:568.382.3

**А.И. Голованов**, доктор техн. наук, профессор**С.А. Максимов**, канд. техн. наук, доцент

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

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА МЕЛИОРИРУЕМЫХ И РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ ЗЕМЛЯХ***Обсуждаются возможные чрезвычайные ситуации на мелиорируемых и рекультивируемых землях. С помощью математического моделирования количественно оценены последствия нештатных ситуаций и предложены способы ликвидации последствий**Possible extreme situations on ameliorated and reclaimed lands are discussed. Consequences of supernumerary situations are quantitatively estimated by means of mathematical modeling and there are offered methods of liquidation of the consequences.*

В связи с началом подготовки специальных листов по ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) в Московском государственном университете природообустройства представляется возможным использовать многолетний опыт кафедры мелиорации и рекультивации земель. В 1993–94 гг. была выполнена поисковая научно-исследовательская работа «Разработка методов прогноза загрязнения почв и подземных вод при атмосферном загрязнении и утилизации стоков гражданских и военных объектов» (заказчик — Управление экологии и специальных средств защиты Министерства обороны Российской Федерации; созаказчик — Совет прикладных проблем при Президиуме РАН).

В этих работах была предусмотрена возможность изучения сценариев загрязнения земель и вод при разрушении технологических узлов очистки выбросов или подготовки стоков и заложены соответствующие блоки в имитационные модели обоснования мероприятий по ликвидации чрезвычайных ситуаций. Опыт кафедры говорит, что наиболее эффективным инструментом для исследования развития чрезвычайных ситуаций и имитации сценариев по их ликвидации является математическое моделирование, основанное на возможно более полном учете природных процессов. Опыт кафедры значительный: за 15 лет ее сотрудниками разработаны и всесторонне проверены модели поступления, трансформации, передвижения тяжелых металлов, легких нефтепродуктов, нитратов и других веществ,

содержащихся в сточных водах. Обзор математических моделей приведен в учебнике «Основы природообустройства»\*.

Ежегодно в России происходит множество местных и территориальных чрезвычайных ситуаций. В результате создается угроза для жизни людей, животных, ухудшается качество почв, поверхностных и грунтовых вод, атмосферного воздуха. По данным Министерства чрезвычайных ситуаций Российской Федерации, только в 2004 г. произошло 863 техногенные чрезвычайные ситуации, в том числе: аварии с выбросом (угрозой выброса) АХОВ — 21; аварии на магистральных трубопроводах и внутрипромысловых нефтепроводах — 55. Чрезвычайные ситуации возникают на промышленных предприятиях, при добыче, транспортировке, хранении и переработке углеводородов и различных природных ископаемых, на транспорте, в сельском хозяйстве, на очистных сооружениях, в инженерно-экологических системах. Увеличение масштабов негативного воздействия на окружающую среду приводит к ухудшению экологической обстановки в ряде регионов России. К таким регионам традиционно относят крупнейшие городские агломерации — Московскую и Санкт-Петербургскую, промышленные центры Центральной России, промышленные и горнодобывающие центры Крайнего Севера, Юга Сибири и Дальнего Востока, Среднее Поволжье, Северный Прикаспий, Средний и Южный Урал, Кузбасс. Так, в 2004 г. значительное количество техногенных чрезвычайных ситуаций зарегистрировано в Приволжско-Уральском (220), Сибирском (161), Северо-

\*Основы природообустройства [Текст] / А. И. Голованов [и др.]. — М.: Колос, 2001. — 264 с.