

УДК 627.8

М.И. БАЛЬЗАННИКОВ**АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБСЛЕДОВАНИЙ ДЕФОРМАЦИИ ТЕЛА ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ РУСЛОВОГО ГИДРОУЗЛА**

EVALUATION OF STRAINS OF RUN-OF-RIVER UNIT EARTH DAM

Рассматривается грунтовая плотина руслового гидроузла – Куйбышевской ГЭС на реке Волге. Приводятся основные параметры грунтовой плотины, особенности ее возведения и эксплуатации. Освещаются факторы, обусловившие изменение первоначальных проектных условий ее эксплуатации. Анализируются результаты обследований геометрических параметров тела плотины, выполненные в разные периоды ее эксплуатации, а также возможные причины их отклонений от проектных значений. Рекомендуются мероприятия по проведению ремонтных работ по повышению надежности эксплуатации грунтовой плотины.

Ключевые слова: русловой гидроузел, грунтовая плотина, профиль плотины.

Обеспечение надежной работы подпорных и водопроводящих сооружений гидроузлов для настоящего времени является весьма актуальной задачей как для эксплуатирующих гидротехнические сооружения предприятий, так и для проектных организаций [1-7]. При этом такой подход приобрел, несомненно, существенно больший приоритет, чем традиционные требования сохранения высоких показателей экономической эффективности.

Особое значение предъявляемых требований принадлежит крупным русловым гидроузлам на равнинных полноводных реках, в частности гидроэлектростанциям Волго-Камского каскада, поскольку на возведенные гидротехнические сооружения возложена огромная ответственность перед обществом на обеспечение безопасных условий эксплуатации из-за близкого расположения городов и других населенных пунктов.

Выше города Самары, вблизи Тольятти и Жигулевска возведена Куйбышевская ГЭС, которую в последнее время часто называют Жигулевской – по наименованию предприятия, созданного на базе гидроузла.

Гидроэлектростанция строилась в период с 1950 по 1957 гг. и в каскаде Волжско-Камских гидроузлов заняла шестую ступень. Схема сооружений

The earth dam of run-of-river unit - Kuybishevskaya hydro-electric power station on Volga - is viewed. The main characteristics of earth dam, particularities of its construction and exploitation are presented. The factors that have changed initial design specifications of its exploitation are highlighted. Evaluation of geometrics of earth dam in different exploitation periods and potential causes of their tolerance are analyzed. Measures for exploitation reliability growth are proposed.

Key words: run-of-river unit, earth dam, cross-section of dam.

ГЭС, их компоновка и основные параметры подробно приводятся в [8] (рис. 1). Ввод ГЭС в эксплуатацию имел огромное народнохозяйственное значение и для сельского хозяйства, поскольку она давала возможность осуществлять орошение засушливых территорий области, и для промышленности региона, в связи с электроснабжением отраслей дешевой электроэнергией. А кроме этого, подъем уровня воды в Волге за счет наполнения водохранилища значительно улучшил судоходные условия и работу водного транспорта. Позже сооружение транспортных объектов по напорным сооружениям гидроузла позволило наладить железнодорожное и автомобильное сообщение между берегами реки Волги.

Автомобильная трасса и железная дорога были размещены непосредственно по гребню грунтовой плотины. Следует подчеркнуть, что грунтовая плотина Куйбышевского гидроузла вполне заслуженно может быть отнесена к уникальным гидротехническим объектам того времени. Она имела значительную длину, составляющую около 2800 м (рис. 2), и большую высоту, равную 50 м в русловой части и 27 м – в пойменной [8]. Плотина была возведена без противодиффузионных устройств с помощью средств гидромеханизации намывным способом

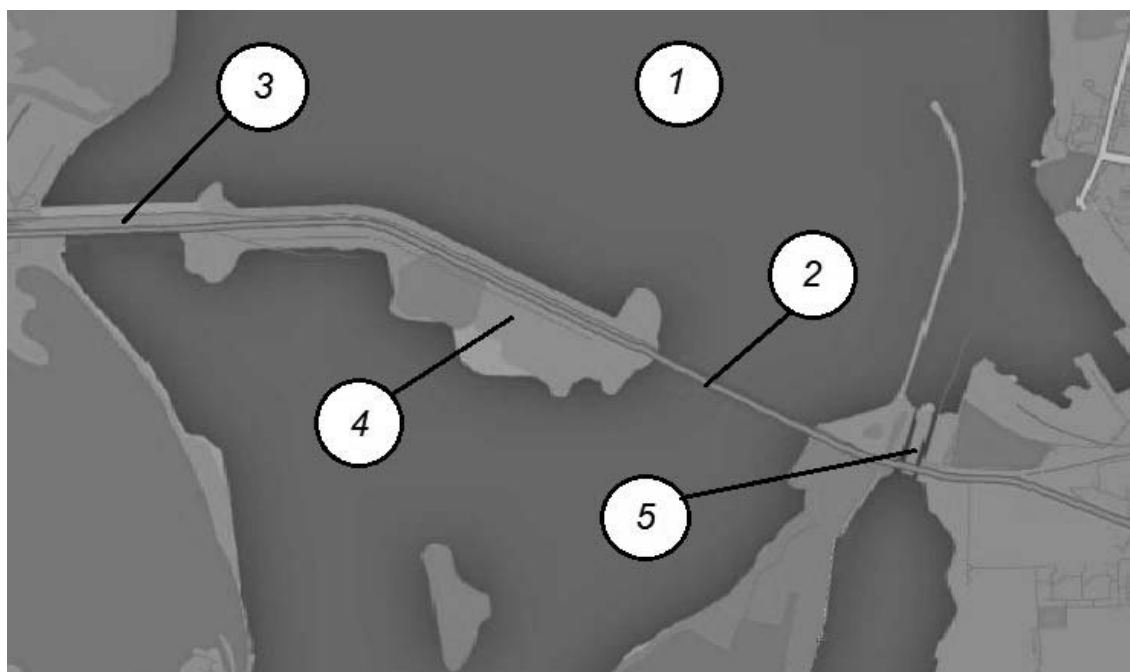


Рис. 1. Схема компоновки Куйбышевской гидроэлектростанции:
1 – водохранилище; 2 – бетонная водосливная плотина; 3 – агрегатное здание ГЭС; 4 – грунтовая плотина;
5 – шлюзовые сооружения [8]



Рис. 2. Общий вид грунтовой плотины (фото В.Е. Кондратьева)

(рис. 3) из мелкозернистых песков, поэтому ее тело является однородным.

Для выполнения требований обеспечения устойчивости откосов плотина запроектирована и выполнена с сильно распластанным профилем поперечного сечения [8]. Величины коэффициента заложения верхнего откоса в соответствии с проектом намывной грунтовой плотины были приняты переменными: от 6 – в русловой части плотины до 5,2 – в пойменной части плотины. Низовой откос запроек-

тирован с коэффициентами заложения: в русловой части – 9, а в пойменной части плотины – 6,5.

Откос тела плотины со стороны водохранилища укреплен бетонными плитами с размерами в плане 10x10x0,50 м – в зоне воздействия волн и 10x10x0,35 м – выше волнового воздействия. Плиты уложены по двухслойному обратному фильтру. Нижняя часть откоса и горизонтальные участки укреплены горной массой. Со стороны нижнего бьефа верхняя часть откоса плотины укреплена слоем



Рис. 3. Возведение грунтовой плотины (фото В.Е. Кондратьева)

щебеночного покрытия толщиной 0,2 м, а нижняя – камнем слоем 1 м по обратному фильтру.

Отметка гребня грунтовой плотины принята на 6,5 м выше НПУ – нормального подпорного уровня воды в водохранилище. Кроме того, для защиты плотины от высоких волн со стороны водохранилища на гребне плотины был предусмотрен парапет высотой 1,1 м.

За период своей длительной эксплуатации условия работы намывной плотины Куйбышевского гидроузла существенно изменились. В качестве примеров таких изменений можно назвать следующие.

Первое. Наполнение Саратовского водохранилища в 1967-1970 гг. привело к повышению уровня воды в верхнем бьефе реки Саратовского гидроузла вплоть до нижнего бьефа Куйбышевской ГЭС. В результате этого уровень воды в нижнем бьефе станции поднялся на величину, превышающую 1 м. Такое изменение уровня воды в нижнем бьефе на предстоящий период повлияло не только на снижение величины напора, действующего на гидроагрегаты ГЭС и, как следствие, на уменьшение выработки электроэнергии, но и на величину пропускаемого расхода воды через агрегаты и кавитационные условия их работы. Кроме того, и это главное, из-за повышения подпора уровня воды, несомненно, изменилось высотное положение кривой поверхности фильтрационного потока в теле грунтовой плотины. А подъем грунтовых вод в теле плотины, в свою очередь, мог стать причиной снижения устойчивости низового откоса плотины.

Второе. Со временем эксплуатации грунтовой плотины изменяются ее фильтрационные свойства,

поскольку за счет кольтматации изменяются физико-механические свойства грунта, составляющего тело плотины. Такие изменения могут также явиться причиной повышения высотных отметок кривой депрессии фильтрационного потока.

Третье. В последнее десятилетие значительно увеличилась нагрузка на плотину от железнодорожного и автомобильного транспорта. Причина – в том, что с целью повышения пропускной способности транспортного перехода по грунтовой плотине в 2009 г. выполнена реконструкция автомобильной дороги, в результате которой автодорога стала четырехполосной. На рис. 4 приведен вид автодороги уже после реконструкции.

Увеличение нагрузки от автотранспорта, в результате которой возросло динамическое воздействие на грунтовую плотину (передаваемой на тело плотины вибрационного воздействия) совместно с насыщением водой грунтовыми потоками, может привести к разжижению грунта тела плотины и просадкам отдельных участков, что, в свою очередь, может значительно снизить устойчивость и прочность грунтовой плотины.

Четвертое. В последние годы ведется модернизация основного гидросилового оборудования гидроэлектростанции – замена обмоток ротора и статора гидрогенератора, а также замена гидротурбин. В результате такой работы выдаваемая мощность каждым из двадцати установленных на ГЭС гидроагрегатов увеличится со 115 до 125 МВт. Причиной повышения мощности при неизменном напоре, действующем на турбину, однозначно может являть-



Рис. 4. Общий вид на автомобильную дорогу по гребню грунтовой плотины (фото В.Е. Кондратьева)

ся только увеличение пропускной способности рабочего колеса (расхода воды, пропускаемого через турбину). Последствиями такой модернизации, кроме изменения гидравлических и кавитационных режимов работы самой гидротурбины, станет увеличение расхода воды на подходе к агрегатному зданию. Это также может сказаться на изменении уровня воды в водохранилище и гидравлических условий при подходе потока к турбинам.

В соответствии с планами мониторинговых работ по сооружению ГЭС дирекция объекта на регулярной основе заказывает обследования грунтовой плотины и прилегающей акватории с целью определения изменений параметров профиля тела грунтовой плотины и динамики дна вблизи плотины.

В последних отчетных материалах [8] подробно приводятся методы выполнения работ, в частности, что обследования подводных поверхностей осуществлялись с применением подводно-технического оборудования – однолучевого эхолота и интерферометрического гидролокатора бокового обзора, установленных на оборудованном катере. Результаты измерений представлялись в графическом изображении в виде профилей и поверхностных карт.

Выполненные ООО «СУПТР» обследования показали наличие участков профилей верхового откоса (а их было намечено 22) грунтовой плотины и отдельных зон ее поверхности с отметками, существенно отличающимися от проектных значений. Отмечены

следующие отклонения высотных отметок в сторону их понижения: на профиле 2 – до 2,8 м; на профиле 3 – до 2,6 м; на профиле 4 – до 3,2 м; на профиле 5 – до 6,8 м; на профиле 6 – до 5,0 м. При этом отклонения эти – не точечные, а протяженные. Так, по профилю 2 разница высот не менее 0,6 м распространяется на длине около 30 м, а по профилю 3 разница высотных отметок не менее 2,6 м – на длине 90 м. По профилю 4 разница отметок не менее 3,2 м отмечена на длине 37 м. Наихудший случай выявлен в области профилей 5 и 6, где величины отклонений 6 и 10 м отмечены на протяжении 87 и 105 м соответственно [8].

В [8] отмечается также, что подобные отклонения высотных отметок грунтовой плотины были описаны еще при ее обследовании, выполненном в 1958 г., материалы которого имеются в архиве дирекции ГЭС.

В качестве возможной природы появления отмеченных несоответствий в профиле плотины высказано следующее. Продольная ось грунтовой плотины в плане имеет явно выраженный излом (см. рис. 1). Это обстоятельство и еще особенность расположения здания ГЭС (в правобережной части гидроузла) обусловили косою подвод воды к агрегатам. При этом угол между осью подводящего канала ГЭС и осью грунтовой плотины составляет около 50 град. Из-за этих особенностей в начальный период эксплуатации возникали значительные скорости вдоль берегового течения, которые могли превышать допустимые скорости на размыв грунтов тела плотины. Кроме того,

указывается и на возможное негативное воздействие волн и появление вертикальных водоворотов и горизонтальных вихрей при скатывании волн по откосу (рис. 5). В связи с этим делается вывод, что потоконаправляющая дамба, размещенная между грунтовой плотиной и подводящим каналом к агрегатному зданию, не исполнила своей функции по защите плотины от размыва и даже способствовала размыву откоса плотины на отмеченных выше участках.

Представляется весьма маловероятным такое значительное разрушающее воздействие указанных выше факторов на откос грунтовой плотины. В качестве аргументов приведем следующее.

Первое. В предположении не учтены особенности уровневого режима водохранилища при его наполнении. В самом деле, водохранилище было заполнено в короткие сроки. Оно началось в ноябре 1955 г. и постепенно к январю 1956 г. уровень водохранилища был поднят на 9 м. Далее, в половодье 1956 г. уровень воды был повышен еще на 9 м. И затем, в половодье 1957 г., водохранилище было наполнено до отметки НПУ [8]. Отметим, что откос грунтовой плотины в зоне воздействия волн при НПУ защищен бетонными плитами. Заметим также, что отклонения от проектных отметок были описаны уже в 1958 г. Известно, что с января 1956 г. до начала половодья поверхность воды в водохранилище была покрыта льдом. Это подтверждают данные о состоянии ледяного покрова на 17 апреля 1956 г., приведенные на рис. 1.6, [8, с.]. Исходя из анализа особенностей наполнения водохранилища, следует,

что для возможного размыва откоса грунтовой плотины имелся слишком короткий отрезок времени, а именно – летне-осенний период 1956 г.

Второе. Преувеличено значение волн как источника разрушающего воздействия на откос плотины. Волны на водной поверхности образуются от ветрового влияния. Параметры ветрового волнения (высота волны, высота ветрового нагона, высота наката волны на откос) зависят от ряда факторов, наиболее важными из которых являются скорость ветра и длина разгона волны. Анализ скоростей ветра в районе Куйбышевской ГЭС за 10-летний период наблюдений [9] позволил получить кривую повторяемости скорости ветра, приведенную на рис. 6. Из нее следует, что в летний период максимальные скорости ветра не превышают 12 м/с, а вероятность появления ветров со скоростью, превышающей 8 м/с, составляет всего 5 %. Далее, в летне-осенний период 1956 г. водохранилище было наполнено только частично. Уровень воды в нем был на отметке около 45.0 м, что значительно меньше НПУ, составляющей 53.0 м. При таком уровне воды в водохранилище его размеры (в первую очередь, длина) значительно меньше проектной величины. Это означает, что и длина разгона волны существенно меньше. Отмеченные обстоятельства сильно снижают разрушающую роль ветровых волн при их воздействии на грунтовую плотину за весьма короткий период времени.

Третье. Не учтены фактические данные о величинах расхода воды, пропускаемого через агрегаты ГЭС в анализируемый период. Так, на рис. 7 приве-

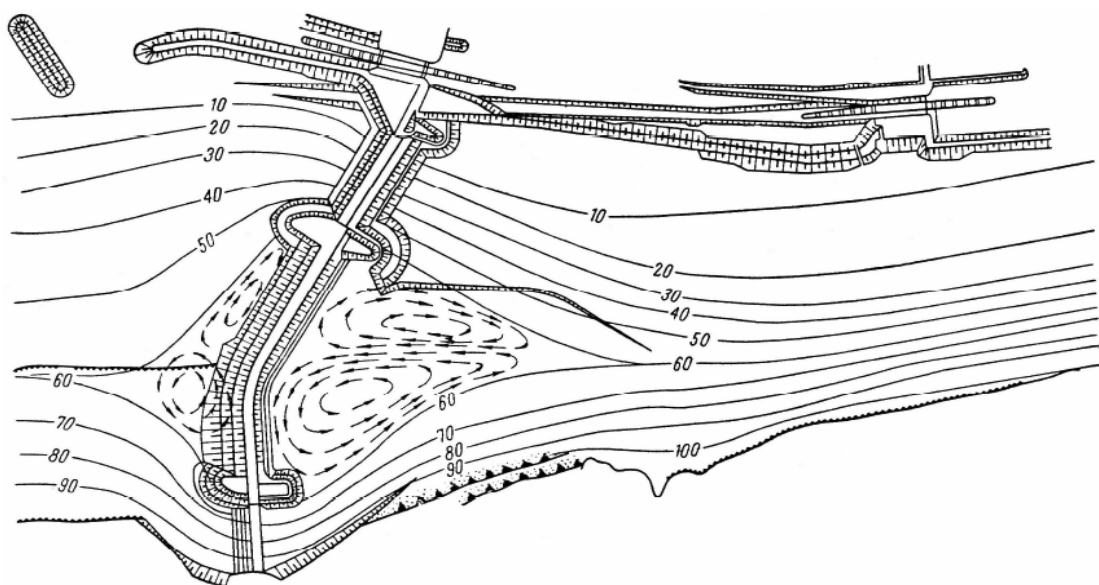


Рис. 5. План течения потока [8]

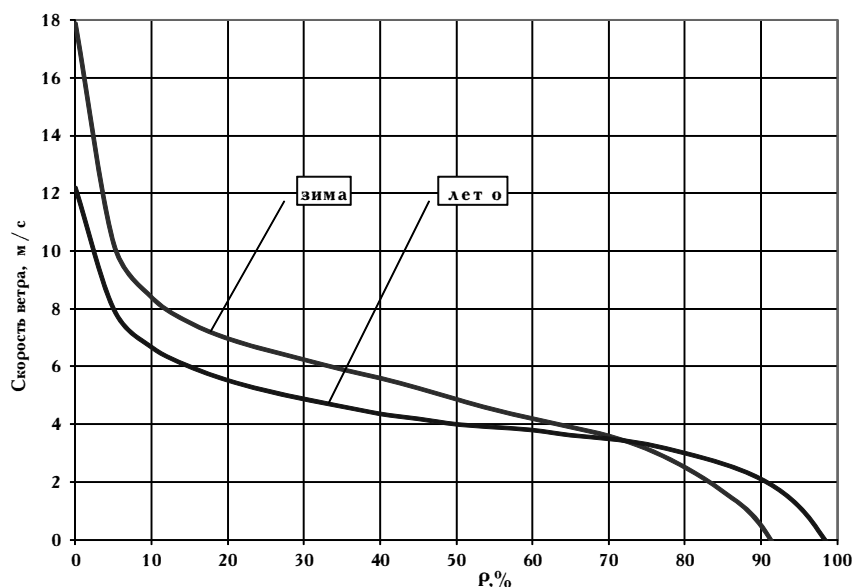


Рис. 6. Кривые повторяемости скорости ветра в районе Яблоневого оврага

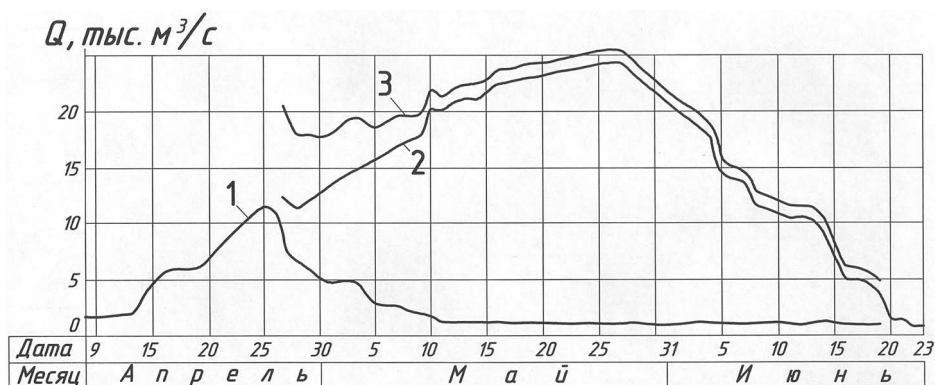


Рис. 7. График пропуска паводка 1956 г. через сооружения Куйбышевского гидроузла: 1 – расход воды через здание ГЭС; 2 – через водосливную плотину; 3 – суммарный расход

ден график пропуска расходов воды через сооружения гидроузла в весенне-летний период 1956 г. по сведениям [8]. Из графика следует, что через здание ГЭС максимальные расходы величиной до 10-13 тыс м³ пропускались лишь в период 23-26 апреля, а после 11 мая расход не превышал 1,2 тыс.м³. Заметим, что площадь поперечного сечения в самом сжатом месте подводящего канала на подходе к ГЭС, в качестве которого можно принять сечение канала по гребню затопленной перемычки, составляла 7593 м³ (рис. 8).

Таким образом, средняя скорость течения воды в подводящем канале на подходе к ГЭС составила в течение 4 дней величину $10000/7593 = 1,32$ м/с. Далее, средняя скорость течения быстро, уже к середине мая того же года, уменьшилась до значения $1200/7593 = 0,16$ м/с. Отметим также, что наибольшие значения скоростей обычно наблюдаются в средней части по-

тока в области наибольшей его глубины. В прибрежной зоне скорости потока обычно меньше. Скорости же водного потока вдоль берегового течения у откоса плотины вблизи 5-6 профилей, очевидно, еще меньше. Указанные выше значения скоростей в большую часть времени (за исключением нескольких дней) были ниже размывающих величин, которые для мелких песков составляют 0,2-0,4 м/с [10, с. 256] и [<http://www.ngpedia.ru/id435698p2.html>].

Четвертое. Не приняты во внимание существенные различия в условиях, которые соответствовали рассматриваемому периоду времени и которые смоделированы для получения картины течения, представленной на рис. 5. Так, план течения на рисунке получен, по видимости, на плоской модели при уровне воды в водохранилище, соответствующем отметки НПУ. Кроме того, рассмотрены условия пропуска

теоретически возможных, но невероятно больших расходов воды через сооружения гидроузла, величина которых составляет 71 тыс. м³/с. Фактические же условия работы гидроузла в весенне-летний период 1956 г. совершенно иные как по глубине потока на подходе к ГЭС (уровню воды в водохранилище), так и по величине пропускаемого расхода, значения которых приведены выше. Не соблюдены условия подобия модели натурным условиям. В связи с этим и гидравлические параметры течения воды для фактических условий будут совершенно другими. В частности, вторичных водоворотных зон с вертикальной осью у откоса грунтовой плотины, скорее всего, образовываться не будет.

На основании выполненного анализа можно заключить о несостоятельности предложенного выше объяснения природы значительного отклонения профиля и высотных отметок верхового откоса грунтовой плотины от проектных значений в короткий период ее начальной эксплуатации. Должны быть рассмотрены и другие возможные причины.

В частности, наиболее вероятной причиной отмеченного уже в 1958 г. несоответствия профиля грунтовой плотины может быть ее начальная нестроенность, т.е. первоначальное возведение тела плотины не до полного проектного профиля (не до проектных высотных значений). В самом деле, огромные объемы земляных работ, осуществляемых на значительной по площади территории из-за распластанного поперечного сечения намывной плотины, большое количество строительной техники (см. рис. 3), весьма сжатые сроки выполнения строительных работ и жесткие временные графики по наполнению водохранилища с целью скорейшего пуска гидроагрегатов ГЭС в эксплуатацию могли стать

причиной возведения грунтовой плотины на отдельных ее участках (кстати, затопляемых при повышении уровня воды в водохранилище) не до полного проектного профиля.

Возможны и другие причины. Например, просадка грунтов, из которых было возведено тело плотины, из-за постоянного их переувлажнения грунтовыми водами. Можно отметить также наличие различных грунтов в теле плотины, которые также могли повлиять на величину просадки. В частности, на с. 66 [8] говорится о том, что на отметке ниже 30,0 в теле плотины были оставлены необработанными покровные суглинки.

В любом случае, отмеченные несоответствия фактического профиля грунтовой плотины проектному решению не являются положительным фактором и не добавляют уверенности в сохранении и (или) повышении ее эксплуатационной надежности. Несогласия могут стать причинами неблагоприятных проявлений. Так, на с. 67 [8] в выводах по обследованию фильтрационного режима плотины отмечается, что депрессионная поверхность в теле грунтовой плотины на участке между ее пойменной и русловой частями на 2,5 м выше, чем на обследованных других участках. Возможно, причинами такого подъема уровня фильтрационных вод являются имеющиеся в теле плотины слои суглинка. Но, возможно, негативную роль сыграло и несоответствие отметок профиля.

В настоящее время по отношению к гидротехническим сооружениям повышенное внимание уделяется обеспечению их надежности [11-31]. Поэтому представляется целесообразным выполнить работы по корректировке участков поверхности верхового откоса плотины до их проектного положения.

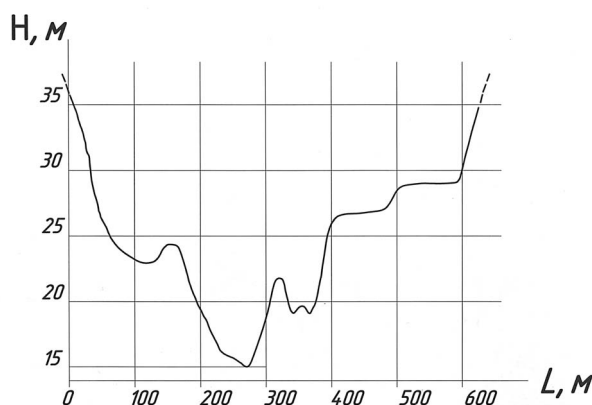


Рис. 8. Профиль поперечного сечения подводящего канала Куйбышевской ГЭС по гребню затопленной перемычки по промерам 1956 г.: H – отметка дна; L – расстояние от уреза левого берега

Для этого можно рекомендовать известные технологические подходы, а именно, отсыпку песчаного грунта на участки непосредственно с водного транспорта под воду до достижения ими проектных отметок. Поверх отсыпанного грунта можно дополнительно покрыть участки поверхности щебеночным материалом.

Предлагаемые мероприятия, несомненно, обеспечат улучшение фильтрационных условий и повышение эксплуатационной надежности грунтовой плотины.

Выводы. 1. Для гидротехнических сооружений крупных гидроузлов, построенных в 50-е гг. прошлого века на равнинных реках, с течением времени могут существенно измениться условия эксплуатации по сравнению с проектными. Эти изменения могут отрицательно повлиять на надежность сооружений. В связи с этим очень важно вести постоянные наблюдения за состоянием сооружений и принимать меры по повышению их эксплуатационной надежности.

2. Изменения условия эксплуатации грунтовой намывной плотины Куйбышевской ГЭС обусловлены: подъемом уровня воды в нижнем бьефе станции в связи с наполнением водохранилища нижерасположенной Саратовской ГЭС, изменением физико-механических свойств грунта тела плотины вследствие кольматации, увеличением нагрузки на плотину от железнодорожного и автомобильного транспорта, а также проводимой модернизацией основного гидросилового оборудования гидроэлектростанции.

3. Выполненный анализ результатов обследований геометрических параметров тела грунтовой плотины Куйбышевской ГЭС и выявленных отклонений высотных отметок верхового откоса плотины показал следующее. При поиске причин отклонений высотных отметок поверхности откоса необходимо учитывать: особенности уровневого режима водохранилища при его наполнении, роль и значение ветровых волн как источника разрушающего воздействия на откос плотины, фактические параметры пропускаемых расходов воды через сооружения ГЭС и скоростей водного потока на подходе к ним, а также соблюдать условия подобия (критериев подобия) при применении модельных исследований.

4. Наиболее вероятной причиной отмеченных еще в 1958 г. несоответствий высотных отметок верхового откоса грунтовой плотины Куйбышевской ГЭС по сравнению с проектными решениями является ее начальная недостроенность до полного проектного профиля, обусловленная сжатыми сроками строи-

тельства и жестким временным графиком наполнения водохранилища для пуска гидроагрегатов ГЭС.

5. Для повышения эксплуатационной надежности грунтовой плотины рекомендуется проведение ремонтных работ по корректировке участков поверхности верхового откоса плотины до их проектного положения. В частности, на недостроенные участки целесообразно выполнить отсыпку песчаного грунта и дополнительно пригрузить их щебеночным материалом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бальзанников М.И., Иванов Б.Г., Михасек А.А. Система управления состоянием гидротехнических сооружений // Вестник МГСУ. 2012. № 7. С. 119-124.
2. Бальзанников М.И., Кругликов В.В., Михасек А.А. Противопаводковый защитный контур жилого района // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. Вып. № 2 (10). С. 69-74.
3. Бальзанников М.И., Кругликов В.В., Михасек А.А. Обеспечение защиты городской территории от затопления паводковыми водами // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 11. С. 61-64.
4. Balzannikov M.I., Rodionov M.V. Extending the operating life of low embankment dams in Russia [Увеличение срока эксплуатации низконапорных грунтовых плотин в России] // International journal on Hydropower and Dams. 2013. № 6. Pp. 60-63.
5. Бальзанников М.И., Родионов М.В., Сеницкий Ю.Э. Повышение эксплуатационной надежности низконапорных гидротехнических объектов с грунтовыми плотинами // Приволжский научный журнал. 2012. № 2. С. 35-40.
6. Бальзанников М.И., Пияевский С.А., Родионов М.В. Совершенствование конструкций низконапорных грунтовых переливных плотин // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 5. С. 52-59.
7. Бальзанников М.И., Шакарна С.М. Вероятностная оценка устойчивости откосов грунтовых плотин // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. Вып. № 1. С. 92-95.
8. Романов А.А. Жигулевская ГЭС. Эксплуатация гидротехнических сооружений. Самара: Издательский дом «Агни», 2010. 360 с.
9. Бальзанников М.И. Решение проблем развития энергетики на основе возобновляемых источников энергии в Среднем Поволжье // Научная школа академика Ю.С. Васильева в области энергетики и охраны окружающей среды: Сб. научн. тр. СПб.: СПбГПУ. 2004. С. 25-39.
10. Чугаев Р.Р. Гидравлика. Л.: Энергоиздат, 1982. 672 с.
11. Бальзанникова Е.М. Влияние рек на формирование промышленных территорий города Самары // Научное обозрение. 2014. № 6. С. 49-55.
12. Мещерякова З.В., Катков И.А., Михасек А.А. Реконструкция малых ГЭС // Międzynarodowa konferencja naukowa II Okrągły stół Hydroenergetyki Wisła – Wołga, Wrocław, 2004. Pp. 60-63.

13. Шабанов В.А., Михасек А.А. Экспериментальное исследование проникновения вязкой жидкости в пористую среду // Известия вузов. Строительство. 2006. № 11-12. С. 52-56.
14. Шабанов В.А., Михасек А.А. Технология создания противofильтрационного устройства в «жестких насыпях» // Монтажные и специальные работы. 2006. № 11. С. 11-13.
15. Михасек А.А. Результаты исследования технологии возведения противofильтрационных элементов в плотинах проливкой быстротвердеющими материалами // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. Вып. № 1. С. 96-98.
16. Сеницкий Ю.Э., Михасек А.А. Обеспечение надежности создания противofильтрационного элемента в плотинах из каменных материалов // Приволжский научный журнал. 2012. № 2. С. 58-62.
17. Пиявский С.А., Евдокимов С.В. Обоснование конструкций водопропускных гидротехнических сооружений в условиях неопределенности // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 6. С. 36-43.
18. Романов А.А., Иванов Б.Г., Евдокимов С.В. Оценка сейсмостойкости основных гидротехнических сооружений Жигулевской ГЭС // Природообустройство. 2012. № 5. С. 49-53.
19. Евдокимов С.В., Дормидонтова Т.В. Оценка надежности гидротехнических сооружений // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2012. Вып. № 1 (5). С. 49-53.
20. Евдокимов С.В., Дормидонтова Т.В. Критерии оценки надежности и технического состояния гидротехнических сооружений // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. Вып. № 2. С. 105-109.
21. Евдокимов С.В. Новые конструкции энергетических установок на основе ВИЭ, обеспечивающие эффективность и надежность их работы // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 8. С. 35-38.
22. Евдокимов С.В. Проблемы безопасности строительства энергетических установок, аккумулирующих нетрадиционные (возобновляемые) источники энергии // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2012. Вып. № 2 (6). С. 68-74.
23. Леонов О.В., Романов А.А., Евдокимов С.В. Анализ сейсмических условий района расположения Жигулевской ГЭС // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. Вып. № 2. С. 109-114.
24. Романов А.А., Леонов О.В., Евдокимов С.В. Сейсмостойкость грунтов основания и конструкций основных сооружений Жигулевской ГЭС // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. Вып. № 4. С. 66-72.
25. Свитала Ф., Евдокимов С.В. Каскады малых ГЭС Польши // Энергоаудит. 2007. № 1. С. 36-37.
26. Свитала Ф., Галицкова Ю.М., Евдокимов С.В. Особенности конструкций гидротехнических сооружений и агрегатных зданий первых гидроэлектростанций // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 12. С. 87-90.
27. Иванов В.М., Иванова Т.Ю., Воронин А.И., Пчелинцев С.Г., Рожков П.В. Перспективы и технические возможности использования малых ГЭС в Северо-Кавказском федеральном округе. Ставрополь: Изд-во СевКавГТУ, 2012. 251 с.
28. Rodionov M.V. Experience of construction of earth structures with the application of geosynthetics in difficult climatic conditions [Опыт строительства грунтовых сооружений с применением геосинтетических материалов в сложных климатических условиях] // The 2nd international conference on geotechnics for sustainable development GEOTEC HANOI 2013. 28-29 November, Hanoi, Vietnam. 2013. Pp. 399-402.
29. Михасек А.А., Родионов М.В., Литвинова М.Г. Использование геотекстильных материалов в конструкции верхового откоса грунтовой плотины // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2014. С. 398-401.
30. Родионов М.В., Литвинова М.Г. Расчет берегоукрепительных бетононаполняемых текстильных матов в условиях волновых воздействий // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2014. С. 464-467.
31. Родионов М.В. Песчаные сваи в текстильных облочках для усиления слабых грунтов при строительстве грунтовых плотин // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2014. С. 489-492.

© Бальзанников М.И., 2015

Об авторе:

БАЛЬЗАННИКОВ Михаил Иванович

доктор технических наук, профессор кафедры природоохранного и гидротехнического строительства Самарский государственный архитектурно-строительный университет
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,
тел. (846)242-17-84

BAL'ZANNIKOV Mikhail I.

Doctor of Engineering Science, Professor of the Environmental and Hydraulic Engineering Chair, Rector Samara State University of Architecture and Civil Engineering
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,
tel. (846) 242-21-71

Для цитирования: Бальзанников М.И. Анализ результатов обследований деформации тела грунтовой плотины руслового гидроузла // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. Вып. № 1(18). С. 62-70.