

## 05.23.07 Гидротехническое строительство

УДК 502/504:626/627

Ф. В. МАТВЕЕНКОВ

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, г. Москва

### ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОДЛЕНИЯ УСТАНОВЛЕННОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУНТОВОГО ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ III И IV КЛАССА

*В статье автором рекомендованы новые подходы к определению границ вариации прочностных и деформационных характеристик грунтового материала ГТС III и IV классов, а также к расчету фильтрационных полей в грунтовых ГТС и их основаниях. Приводится анализ количества ГТС, отработавших установленный срок эксплуатации. По результатам такого анализа было установлено, что 596 комплексов ГТС, эксплуатируются за рамками нормативного срока эксплуатации. Учитывая важность безопасности ГТС, которая влияет на общую безопасность Российской Федерации, следует признать уровень безопасности этих выявленных комплексов гидросооружений как опасный, так как исследование их состояния (экспертиза) не производилось, а их безопасность ничем не подтверждена. По состоянию на 2012 год из 3994 комплексов ГТС 596 комплексов, состоящих из 1096 гидросооружений, отработали установленный срок эксплуатации. Из выявленных 596 гидрозлов ко II классу относятся 19 комплексов, к III классу – 109 комплексов, к IV классу – 468 комплексов ГТС. Предлагается разработать методику определения остаточного срока эксплуатации грунтовых гидросооружений III и IV классов.*

*Гидротехнические сооружения, продление срока эксплуатации, качественная оценка состояния сооружений, количественная оценка состояния сооружений, отклонения от нормальной эксплуатации, причины снижения эксплуатационной надежности грунтовых гидротехнических сооружений.*

*In the article the author recommends new approaches to defining the boundaries of variation of strength and deformation characteristics of the soil material of the HES of III and IV classes as well as to the calculation of filtration fields in soil HES and their foundations. There is given an analysis of the number of HES which have worked out their specified life of operation. According to this analysis it was found that 596 HES complexes operated beyond the normative service life. Taking into consideration the importance of HES safety which influences the general safety of the Russian Federation it should be recognized that the level of safety of these revealed complexes of hydraulic engineering structures is dangerous as the investigation of their state (expertise) has not been carried out and their reliability is not confirmed by anything. As for the 2012th year it was revealed that out of 3994 HES complexes 596 complexes consisting of 1096 hydraulic structures have worked out the specified service life of operation. From the revealed 596 hydraulic units 19 complexes are referred to II class, 109 complexes – to III class, 468 complexes of HES - to IV class. It is proposed to develop a methodology for determining the remaining operational life of earth hydraulic structures of III and IV classes.*

*Hydraulic engineering structures, extension of the service life of operation, qualitative assessment of the state of structures, quantitative assessment of the state of structures, deviations from normal operation, causes of degradation of operational reliability of earth hydraulic engineering structures.*

В трудах ВНИИГ имени Б. Е. Веденеева неоднократно поднимались вопросы старения материалов, оценки напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин в процессе эксплуатации, прогнозирования изменения физических и механических свойств грунтов сооружений и оснований, что позволяет упростить задачу, связанную с продлением установленного срока эксплуатации грунтовых гидротехнических сооружений (ГТС).

С целью продления установленного срока эксплуатации ГТС предлагается остановиться на определении границ диапазонов вариации прочностных и деформационных характеристик грунтового материала, уложенного в тело сооружения по зависимости (1), согласно рекомендациям ВНИИГ имени Б. Е. Веденеева [1]. При определении границы области вариации гранулометрических составов грунта, уложенного в тело сооружения, необходимо учитывать перемешивание и частичное усреднение состава грунта при его разработке, доставке к месту строительства и укладке в тело плотины.

Определение границы области вариации гранулометрических составов выполняется при помощи усредненного параметра  $\sigma_{FH,c}(d_k)$  по формуле:

$$\sigma_{FH,c}(d_k) = \sigma_{FH} / \sqrt{n_c}, \quad (1)$$

где  $\sigma_{FH,c}(d_k)$  – среднеквадратичное отклонение (СКО) функции распределения  $F_H$ ;  $n_c$  – количество перемещения грунта при разработке, доставке к месту строительства и укладке в тело плотины.

При разработке, доставке к месту строительства и укладке в тело плотины происходит отделение крупных и мелких фракций, которое учитывается с помощью усечения в отдельности среднего и граничных гранулометрических составов строительной грунтовой смеси.

При обследованиях грунтовых ГТС III и IV классов выявлено, что в большинстве случаев на таких сооружениях отсутствует проект производства работ. Формула (1) дополнена постоянным коэффициентом, который учитывает особенность строительства грунтовых гидросооружений III и IV классов:

$$\text{разработка} + \text{погрузка} + \text{доставка} + \text{укладка} = 4. \quad (2)$$

Принимая принятое упрощение, формула (1) будет иметь вид:

$$\sigma_{FH,c}(d_k) = \sigma_{FH} / 2. \quad (3)$$

Предложенное упрощение по определению границы области вариации гранулометрических составов при решении задачи повышения эксплуатационной надежности в рамках продления срока эксплуатации грунтовых сооружений III и IV классов справедливо как в целом для таких сооружений, так и для отдельных их частей при проведении поэтапного освидетельствования сооружения.

По методике ВНИИГ [1] расчет температурных полей в грунтовых гидротехнических сооружениях и их основаниях, в том числе с учетом замораживания–размораживания и фильтрации, основан на уравнении стационарной фильтрации:

$$\frac{d}{dx} \left( K_\phi \frac{dH}{dx} \right) + \frac{d}{dy} \left( K_\phi \frac{dH}{dy} \right) = 0, \quad (4)$$

где  $H$  – напор;  $K_\phi$  – коэффициент фильтрации.

В задаче фильтрации [1] рекомендуется задавать соответствующие граничные условия:

на границах с водоемами должны выполняться условия первого рода  $H = H_{\text{зад}}$ ; (5)

а на водонепроницаемых границах – учитываться условия второго рода  $dH/dn = 0$ , (6)

где  $H_{\text{зад}}$  – заданный напор;  $n$  – нормаль к границе.

Предлагаемая в [1] схема моделирования расчета фильтрационных полей в грунтовых гидротехнических сооружениях и их основаниях является приближенной, так как в задаче фильтрации не учитывается заилиние водохранилища. В этой связи, предложен принципиально новый подход к решению задачи фильтрационных полей в грунтовых ГТС, заключающийся в учете заилинения водохранилища (при выполнении условия первого рода):

$$H = H_{\text{зад}} - H_{\text{заилинения}}, \quad (7)$$

где  $H_{\text{заилинения}}$  – высота слоя заилинения водохранилища.

Указанное выше позволяет успешно выполнить постановку задачи по разработке мер повышения эксплуатационной надежности грунтовых гидротехнических сооружений III и IV классов в части упрощения методов определения границ вариации прочностных и деформационных характеристик грунтового материала ГТС, а также расчета фильтрационных полей в грунтовых ГТС и их основаниях.

В целях решения задачи по продлению установленного срока службы грунтовых гидротехнических сооружений выполнен анализ Российского регистра ГТС [2] в части выявления гидроузлов, отработавших

нормативный срок эксплуатации.

По данным регистра [2] Ростехнадзору поднадзорны 3994 комплекса гидросооружений, которые внесены в Регистр ГТС. По состоянию на 2012 год было выявлено, что из 3994 комплексов ГТС 596 комплексов, состоящих из 1096 гидросооружений, отработали установленный срок эксплуатации.

Из выявленных 596 гидроузлов ко II классу относятся 19 комплексов, к III классу – 109 комплексов, к IV классу – 468 комплексов ГТС. Следует отметить, что выборка гидротехнических сооружений из регистра [2] производилась по состоянию на 2012 год, и с каждым годом общее количество гидросооружений, отработавших установленный срок эксплуатации, будет только увеличиваться, что может привести как к локальным чрезвычайным ситуациям, так и к чрезвычайным ситуациям межрегионального характера.

В соответствии с данными регистра [2] из выявленных 596 комплексов ГТС, отработавших установленный срок эксплуатации, 202 гидроузла находятся в собственности государства (федеральная, субъектная или муниципальная собственность), а остальные 394 комплекса гидротехнических сооружений являются частной собственностью.

Качественный уровень безопасности 596 комплексов сооружений, отработавших установленный срок эксплуатации, по данным регистра ГТС [2], оценен следующим образом:

нормальный уровень – 269 гидроузел (или 45 % от общего количества);

пониженный уровень – 183 гидроузла (31 %);

неудовлетворительный – 74 гидроузла (12 %);

опасный уровень – 21 гидроузел (4 %).

В регистре [2] отсутствует информация об уровнях безопасности 49 (8 %) комплексов ГТС.

Следует также отметить, что оценка уровня безопасности сооружений, указанных в [2], производилась 5–8 лет назад. Этот факт свидетельствует о том, что с течением времени качественная оценка уровня безопасности выявленных 596 гидроузлов, отработавших установленный срок эксплуатации, изменилась.

Учитывая важность безопасности гидротехнических сооружений, которая

влияет на общую безопасность Российской Федерации, следует признать уровень безопасности выявленных 596 гидроузлов как опасный, так как исследования состояния (экспертиза) отработавших установленный срок эксплуатации комплексов гидротехнических сооружений не производились.

Повреждения и, как следствие, стремительное разрушение грунтовых гидросооружений, как правило, образуются в результате негативного воздействия фильтрации и переливов воды через гребень сооружения [3–6, 9]. В то же время, грунтовые плотины устойчивы к волновым воздействиям и землетрясениям, но чаще всего повреждения, приводящие к аварии, образуются вследствие не предусмотренных проектом режимов эксплуатации, таких как быстрая сработка или наполнение водохранилища.

#### Выводы

Для грунтовых строительных материалов характерна неоднородность распределения частиц грунта по объему, что приводит к появлению со временем путей фильтрации в теле сооружения. Неоднородность распределения компонентов по объему зависит от способа возведения сооружения, качества производства работ и объема строительных карьеров с грунтовым материалом необходимого качества и удовлетворяющим требованиям проекта гидросооружения.

Неоднородность распределения частиц грунта разных фракций предлагается определять хорошо зарекомендованным и давно известным методом с помощью границ диапазонов вариации прочностных и деформационных характеристик грунтового материала, уложенного в тело сооружения. При определении границы области вариации гранулометрических составов грунта, уложенного в тело сооружения, необходимо учитывать перемешивание и частичное усреднение состава грунта при его разработке, доставке к месту строительства и укладке в тело плотины.

Разработанные специалистами ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева методы определения температурных и фильтрационных полей в грунтовых сооружениях и их основаниях предлагается использовать при определении остаточного ресурса грунтового гидросооружения.

Вместе с тем определение по извест-

ным формулам в [1] границ диапазонов вариации прочностных и деформационных характеристик грунтового материала, расчет температурных и фильтрационных полей в грунтовых ГТС и их основаниях является недостаточным для оценки остаточного ресурса гидросооружения. В этой связи целесообразно продолжить работу по разработке мер повышения эксплуатационной надежности грунтовых ГТС III и IV классов в части определения остаточного ресурса сооружений за пределами установленного (нормативного) срока их эксплуатации.

В целях упрощения способа определения границ области вариации гранулометрических составов предлагается количество перемещения грунта в формуле (1) принимать постоянным и равным четырем, так как грунтовые ГТС III и IV класса являются не масштабными, а из практики их строительства известно, что строительный материал – грунт разрабатывается, доставляется к месту строительства и укладывается в тело плотины без промежуточного хранения на базе строительных материалов. Так же в расчетах температурных полей в грунтовых ГТС и их основаниях при выполнении условия первого рода (4) предлагается учитывать заиливание водохранилища.

В статье рекомендованы новые подходы к определению границ вариации прочностных и деформационных характеристик грунтового материала ГТС III и IV классов, к расчету фильтрационных полей в грунтовых ГТС и их основаниях, а также обзору состояния дел в области обеспечения безопасности ГТС, по результатам которого сделаны выводы о необходимости разработки мер по повышению эксплуатационной надежности в части определения остаточного ресурса гидросооружений. В этой связи основными научными задачами, поставленными автором, являются: анализ количества гидротехнических сооружений, отработавших установленный срок эксплуатации; оценка влияния на работу грунтовых ГТС, отработавших установленный срок эксплуатации, старения строительных материалов, вариации грунта, проведение натурных исследований по уточнению физико-механических свойств строительного материала грунтовых сооружений с течением времени; разработка методики по продлению установленного срока эксплуатации плотин (дамб) III и IV клас-

сов, уже отработавших установленный срок эксплуатации; введение определения уровня продления срока эксплуатации ГТС, отработавшего установленный срок эксплуатации.

1. Правила организации и проведения натурных наблюдений и исследований на плотинах из грунтовых материалов (РД 153-34.2-21.546-2003). – СПб., 2004.

2. Российский регистр ГТС. <http://www.waterinfo.ru/gts>.

3. Матвеев Ф. В. Предложения по разработке указаний о продлении нормативного срока службы гидротехнических сооружений // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – 2012. Т. 266. – С. 83-88.

4. Матвеев Ф. В. О необходимости методики (правил) организации работ по продлению установленного нормативного срока службы гидротехнических сооружений // Гидротехника XXI век. – 2012. – № 4(11). – С. 62-63.

5. Стефанишин Д. В., Шевченко Н. И. Вероятностный подход к оценке местной фильтрационной прочности неоднородных оснований // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 1988. Т. 209. – С. 27-32.

6. Стефанишин Д. В., Шульман С. Г. Проблемы надежности гидротехнических сооружений. – СПб.:Изд-во ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 1991.

7. Козлов Д. В., Крутов Д. А. Анализ собственных деформаций бетона по данным натурных наблюдений на плотине Богучанского гидроузла. // Гидротехническое строительство. – 2005. – № 1. – С. 31-36.

8. Козлов Д. В. Воздействие льда на речные сооружения с вертикальной и наклонной гранями. // Гидротехническое строительство. – 1997. – № 12. – С.40.

9. Раткович Л. Д., Беглярова Э. С., Козлов Д. В., Шабанов В. В. Использование водных ресурсов в условиях современного развития водохозяйственного комплекса. // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – № 5. – С.53

Материал поступил в редакцию 14.09.2015.

*Матвеев Федор Викторович, инженер-гидротехник, главный государственный инспектор Управления государственного энергетического надзора Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору*  
E-mail: [fvmatveenkou@mail.ru](mailto:fvmatveenkou@mail.ru)