РАО «ЕЭС РОССИИ»

Открытое акционерное общество
“ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ имени Б.Е.ВЕДЕНЕЕВА”

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО АНАЛИЗУ ДАННЫХ И КОНТРОЛЮ СОСТОЯНИЯ ВОДОСБРОСНЫХ СООРУЖЕНИЙ И НИЖНИХ БЬЕФОВ ГИДРОУЗЛОВ

П 75 – 2000
ВНИИГ

Санкт-Петербург
2000

gost.e-ecolog.ru

РАО «ЕЭС РОССИИ»

Открытое акционерное общество
"ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ имени Б.Е.ВЕДЕНЕЕВА"

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО АНАЛИЗУ ДАННЫХ И КОНТРОЛЮ СОСТОЯНИЯ ВОДОСБРОСНЫХ СООРУЖЕНИЙ И НИЖНИХ БЬЕФОВ ГИДРОУЗЛОВ

П 75 – 2000
ВНИИГ

Санкт-Петербург
2000

УДК 627.831/835

Документ содержит общие рекомендации по контролю и анализу состояния водосбросных сооружений и нижних бьефов гидроузлов. Приводятся основные требования к организации системы контроля, оснащению сооружений контрольно-измерительной аппаратурой и к анализу получаемых в результате наблюдений данных. Даются рекомендации по периодичности наблюдений, в том числе визуальных, и оценке состояния водосбросных сооружений и нижнего бьефа.

Рекомендации предназначены для эксплуатационного персонала гидроузлов различного назначения, сотрудников научно-исследовательских, проектных и других организаций, участвующих в работах по контролю состояния водосбросов и нижних бьефов с целью обеспечения безопасной эксплуатации гидроузлов.

© ОАО "ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева", 2000

ПРЕДИСЛОВИЕ

Главная задача проведения натурных наблюдений за водосбросными сооружениями гидроузлов и прилегающими участками нижних бьефов – это получение материалов, необходимых для обеспечения их эксплуатационной надежности.

Получаемые в результате наблюдений данные позволяют контролировать надежность и безопасность сооружений, корректировать в отдельных случаях режимы их эксплуатации, оценивать состояние сооружений. Накопление и систематизация материалов натурных наблюдений дает возможность совершенствовать проектирование и строительство новых объектов, совершенствовать правила эксплуатации гидроузлов.

Основными требующими контроля вопросами наблюдений за водосбросными сооружениями являются: пропускная способность водосброса, состояние его поверхностей, режимы потока в пределах водосброса, гидродинамические (в том числе кавитационные) воздействия на сооружение, условия гашения энергии и состояние энергогасящих устройств в нижнем бьефе, развитие местного размыва русла и берегов, изменение уровня нижнего бьефа при трансформации русла на большом удалении от сооружения.

В Рекомендациях излагается общий порядок организации и способов наблюдений. Особое внимание уделяется визуальному обследованию объектов. Рекомендации составлены в отделе гидравлики сооружений и техводоснабжения ОАО "ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева" заведующим отделом А.Б. Векслером и ведущим научным сотрудником лаборатории гидравлики сооружений, русел и акваторий, канд. техн. наук А.П.Войновичем.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Назначение и область применения

1.1. В документе изложены общие рекомендации по контролю и анализу состояния водосбросных сооружений и нижних бьефов гидроузлов. Приводятся основные требования к организации системы контроля и к анализу получаемых в результате контроля данных.

1.2. Рекомендации предназначены для эксплуатационного персонала гидроузлов различного назначения, сотрудников научных, проектных и других организаций, участвующих в работах по контролю состояния водосбросов и нижних бьефов с целью обеспечения нормальной работы гидроузлов.

1.3. Использование рекомендаций требует от персонала, выполняющего работы по контролю и анализу, квалификации на уровне не ниже среднего специального образования.

1.4. Рассматриваются водосбросы, предназначенные для пропуска из верхнего в нижний бьеф или в бассейн соседней реки излишков воды в период прохождения паводков, а также режимных попусков по санитарным условиям, по обеспечению работы ГЭС в каскаде или по требованиям водного транспорта. При этом имеются ввиду как основные водосбросы, предназначенные для сброса расходов основного расчетного случая, так и резервные (вспомогательные) водосбросы, к которым предъявляются существенно меньшие требования по их сохранности (качеству обработки обтекаемых

Внесены ОАО «ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева»	Утверждены РАО «ЕЭС России» Письмо № 02-1-03-4/616 от 03.07.98.	Срок введения в действие III кв. 2000 г.

поверхностей, условиям возникновения неблагоприятных кавитационных явлений, креплению отводящего тракта, размывам в нижнем бьефе и т. п.) при пропуске расчетных расходов редкой повторяемости (поверочный случай) (см. СНиП 2.06.01-86, а также [1]). В основном, в Рекомендациях рассматриваются вопросы, связанные с эксплуатацией открытых водосбросов.

Особенности, связанные с контролем состояния туннельных и, в какой-то степени, трубчатых водосбросов освещаются в "Рекомендациях по проведению гидравлических натурных наблюдений и исследований туннелей "*. Для контроля же состояния входных оголовков глубинных водосбросов с незатопленным входом следует пользоваться настоящими Рекомендациями. Отводящие участки глубинных водосбросов, в зависимости от конструктивного выполнения и гидравлического режима работы, могут быть отнесены к аналогичным участкам открытых водосбросов или туннельных и трубчатых.

Специфические вопросы вибрации сооружений, влияния вибрации на эксплуатационные и прочностные свойства конструкции освещаются в "Рекомендациях по натурным исследованиям и постоянным наблюдениям за вибрацией гидротехнических сооружений электростанций"*.

Рекомендациями не затрагивается и обширная область эксплуатации водосбросных сооружений, связанная с механическим оборудованием (затворы и затворные камеры) [1].

1.5. Рекомендации распространяются на водосбросы, сопрягающие сбросной поток с нижним бьефом как с помощью энергогасящих сооружений (водобой, водобойный колодец с различными гасителями, рисберма), так и по схеме отброшенной струи.

1.6. При оценке состояния нижнего бьефа рассматриваются два участка: участок местных деформаций русла ("ближний бьеф") и участок общих переформирований ("дальний бьеф"), в пределах которого происходит трансформация русла.

1.7. Участок местных деформаций непосредственно примыкает к гидроузлу. На нем происходит дополнительное гашение избыточной энергии сбросного потока и его расширение, приближение режима течений к бытовому. На этом же участке гасится значительная часть избыточной энергии сбросного потока при сопряжении бьефов отброшенной струей.

1.8. Трансформация русла с изменением уровенного режима реки на значительном ее протяжении является следствием зарегулирования стока и осаждения наносов в водохранилище. Дополнительно на уровенный режим реки в нижнем бьефе влияют землечерпательные работы, спрямления русла,

* Указанные рекомендации предполагается опубликовать в 2000 г.

берегоукрепительные работы, строительство мостовых и других переходов, набережных, причальных сооружений и т. п.

1.9. Отмеченные в пп. 1.7. и 1.8 обстоятельства, определяя положение уровня воды непосредственно у отсасывающих труб электростанции, влияют на выработку электроэнергии, могут (при существенном снижении или повышении уровней) привести к нарушению проектных условий работы ГЭС, водопропускных и напорных сооружений гидроузлов.

1.10. На основании настоящих Рекомендаций, СНиП 2.06.01-86, СНиП 2.06.09-84, РД 34.20.501-95 и ТИ 34-70-016-82 для каждого конкретного объекта, с учетом класса сооружений, должна составляться местная инструкция по проведению натурных наблюдений и первичному анализу их результатов.

1.11. Исходным моментом начала наблюдений служит период, непосредственно предшествующий началу эксплуатации сооружения.

При этом необходимо учитывать, что в строительный период из-за стеснения русла и использования различных схем пропуска расходов на участке ближнего бьефа могут произойти значительные деформации русла по сравнению с бытовым и проектным его состоянием. В дальнейшем, как правило, наблюдения проводятся при пропуске сбросных расходов и непосредственно после пропуска с периодичностью, указанной в п. 5.3.

1.12. В состав работ по контролю состояния любых водосбросных сооружений и нижнего бьефа входят следующие наблюдения и исследования:

измерение скоростей течения и определение расхода воды в нижнем бьефе, а при технической возможности – в пределах сооружения;

определение уровней воды в пределах подходного участка, сооружения и в нижнем бьефе;

изучение изменения связи расходов и уровней в нижнем бьефе;

наблюдения за гидравлическим режимом в пределах водосбросного сооружения, на подходе к нему и в зоне нижнего бьефа, непосредственно прилегающей к сооружению;

геодезические и гидрометрические съемки рельефа дна и берегов на участке местных деформаций русла, а при необходимости на большем удалении от гидроузла;

осмотр обтекаемых потоком поверхностей, в том числе и скальных (без обделки), по всей трассе сооружения, включая и подводящий участок, и фиксация их состояния с помощью различных съемок (фотографическая, геодезическая, стереофотограмметрическая и т. п.);

подводное обследование находящихся под водой участков сооружения (водолазное и с применением современной аппаратуры с записью показаний);

измерение осредненной и пульсационной составляющих давления;

фиксация аэрации потока в пределах сооружения;

оценка кавитационной и абразивной эрозии, а также иных повреждений бетонных поверхностей;

наблюдения за образованием наледей в пределах водосбросных сооружений с фиксацией их нарастаний в течение морозного периода;

наблюдения за состоянием ледяного покрова на подходе к водосбросу и на участке энергогасящих сооружений (водобойные колодцы различных типов).

1.13. Определение расходов воды необходимо для установления пропускной способности гидроузла; фиксация уровней нижнего бьефа, отвечающих определенным расходам, позволяет строить фактические кривые связи расходов и уровней, а также следить за изменением этой важной характеристики условий работы гидроузла. При этом створ измерения уровней, положение которого существенно зависит от конкретной компоновки сооружений, должен выбираться в зоне полного восстановления энергии суммарного потока от водосбросов и станции. Контроль положения кривой связи желательно проводить ежегодно.

1.14. Определение уровня воды и, в ряде случаев, воздухонасыщения (аэрации) потока в пределах сооружения необходимо, чтобы судить о степени его наполнения и соответствия работы водосброса проектным предпосылкам. С этой же целью производятся и измерения скорости течения. В отдельных случаях такие измерения позволяют уточнить пропускную способность водосбросов.

1.15. Измерение уровней и скоростей течения в нижнем бьефе должны проводиться также для сопоставления фактического режима с запроектированным и корректировки (при необходимости и возможности) режима работы водосбросного сооружения.

1.16. Наблюдения за гидравлическим режимом необходимы для того, чтобы установить его отклонения от предусмотренного проектом. Отклонения свидетельствуют о каких-то существенных изменениях в состоянии сооружения или нижнего бьефа или о нарушении правил эксплуатации (РД 34.20.501-95).

1.17. Геодезические и гидрометрические съемки русла и берегов производятся для оценки их переформирований и сопоставления с прогнозируемыми, корректировки прогноза и, при необходимости, разработки мероприятий по снижению подпора ГЭС баром, образующимся в результате отложения продуктов размыва.

1.18. Осмотр сооружений, в том числе подводный, до и после пропуска паводков позволяет выявить наличие значительных вывалов скалы и повреждения бетонных поверхностей. Должна быть дана оценка общей динамики процесса повреждений. Следует различать дефекты производства ра-

бот (непроработанный или замороженный бетон, неровности, раковины, обнаженная арматура, выступы на стыках опалубки и т. п.) и повреждения и разрушения при силовом, абразивном и кавитационном воздействиях. Подводное обследование может своевременно установить наличие повреждений или подмывов, угрожающих целостности и устойчивости концевых участков сооружений.

1.19. Измерение осредненной и пульсационной составляющих гидродинамического давления позволяет оценить:

потери напора;

нагрузки на обтекаемые поверхности;

осредненный уровенный режим (во многих случаях иные способы фиксации уровня крайне затруднительны).

1.20. Измерения концентрации воздуха в потоке у обтекаемых поверхностей необходимы для оценки надежности мероприятий, предпринятых для предотвращения кавитационной эрозии. Кавитационная эрозия, как и абразивная, может оцениваться непосредственно.

1.21. Наблюдения за состоянием ледяного покрова на подходе к водосбросу необходимы для организации пропуска льда через водосбросные сооружения.

1.22. Наблюдения за наледями должны производиться для своевременного принятия мер, предупреждающих опасные последствия их образования (силовое воздействие на конструкцию; заполнение водопроводящего тракта к моменту, когда он необходим для сброса паводковых расходов).

1.23. Наблюдения за состоянием ледяного покрова в пределах энергогасящих сооружений необходимы для принятия соответствующих мер, гарантирующих эффективную работу гасителей при пропуске паводка. Кроме того, в отдельных случаях эти наблюдения дают возможность прогнозировать статическое давление, оказываемое ледяным покровом на сооружение, и предупредить его повреждение.

1.24. Анализ состояния сооружений следует проводить на основе настоящих Рекомендаций в комплексе с "Рекомендациями по проведению гидравлических натурных наблюдений и исследований туннелей", "Рекомендациями по натурным исследованиям и постоянным наблюдениям за вибрацией гидротехнических сооружений", "Рекомендациями по анализу данных и проведению натурных наблюдений за напряженно-деформированным состоянием, раскрытием швов и трещин в бетонных и железобетонных сооружениях"*, а также нормативными документами и рекомендациями, указанными в п. 1.25.

---

* Указанные Рекомендации предполагается опубликовать в 2000 г.

Нормативные ссылки

1.25. В рекомендациях приведены ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 19185-73. Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения. М.: Госкомитет стандартов СМ СССР, 1973.

СНИиП 2.06.01-86. Гидротехнические сооружения речные. Основные положения проектирования. М.: Стройиздат, 1989.

СНиП 2.06.09-84. Туннели гидротехнические. М.: Стройиздат, 1985.

Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации / М-во топлива и энергетики РФ, РАО «ЕЭС России»: РД 34.20.501-95. – 15-е изд.перераб. и доп. М.: СПО ОРГРЭС, 1996.

Типовая инструкция по эксплуатации гидротехнических сооружений деривационных гидроэлектростанций / ТИ 34-70-016-82. М.: Союзтехэнерго, 1983.

Рекомендации по организации и проведению натурных наблюдений и исследований воздействия потока на гидротехнические сооружения и русло реки в нижнем бьефе. П 70-78 / ВНИИГ. Л., 1978.

Указания по организации натурных наблюдений и исследований на строящихся гидротехнических сооружениях: ВСН 01-74 / Минэнерго СССР. Л.: Энергия, 1974.

Методические рекомендации к составлению проекта размещения контрольно - измерительной аппаратуры в бетонных гидротехнических сооружениях: П 41-70/ВНИИГ, 1972.

Глубинные водосбросы и водоспуски гидроузлов (гидравлические расчеты): ВСН 38-70 / Минэнерго СССР. М.: Энергия, 1972.

Рекомендации по учету кавитации при проектировании водосбросных сооружений: П 38-75 / ВНИИГ. 1976.

Терминология

1.26. Термины, использованные в настоящих Рекомендациях, даны в трактовке ГОСТ 19185-73.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО КОНТРОЛЮ СОСТОЯНИЯ ВОДОСБРОСНЫХ СООРУЖЕНИЙ И НИЖНИХ БЬЕФОВ

2.1. Состояние сооружений гидроузла контролируется в соответствии с указаниями РД 34.20.501-95.

2.2. Организация натурных наблюдений в целом определяется ВСН 01-74. Как правило, на крупных гидроузлах эти наблюдения выполняет служба, входящая в состав гидроцеха.

Исследования водосбросных сооружений и нижних бьефов организуются и проводятся в соответствии с П 70-78/ВНИИГ.

2.3. Конкретные условия гидроузла учитываются местными инструкциями по наблюдениям, контролю и анализу состояния сооружений. Эти инструкции в обязательном порядке должны быть составлены проектной организацией с участием научно-исследовательских специализированных организаций для гидроузлов I-III класса, а также для гидроузлов IV класса при высоте плотины более 15 м.

2.4. Для проведения работы служба натурных наблюдений должна иметь в своем распоряжении исполнительную документацию с планово-высотной привязкой первичных датчиков, вторичных преобразователей, а также их тарировки и результаты исследований на предшествующих этапах (ВСН 01-74/Минэнерго). При соответствующем оснащении гидроузла показания приборов должны выводиться на центральный пульт автоматизированной системы диагностического контроля (АСДК) при сохранении возможности индивидуального, выборочного считывания результатов на промежуточных контрольных пунктах.

2.5. При проведении наблюдений работники службы должны вносить их результаты в компьютерную базу данных или журналы наблюдений и заполнять документацию, указанную в местной инструкции и соответствующую П 70-78/ВНИИГ.

2.6. Руководитель службы натурных наблюдений и ее основные работники должны проходить специальные курсы повышения квалификации.

2.7. При необходимости к работам по наблюдениям за состоянием водосбросных сооружений (специальные вибрационные, кавитационные исследования, русловые съемки, измерения расходов и т.п., например, [2 – 4]) привлекаются специализированные научно-исследовательские, проектные и изыскательские организации.

2.8. В случае проведения комплексных исследований несколькими организациями, как правило, одна из них, обычно научно-исследовательская организация, обосновывавшая проектирование объекта, назначается ведущей.

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОСНАЩЕНИЮ КИА

3.1. Система КИА предназначена для предупреждения о возникновении опасных ситуаций и получения натурных данных, необходимых для обеспечения надежности и безопасности эксплуатации сооружения и гидроузла в целом (П 41-70/ВНИИГ).

3.2. КИА, предназначенная для оценки воздействия потока на сооружение, включает датчики давлений, скорости потока, аэрации, кавитации и уровней. Предусматриваются системы для определения абразивного и кавитационного износа бетонных поверхностей, их выветривания и размыва в нижнем бьефе или по трассе необлицованного водосбросного сооружения.

3.3. Схема размещения КИА должна разрабатываться при составлении проекта с учетом программы натурных наблюдений на основе результатов расчетов и лабораторных исследований. Первичные датчики располагаются в зонах, где можно ожидать проявление отрицательных последствий воздействия потока на сооружение. На объектах, для которых в процессе проектирования проводились лабораторные гидравлические исследования, в большинстве случаев целесообразно размещать приборы также и в местах, соответствующих местам измерений на моделях.

3.4. Для контроля кавитации в зонах возможного понижения давления, главным образом, при скоростях течения транзитного потока более 15 м/с следует устанавливать датчики давления и датчики аэрации. Желательно размещение датчиков давления во взаимно перпендикулярных створах, расположенных вдоль и поперек потока.

3.5. Положение уровней воды в верхнем и нижнем бьефах и, где возможно, в пределах водопроводящего тракта необходимо контролировать на водпостах, снабженных уровнемерами. Показания основных постов должны быть выведены на диспетчерский пункт станции и на АСДК. По всему тракту должен быть размечен заметными знаками пикетаж и установлены водомерные рейки или сделана соответствующая разметка.

3.6. Для фиксации состояния водной поверхности в пределах быстротоков и сопрягающих концевых устройств целесообразно использование фототеодолитной съемки.

3.7. Фототеодолитная стереосъемка может быть использована также при оценке переформирования русла и берегов в зоне местного размыва, в особенности при подмыве крутых береговых склонов, где обычный наземный метод геодезической съемки невозможен.

3.8. Контроль за подмывом концевого участка бетонного крепления ведется с помощью дистанционных приборов, размещаемых послойно в шурфах за низовым краем бетонного крепления.

3.9. При недостатке или выходе из строя приборов КИА особую роль приобретает визуальная оценка состояния сооружения, а также наблюдения за гидравлической картиной по трассе водосброса и в нижнем бьефе (пп.5.5- 5.22).

4. ТИПЫ КИА

4.1. Некоторые данные об измерительных приборах (первичных преобразователях-датчиках и, частично, вторичных преобразователях и регистрирующих приборах), которыми пользовались в практике натурных наблюдений за водосбросными сооружениями, приведены в табл. 4.1. Этот перечень может служить ориентиром для предварительной оценки применяющейся в натурных исследованиях аппаратуры. Эти приборы выпускались промышленностью малыми сериями или изготавливались непосредственно в научно-исследовательских организациях. При комплектации КИА их можно заменять на аналогичные, имеющиеся в наличии.

Ряд технических характеристик рассматриваемых приборов приведен в П 70-78/ВНИИГ, П 41-70/ВНИИГ, а также в [6]. Необходимо также пользоваться каталогами зарубежных фирм и организаций, выпускающих соответствующую аппаратуру (например, [5]). Данные измерений могут обрабатываться с помощью комплексов статистической обработки, основные сведения о которых приведены в [7].

4.2. Для регистрации уровней воды могут применяться самописцы поплавкового типа.

Измерения осредненного давления на обтекаемых поверхностях могут выполняться пьезометром, представляющим собой отрезок трубы, устье которой заделано заподлицо с этой поверхностью. В устье трубы может быть заложен двух- или трехслойный фильтр. Для наблюдения за показаниями этих пьезометров трубы от них выводятся в пункты наблюдения, где производится снятие отсчетов по измерительным рейкам (в случае стеклянных трубок) или с помощью спускных приборов.

Для измерения гидродинамического давления используются, в основном, датчики индуктивного типа с чувствительным элементом в виде плоской мембраны, преобразующие механическое воздействие в электрические сигналы.

Начало кавитации регистрируется с помощью первичных преобразователей для фиксирования ультразвукового кавитационного излучения, чувствительными элементами которых являются пьезокерамические пластинки.

Таблица 4.1.

Измерительные приборы

№№ пп	Вид наблюдений или измеряемая величина	Прибор	Тип прибора	Диапазон измерения, разрешающая способность ε, рабочая полоса частот, приведенная относительная погрешность γ
1	Уровень воды	Самописец уровня длительного действия. Ультразвуковой уровнемер* Преобразователь уровня измерительный струнный*	ГР-38 ЭУС-ИУВ ПУВС	до 6,0 м ε = ± 0,01 м; 0 ÷ 10 м γ = ± 0,02 %; 0 ÷ 10 м γ = ± 1,0 %
2	Осредненный пьезометрический напор (давление) воды и воздуха (вакуум)	Пьезометр Пьезометр-вакуумометр Преобразователь давления измерительный струнный прецизионный* Пружинный манометр	- - ПДС-II-0,1 -	ε = ±0,1 м (1 кПа); ε = ±0,1 м (1 кПа); 0 ÷ 0,1 мПа, γ = ±0,6 %; ε ≤ 0,1 м (1 кПа)
3	Осредненный и пульсационный пьезометрический напор (давление)	Измеритель осредненного пьезометрического напора (давления) Измеритель пьезометрического напора (индуктивный датчик давления)	ОПТ-С ДД-10 ДД-20	0 ÷ 100 м, ε = ±0,1 м (1 кПа); 0 ÷2,9 мПа, ε = ±0,1 м (1 кПа) в диапазонах частот 0 - 1000 Гц, 0 - 10000 Гц**; 0 ÷6,9 мПа, ε = ±0,1 м (1 кПа) в диапазонах частот 0 - 1000 Гц, 0 - 10000 Гц**
4	Осредненный пьезометрический напор (давление) на площадке	Измеритель осредненного и пульсационного напора (давления) на площадке	ОПП-С	0 ÷ 30 м, ε = ±0,04 м (0,4 кПа) ; 0 ÷ 150 м, ε = ±0,1 м (1 кПа)
5	Кавитационное излучение	Ультразвуковой шумомер	ДУЗ	10 ÷ 500 кГц
6	Кавитационный и абразивный износ	Дистанционный измеритель эрозии металла	ДЭМ	0,5 ÷ 30 мм, с шагом от 0,5 до 4 мм
7	Скорость течения воды и содержание в потоке воздуха	Измеритель скорости и содержания воздуха в пристенном слое	ИСА-7	Скорость ε = ±0,1 м/с, аэрация γ = ±5 %

Продолжение таблицы 4.1

№№ пп	Вид наблюдений или измеряемая величина	Прибор	Тип прибора	Диапазон измерения, разрешающая способность ε, рабочая полоса частот, приведенная относительная погрешность γ
8	Скорость течения воды	Трубка Пито Вертушка	- ГР-21 ГР-55	γ = ±2 %; 0,04÷0,20 м/с, γ = ±6 %. 0,2÷5,0 м/с, γ = ±2 %
9	Содержание воздуха	Датчик аэрации	-	γ = ±5%
10	Аэрация на границе потока	Измеритель аэрации на границе потока	ИАГ	γ = ±2%
11	Скорость потока воздуха	Анемометр	-	γ = ±5%
12	Расход через подводящие напорные водоводы	Ультразвуковой расходомер* Перепадный расходомер* Ультразвуковой расходомер*	ЭРУС ЭРИС СПРИНТ	2,0÷ 300,0 м^3/с, γ = ±2 % 2,0÷ 300,0 м^3/с, γ = ±2 % 2,0÷ 300,0 м^3/с, γ = ±1,5 %

* Прибор разработан в АО "ДИГЭС".
** В зависимости от типа используемого измерительного устройства - преобразователя давления.

Действие датчиков эрозии основано на размыкании при размыве токопроводящих элементов.

Принцип действия датчиков аэрации потока основан на измерении электрического сопротивления газожидкостной смеси для определения содержания в ней воздуха. Датчики могут устанавливаться в потоке вблизи обтекаемой поверхности или заподлицо с ней.

При производстве гидрометрических наблюдений используются вертушки.

4.3. Приборы регистрации позволяют контролировать соответствующий процесс, например, по стрелочному индикатору, фиксировать экстремальные и промежуточные значения измеряемых характеристик, а также записывать непрерывную реализацию процесса для последующей полной статистической обработки: определения математического ожидания, дисперсии, плотности распределения величины и т. п.

Регистрацию процесса пульсации давления следует осуществлять непосредственно на ЭВМ с определенным шагом, который должен быть выбран на основе методических опытов или прогноза частотного диапазона

процесса. В некоторых случаях возможна регистрация процесса с помощью измерительного магнитофона с последующим воспроизведением и регистрацией на ЭВМ. Возможны и непосредственные измерения статистических характеристик пульсации давления с помощью аналоговых приборов. Аналогичным образом можно регистрировать информацию, полученную от датчиков других типов КИА.

4.4. КИА необходимо периодически калибровать, что значительно увеличивает время безотказной работы приборов и повышает достоверность измерительной информации. Периодичность калибровки зависит от назначения и типа прибора, условий его работы и должна определяться местной инструкцией.

5. ПЕРИОДИЧНОСТЬ НАБЛЮДЕНИЙ. РОЛЬ ВИЗУАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ. ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИЗНАКИ СОСТОЯНИЯ СООРУЖЕНИЙ ИЛИ ЕГО ЧАСТИ

5.1. Пусковые испытания водосбросных сооружений выполняются по специальной программе с привлечением научно-исследовательских организаций и участием эксплуатационного персонала в процессе передачи ему объекта.

5.2. Эксплуатационные наблюдения за состоянием водосбросных сооружений ведутся в период пропуска расходов. Дежурный оператор периодически считывает данные от первичных датчиков. При наличии АСДК, если от системы не поступало сигналов о нарушении нормального режима эксплуатации, запись проверяется при передаче диспетчерской смены.

5.3. Паводковая комиссия, назначаемая на гидроузлах в соответствии с п.3.1.34 РД 34.20.501-95, должна ежегодно проводить осмотр сооружений до и после прохождения весеннего половодья, а на реках с ливневым питанием – до и после пропуска летне-осенних паводков, а также вести наблюдения во время пропуска расходов. Обследование подводных частей сооружения в нижнем бьефе на гидроузлах I и II классов должно проводиться после пропуска каждого паводка в течение пяти лет. В дальнейшем, если в процессе предыдущих наблюдений не было отмечено отрицательных последствий воздействия потока на сооружение, детальное обследование проводится после каждого паводка, превышающего максимальный из предшествующих, и после пропуска расходов, приближающихся к расчетным, но не реже, чем один раз в 5 лет, в которые осуществлялись сбросы. На сооружениях III и IV классов подводная ревизия проводится в

соответствии с п.3.1.35 РД 34.20.501-95 после первых двух лет эксплуатации*, затем через 5 лет и в дальнейшем по мере необходимости.

5.4. Подводящий и отводящий каналы водосбросного сооружения, особенно в районах распространения многолетней мерзлоты, осматриваются в первые 5 лет эксплуатации ежегодно вне зависимости от пропуска расходов через водосброс.

5.5. Визуальные наблюдения, в особенности при недостаточной оснащенности гидроузла системой КИА, необходимы для оценки работы и состояния водосбросных сооружений и нижнего бьефа. Желательно, чтобы наблюдения проводила группа из одних и тех же работников. Важно приступить к ним с самого начала эксплуатации гидроузла. При соблюдении этих условий легче заметить отклонения от проектного режима и изменения в состоянии сооружений.

5.6. Визуальную оценку необходимо сопровождать обычной фотосъемкой. При этом съемка какого-либо участка при каждом осмотре должна проводиться с одной точки с идентичным расположением кадра и последующей печатью при одинаковом увеличении. Желательно, чтобы в кадре находились предметы, позволяющие судить о масштабе изображенного на снимке. Полезно также производить такую фотосъемку в одни и те же дни года, при одинаковом освещении, что позволяет, пользуясь эффектом теней, отмечать наличие деформаций и перемещений. При систематической фотосъемке русла и берегов в нижнем бьефе целесообразно установить постоянные, привязанные геодезически опознавательные знаки, что существенно облегчает сопоставление снимков.

5.7. При наблюдении за подводящими каналами, кроме видимых оползней или обрушений бортов, необходимо фиксировать появление хотя бы незначительных перепадов свободной поверхности в местах, где это не объясняется проектной формой канала. Такие перепады хорошо видны, если смотреть вдоль поверхности воды, расположив точку наблюдения как можно ближе к воде. Появление перепада свидетельствует о нарушении проектного очертания бортов и дна канала ниже уреза или сосредоточенном скоплении в канале каких-то затопленных тел. В этом случае после прекращения работы водосброса должно быть произведено подводное обследование канала.

---

* Если в первом году эксплуатации условия пропуска паводка отличались от проектных, а объем сброса или пиковые расходы превосходили паводки 10%-ой обеспеченности, то подводное обследование должно проводиться после первого года эксплуатации.

На каналах со скоростями течения менее 0,5 м/с и грунтовыми необлицованными откосами следует обращать внимание на появление внутриводной растительности для предупреждения зарастания канала.

5.8. Наблюдения и осмотр водослива, водосливной плотины, быстротоков проводятся как в период пропуска расходов, так и после закрытия затворов. Целесообразно наблюдение за поведением потока сопровождать киносъемкой.

5.9. При пропуске воды ее поверхность, как бы зеркальная в начале водослива, вследствие аэрации теряет прозрачность, становится "взлохмаченной" – это нормальное явление. Косые волны, возникающие на быстротоках, всплески ("петухи") в местах их пересечений или замыкания на стены также не свидетельствуют о ненормальности работы.

5.10. Появление бегущих волн, если это не оговорено в проектной документации как допустимое явление, должно расцениваться как ненормальность в работе водосброса.

5.11. Появление крупных всплесков и бурунов (за исключением указанных в п.5.9), устойчиво находящихся на определенном месте в пределах водосбросного сооружения следует рассматривать как свидетельство возможного крупного повреждения обтекаемой поверхности сооружения.

5.12. При сопряжении бьефов с помощью энергогасящих сооружений следует обращать внимание на положение донного гидравлического прыжка. Нормально, если он затоплен. Отгон прыжка свидетельствует об ухудшении условий работы сооружений по сравнению с проектными.

5.13. При сопряжении по типу отброшенной струи поток должен сходить с трамплина, не прилипая к его низовой грани. Сразу по включении водосброса струя должна отбрасываться от трамплина. При некоторых конструктивных решениях возможно и допустимо кратковременное затопление участка перед носком с переливом через него при малых начальных (не рабочих) открытиях затворов. Столкновение отдельных струй в воздухе, сопровождающееся их взлетами, не является дефектом в работе сооружения.

5.14. Скорость воздушного потока в аэрационных шахтах не должна превышать 60 м/с, как исключение, в специально оговоренных случаях – 90-100 м/с (см. ВСН 38-70/Минэнерго, а также [8]). Изменение расхода воздуха по сравнению с предусмотренным в проекте более, чем на 50% свидетельствует о необходимости анализа режима работы воздухоподводящих устройств в натурных условиях.

5.15. При наличии отмеченных в п. 5.10 – 5. 14 отклонений от нормальной работы водосброса следует устанавливать и устранять их причину, а при невозможности этого обращаться к генеральному проектировщику и в специализированную научно-исследовательскую организацию.

5.16. При нахождении наблюдателя на головном участкс или на быках и бортах водосброса при нормальном режиме работы им ощущается постоянная вибрация. В случае, если слышны глухие удары, сопровождающиеся сотрясением сооружения, необходимо выяснять их причину, обращаясь, если надо, в специализированную организацию.

5.17. При осмотре осушенного сооружения следует особое внимание обращать на места возможного снижения осредненного гидродинамического давления потока:

перегибы в профиле при увеличении уклона водопроводящего тракта;

поворот ограждающих водосброс бортов при расширении водовода;

выпуклый участок стены при общем повороте водовода;

места окончания облицовок или обделок водовода;

гасители энергии (пирсы, шашки, водобойные стенки и т. п.);

участки водобоя в районе расположения дренажных колодцев (одновременно следует обращать внимание на состояние самих колодцев: вынос дренажа, кольматаж).

Кроме того, внимательному осмотру подлежат стыки плит и блоков бетонирования и прочие местные неровности (дефекты производства строительных работ).

В этих местах при скоростях течения, превышающих 15 м/с, возможно возникновение кавитационной эрозии бетона.

5.18. Кавитационная эрозия бетона в начальной стадии проявляется в виде мелких раковин, каверн, поверхность бетона приобретает ноздреватый, губчатый вид. При развитии эрозии площадь, затронутая ею, и глубина увеличиваются, обнажается крупный заполнитель и арматура, ниже по течению образуется цепочка вторичных каверн и т. д.

5.19. Абразивный износ сооружения проявляется в виде борозд, направленных по течению, в местах перегибов профиля с уменьшением уклона водовода, при подходе к трамплину, а также в местах интенсивных водоворотов в виде ям ("котлов"), что особенно характерно для водоворотных участков в пределах сопрягающих сооружений. Для абразивной эрозии характерна гладкая (отшлифованная) поверхность обнажившегося крупного заполнителя бетона.

5.20. В нижнем бьефе должны выполняться промеры за концом крепления с целью установления размеров размыва и предварительной оценки возможности подмыва сооружения.

5.21. Подводное обследование в пределах бетонных сооружений должно производиться с уделением особого внимания на зоны, упоминавшиеся

в пп. 5.17 – 5.19. Кроме того, определяются размеры подмыва концевых участков бетонных сооружений.

5.22. В нижнем бьефе визуально оцениваются: общий характер размыва берегов, размеры и форма бара, вызывающего повышение уровня (подпор) у ГЭС, тенденция их изменений по сравнению с предыдущим осмотром. Желательно установить место и глубину наибольшего размыва.

5.23. Значения подпора при наличии бара или понижения уровней воды при общем размыве русла реки в нижнем бьефе [9] могут быть установлены по изменению кривых связи расходов и уровней (Приложение 5).

5.24. Геодезические съемки в нижнем бьефе и гидрологические работы по определению расходов воды производятся специализированными организациями по соответствующим инструкциям.

5.25. В зимний период необходимо вести наблюдение за наледями в пределах водосбросного тракта. Можно считать допустимым состояние, когда наледи не перекрывают тракт по всей ширине и не затрудняют маневрирование затворами. При перекрытии всей ширины тракта наледи должны искусственно прорезаться [10], а при дальнейшей эксплуатации должны приниматься меры, не допускающие образования наледей такого размера.

5.26. В случае сплошной наледи, после полного ее оттаивания и размораживания конструкции, следует, если это возможно, провести осмотр борта водосброса с наружной стороны. Наличие волосяных трещин, расположенных параллельно дну водотока, заметных по четкому увлажнению борта, свидетельствует о вероятном отколе бетонного массива под воздействием распирающего его льда.

5.27. В нижнем бьефе, в пределах сопрягающих сооружений, необходимо наблюдать за состоянием и толщиной ледяного покрова. В зависимости от результатов наблюдений принимаются меры, предусмотренные разработанными в проекте правилами эксплуатации гидроузла.

5.28. При проведении инструментальных наблюдений за водосбросными сооружениями фиксируется ряд параметров, характеризующих гидравлические условия их работы. По этим параметрам составляются диагностические признаки, приводимые в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Гидравлические параметры работы водосбросных сооружений

Фиксируемые параметры	Диагностические признаки
Уровни (положение пьезометрической линии) и расходы воды	Коэффициент расхода и кривая пропускной способности сооружения Кривая связи расходов и уровней воды в нижнем бьефе; степень затопления гидравлического прыжка
Гидродинамическое давление	Вероятность достижения значения, соответствующего давлению парообразования, а, следовательно, возможность возникновения кавитации; значения нагрузок на элементы сооружения и соотношения их преобладающих частот с частотами собственных колебаний рассматриваемого элемента (в конечном итоге экстремальные значения напряжений)
Колебания уровней воды	Экстремальные значения уровней воды
Пьезометрические напоры и распределение скоростей	Параметр кавитации рассматриваемых элементов или неровностей
Уровень ультразвукового шума при кавитации	Экстремальный уровень кавитационного шума
Глубина кавитационной или абразивной эрозии	Допускаемая глубина эрозии
Содержание воздуха в пристенном слое потока воды	Содержание воздуха в пристенном слое, позволяющее предотвратить кавитационные явления
Расход (скорость) воздуха в аэрационных устройствах	Необходимое количество воздуха, предотвращающее кавитацию; допускаемые скорости течения воздуха в аэрационных устройствах
Глубина размыва непосредственно за низовым концом крепления	Допускаемая глубина размыва

6. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗ ДАННЫХ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДОСБРОСНЫХ СООРУЖЕНИЙ И НИЖНЕГО БЬЕФА

6.1. По совокупности диагностических признаков (п.5.28), на основе данных измерений оценивается состояние водосбросного сооружения, определяемое гидравлическими критериями надежности, приводимыми в табл.6.1. Основные этапы оценки надежности сооружения могут быть представлены в следующем виде:

получение фиксируемых параметров;

выбор диагностических признаков;

определение состояния водосбросных трактов;

выбор критериев надежности;

сопоставление параметров состояния с критериями надежности;

заключение о надежности и безопасности водосбросных трактов.

6.2. При обработке данных натурных наблюдений строятся графики, карты, зависимости изменения осредненных параметров во времени.

6.3. Кривые пропускной способности водосбросного сооружения, как его основная характеристика, строятся в зависимости от уровня верхнего бьефа и степени открытия затворов. В тех случаях, когда порог водосброса подтапливается со стороны нижнего бьефа, пропускная способность зависит также от его уровня и строится семейство кривых. Полученные кривые сопоставляются с данными лабораторных исследований. При этом открытие затвора должно быть определено с достаточной точностью. В ряде случаев для этого необходимо производить нивелировку затвора и строить графическую схему его перемещения [11]. Допустимо отклонение фактической кривой от проектной в пределах 5% по расходу. При большем отклонении необходимо выяснить его причину. Если при последующих периодических проверках пропускной способности (которые могут проводиться не во всем диапазоне пропускной способности, а по двум-трем точкам) она будет меняться, то должны устанавливаться и устраняться причины изменений. В отдельных случаях, по согласованию с проектной и/или научно-исследовательской организацией может быть изменен режим эксплуатации. Характерные формы кривых пропускной способности показаны в Приложении 1.

6.4. Строятся кривые свободной поверхности воды (кривые наполнения водовода) при различных открытиях затворов и разных расходах или уровнях верхнего (нижнего) бьефа. При пропуске расходов близких к расчетным обязательно должны фиксироваться данные для этих кривых.

6.5. При наличии датчиков кавитационного излучения начальная стадия кавитации фиксируется по увеличению уровня ультразвукового шума.

Таблица 6.1

Гидравлические критерии надежности водосброса

Условия надежности	Диагностируемое состояние	Диагностические признаки (параметры)	Критерии надежности
Превышение гребня плотины над уровнем верхнего бьефа	Пропускная способность	Расчетные значения коэффициента расхода, кривая пропускной способности	Расчетный и поверочный расходы при проектных отметках УВБ
Прочность	Напряженное состояние (статические или динамические нагрузки)	Экстремальные значения напряжений, эпюры их распределения (экстремальные значения гидродинамических нагрузок)	Предельные значения напряжений в контролируемых точках (предельные значения нагрузок)
Устойчивость	Подмыв низового конца сооружения	Глубина размыва	Предельная допустимая глубина размыва
Допустимые режимы течения	Колебания уровней воды, наполнение	Экстремальные значения уровней воды и наполнения	Предельные (максимальные и минимальные) значения уровней воды и наполнения
	Затопление гидравлического прыжка	Уровень воды в нижнем бьефе	Вторая сопряженная глубина [12 -14]
Долговечность	Начало кавитации	Экстремальный уровень ультразвукового шума	Повышение уровня ультразвукового шума
	Кавитация	Экстремальное значение осредненного или мгновенного вакуума	Допустимое значение осредненного или мгновенного вакуума
	Кавитация и кавитационная эрозия	Характерные пьезометрические напоры и скорости вблизи рассматриваемого элемента (параметры кавитационной эрозии)	Критические параметры кавитации и кавитационной эрозии
	Кавитационная эрозия	Содержание воздуха в пристенном слое потока воды	Необходимое содержание воздуха в пристенном слое
	Кавитационная эрозия	Время работы рассматриваемой зоны при мгновенном пьезометрическом напоре, соответствующем давлению парообразования	Допустимое время работы при давлении парообразования по сравнению с инкубационным периодом материала
	Кавитационная или абразивная эрозия	Максимальная глубина эрозии	Допустимая глубина эрозии

6.6. Возникновение кавитации и возможность появления кавитационной эрозии могут быть установлены также на основе измерений осредненных или мгновенных значений пьезометрических напоров, зафиксированных пьезометрами или датчиками давлений. Кавитационная эрозия может возникнуть, если параметр (число, коэффициент) кавитации K меньше коэффициента начала кавитационной эрозии $K_{кр.эр.}$ (см. П-38-75/ВНИИГ и [1]):

$$K = \frac{p_{хар} - p_{кр}}{\rho v_{хар}^2 / 2} = \frac{H_{хар} - H_{кр}}{v_{хар}^2 / 2g} < K_{кр.эр} \cong 0{,}85K_{кр},$$

где $p_{хар} = \gamma H_{хар}$ – характерное абсолютное давление (как правило, осредненное по времени) вблизи обтекаемого элемента – возбудителя кавитации без учета вызванных им возмущений, причем $p_{хар} = p_а + p_{изб}$ или $H_{хар} = H_а + h_{изб}$, а $p_{изб} = \gamma h_{изб}$ – избыточное давление; $p_а = \gamma H_а$ – атмосферное давление, определяемое в зависимости от высоты местности над уровнем моря (Приложение 2); $p_{кр}$ и $H_{кр}$ – абсолютное давление и пьезометрический напор, соответствующие давлению водяных паров (Приложение 3); $v_{хар}$ – характерная скорость течения вблизи обтекаемого участка поверхности, определяемая, как правило, с учетом реальной эпюры скоростей на подходе; в некоторых случаях допустимо с запасом принимать среднюю по сечению скорость; $K_{кр}$ – критический параметр кавитации для различных элементов или форм неровностей бетонной поверхности (Приложение 4); $\gamma = \rho g$ – удельный вес воды; ρ – плотность воды; g – укорение свободного падения; при $\rho = 1$ т/м^3 и $g = 9{,}81$ м/с^2 $\gamma = 9{,}81$ кН/м^3.

6.7. Содержание воздуха в пристенных слоях потока около 5 – 10% свидетельствует о надежной защите поверхности от кавитационной эрозии. Существенное уменьшение содержания воздуха в процессе эксплуатации требует выяснения причины происходящего и ее устранения.

6.8. Непосредственный контроль за кавитационной эрозией может осуществляться с помощью специальных датчиков эрозии.

6.9. Особенности получения и обработки натурных данных по тунельным водоводам, связанные с возможностью установления в них напорного или переходного режимов, а также с трудной доступностью их для наблюдений детально изложены в подготовленных к опубликованию "Рекомендации по проведению гидравлических натурных наблюдений и исследований туннелей".

6.10. По результатам визуального, в том числе и водолазного обследования сооружений, составляются карты и абрисы кавитационных, абразив-

ных и прочих повреждений, подмыва и разрушений концевого участка крепления, раздельного и сопрягающего устоев.

6.11. Построение кривой связи расходов и уровней в нижнем бьефе, анализ ее изменения во времени и сопоставление с бытовой кривой позволяют судить о происходящих в бьефе процессах, подпоре ГЭС баром из продуктов размыва, или, наоборот, о снижении уровней, связанных, как правило, с трансформацией русла или карьерными разработками расположенных ниже гидроузла перекатов [9]. Методика построения этой кривой, составленная на основании [9], приводится в Приложении 5.

6.12. Анализ изменения кривой связи расходов и уровней в нижнем бьефе в сочетании с топографической съемкой участка местного размыва позволяют уточнять проектный прогноз русловых переформирований, вносить требуемые коррективы в правила эксплуатации гидроузла, а также при необходимости, наметить ремонтные и др. мероприятия.

7. ХРАНЕНИЕ ДАННЫХ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

7.1. Первичная обработка показаний приборов производится по соответствующим инструкциям на месте службой натурных наблюдений или привлекаемыми специалистами.

Служба натурных наблюдений должна обеспечивать надежное хранение отчетно-исполнительной документации по КИА и всего первичного материала наблюдений.

7.2. Служба натурных наблюдений обязана иметь журнал авторского надзора для внесения в него указаний об исправлении замеченных недостатков в установке КИА, проведения наблюдений и обработки результатов.

7.3. Результаты контрольных градуировок приборов КИА следует заполнять по формам, которые представлены, например, в П 70-78/ВНИИГ.

Показания приборов и визуальные оценки при проведении каждого вида натурных наблюдений должны заноситься в память компьютера автоматизированной системы диагностического контроля (АСДК) и в базу данных. Кроме того, во избежание случайной утраты материала, должна производиться его распечатка для спецхранения. Запись и хранение материалов в журналах допустима на станциях, не оборудованных соответствующими системами.

7.4. Результаты наблюдений необходимо представлять ежегодно в виде технического отчета, в котором должны содержаться также рекомендации по режимам эксплуатации, организации ремонтных работ или выявленные на основе наблюдений вопросы для разрешения которых необходимо обращаться в специализированные организации.

Приложение 1

Характерные формы кривых пропускной способности

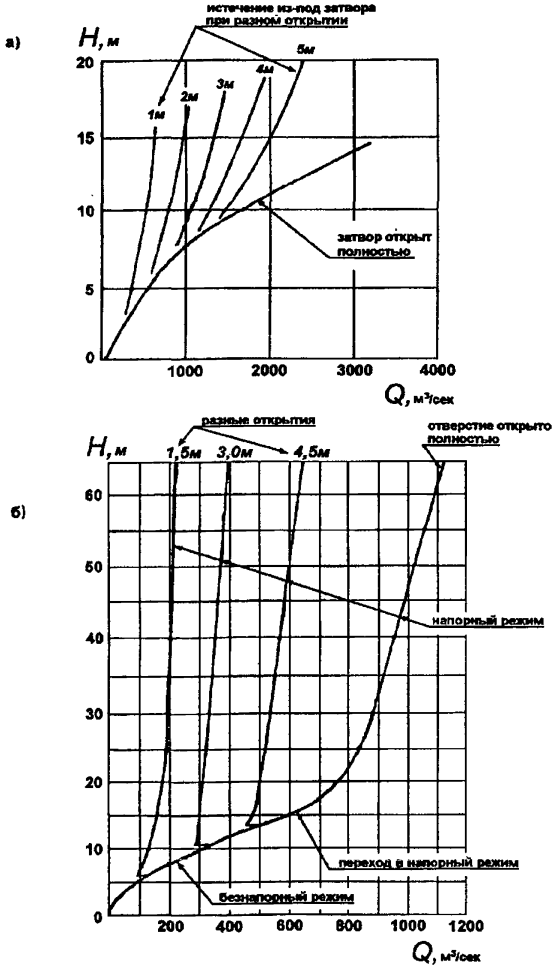


Рис.1.

а - безнапорный, поверхностный водосброс Вилюйских ГЭС-1 и 2;

б - глубинный, эксплуатационный водосброс Саяно-Шушенской ГЭС.

Приложение 2

Атмосферное давление для различных отметок местности над уровнем моря

Отметка местности, м	Атмосферное давление		Отметка местности, м	Атмосферное давление	
	H_a, м. вод. ст	p_a, кПа		H_a, м. вод. ст	p_a, кПа
0	10,88	101	800	9,38	92
100	10,23	100	900	9,28	91
200	10,09	99	1000	9,18	90
300	9,98	98	1200	8,95	88
400	9,84	97	1500	8,64	85
500	9,74	95	2000	8,14	80
600	9,62	94	2500	7,80	76
700	9,52	93	3000	7,37	72

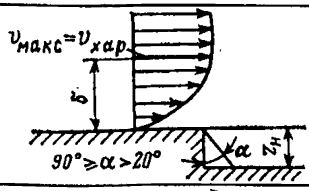
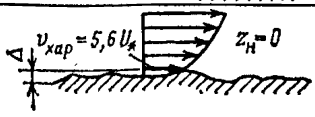
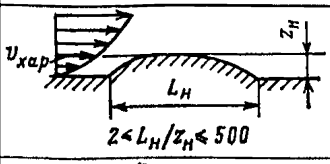
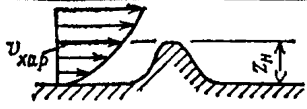
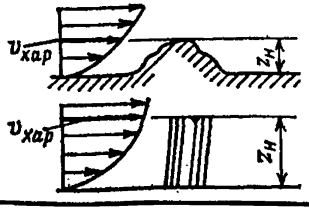
Приложение 3

Давление водяных паров

Температура воды t, °С	10	15	20	25	30
Давление водяных паров H_t, м. вод. ст.	0,13	0,17	0,24	0,32	0,44
Давление водяных паров p_t, кПа	1,3	1,7	2,4	3,1	4,3

Приложение 4

Значения $К_{кр}$ для характерных видов неровностей поверхностей водосбросов

№№ пп	Вид неровности	Схема неровности	$K_{кр}$
1	Выступ навстречу потоку (стык облицовок, выступ бетона из-за смещения опалубки и т.п.)		$0{,}125\alpha^{0{,}65}$ (α - в град)
2	Уступ по потоку (происхождение такое же, как и в п.1)		1 при $z_н \geq \delta$; $\left(\frac{z_н}{\delta}\right)^{3/4}$ при $z_н < \delta$
3	Равномерная естественная шероховатость поверхности со средней высотой выступов Δ		1
4	Плавный выступ на ровной поверхности (свар-ной шов, наплыв бетона и т.п.)		$2{,}24\left(\frac{L_н}{z_н}\right)^{0.5}$
5	Одиночный выступ с острой верхней кромкой (плохо зачищенный след от стыка опалубки)		2
6	Отдельные выступающие местные неровности (крупные камни, брызги сварки, стержни арматуры и т.д.)		2 - для округленных очертаний; 3,5 - для резких очертаний

Примечания: 1. Характерное давление $H_{хар}$ во всех случаях определяется как среднее давление невозмущенного потока в створе ожидаемого расположения соответствующей неровности.

2. Характерная скорость $V_{хар}$ во всех случаях определяется как скорость невозмущенного потока в створе ожидаемого расположения соответствующей неровности.

3. Высота неровности $z_н$ всюду отсчитывается от гребней выступов естественной равномерной шероховатости поверхности высотой Δ. Во всех случаях, кроме п.3, значения $K_{кр}$ могут применяться при $z_н \geq 2\Delta$.

4. Для неровности вида 1 рекомендуется для пространственных выступов принимать $K_{кр} = 2 \sin \alpha$.

Приложение 5

Методика построения кривых Q = f (H) для нижнего бьефа гидроузла

Построение кривых связи расходов и уровней в нижних бьефах производится по данным эксплуатации. В результате анализа суточных ведомостей пульта управления гидроэлектростанции выбираются промежутки времени с постоянной нагрузкой и постоянным расходом холостого сброса в течение 6 – 8 часов и более. Если при этом в последние 2 – 3 часа такого промежутка времени отметки свободной поверхности нижнего и верхнего бьефов остаются неизменными или меняются медленнее, чем 1 – 2 см в час, то режим потока в нижнем бьефе к концу промежутка может считаться мало отличающимся от установившегося. Длительность установления стационарного режима потока зависит от "скачка" расходов, иными словами, от интенсивности изменения нагрузок ГЭС, а также от уклона реки: чем меньше уклон, тем дольше будет устанавливаться режим потока. Для уклонов русла 0,00005 – 0,00007 промежуток времени 6 – 8 часов можно полагать достаточным для стабилизации режима при изменении расхода попуска на 500 – 2000 м^3/с [9].

После выборки из суточных ведомостей данных о мощности ГЭС и уровнях верхнего и нижнего бьефов в периоды установившегося движения вычисляется напор-брутто и по данным о перепаде на входных решетках – напор-нетто. Затем по известной мощности и напору-нетто с помощью эксплуатационных характеристик определяются расходы воды через ГЭС. Далее к этим расходам прибавляются расходы холостого сброса, шлюзования и фильтрации. Полученные таким образом данные о расходах, пропускаемых через створ гидроузла, и об уровнях в его нижнем бьефе являются основой построения кривых $Q = f(H)$ в створе ГЭС.

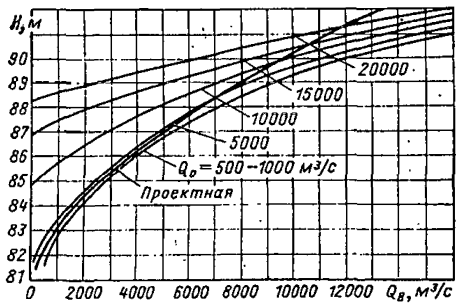
Притоки, впадающие в нижнем бьефе, могут оказывать подпор на створ гидроузла. В случаях, когда подпор незначителен и длится недолго, соответствующие ему несколько точек "отскакивают" от основной группы точек, определяющих кривую $Q = f(H)$, в сторону больших значений H. Построение кривой $Q = f(H)$ производится при этом по основной группе точек, а отскочившие "подпорные" точки во внимание не принимаются.

В случае, когда расположенный в нижнем бьефе приток соизмерим по расходам с главной рекой, подпор от него наблюдается почти постоянно. В этом случае для построения кривой $Q = f(H)$ необходимо исключить влияние подпора. При этом может быть примснен следующий условный прием. Определенные по эксплуатационным характеристикам расходы главной реки связываются с уровнями нижнего бьефа, уменьшенными на подпор ΔH от притока. Исходным материалом для учета и исключения подпора притока служат проектные кривые зависимости уровней воды в нижнем бьефе ГЭС от расходов главной реки при различных расходах воды в притоке. По этим данным строится семейство кривых, представляющих подпор ΔH в зависимости от расходов воды главной реки и притока, в предположении, что при одних и тех же сочетаниях расходов подпор от притока в зарегулированном русле остается таким же, как в бытовых условиях.

На рис. 2 приводится пример построения графика ΔH для условий нижнего бьефа Нижегородской ГЭС на р. Волге, испытывающего практически постоянный подпор р. Оки.

Аналогичным образом должен учитываться подпор от нижележащего водохранилища при работе ГЭС в каскаде, а также в случае, когда ГЭС расположена на водотоке, находящемся в подпоре главной реки или водоема (озера, моря). При этом значения ΔH должны приниматься в зависимости от отметки воды в водоеме или водотоке, создающем подпор.

а)



á)

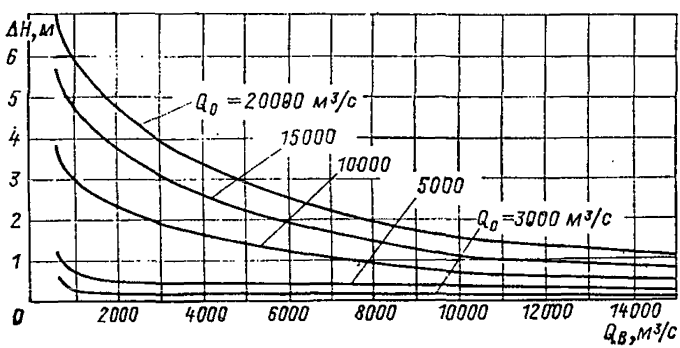


Рис.2. Кривые $Q = f(H)$ в створе Нижегородской ГЭС в зависимости от расхода р.Оки (*а*) и графики подпора уровня DH при различных расходах Волги $Q_в$ и Оки $Q_о$ (*б*)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гидравлические** расчеты водосбросных гидротехнических сооружений: Справочное пособие. М.: Энергоатомиздат, 1988.

2. **Гончаров Л.А., Комаров В.А., Лентяев Л.Д.** и др. Комплексные натурные гидравлические исследования водосбросных сооружений // Сборник научных трудов Гидропроекта, 1983, вып. 91, с. 9 - 20.

3. **А.С. 515053** (СССР). Способ определения динамических характеристик основания сооружения / Л. А. Гончаров, В. М. Семенков, Д. А. Беляев, Л. Д. Лентяев, В. Я. Максименко. Опубл. в Б. И., 1976, № 19, с. 104.

4. **Гончаров Л.А., Золотов Л.А., Лентяев Л.Д., Семенков В.М.** Применение неразрушающего способа вибропросвечивания для контроля изменений свойств оснований бетонных плотин в процессе их эксплуатации / Сообщ. на 14 Конгрессе по большим плотинам. - Рио-де-Жанейро, Бразилия. - 3 - 7 мая 1982.

5. **Каталог** приборов для производства гидрологических и гидравлических исследований. Будапешт, 1976.

6. **Максимов Л.С., Шейнин И.С.** Измерение вибрации сооружений. Л.: Стройиздат, 1974.

7. **Гальчук В. Я., Соловьев А. П.** Техника научного эксперимента. Л.: Судостроение, 1982.

8. **Слисский С.М.** Гидравлические расчеты высоконапорных гидротехнических сооружений. М.: Энергоатомиздат. 1986.

9. **Векслер А. Б., Доненберг В.М.** Переформирование русла в нижних бьефах крупных гидроэлектростанций. М.: Энергоатомиздат, 1983.

10. **Войнович А.П., Колеганов В.В., Разговорова Е.Л., Трегуб Г.А.** Наледь на водосбросе Колымской ГЭС и ледовые нагрузки на раздельные стенки // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 1994, т. 228, с. 78 - 90.

11. **Гозадинов Б.Ю., Мельников А.Н.** Сопоставление лабораторных и натурных исследований пропускной способности водосброса Вилюйской ГЭС // Сборник докладов по гидротехнике. Л.: Энергия, 1970, вып. 11, с. 151 – 156.

12. **Чугаев Р.Р.** Гидравлика. Л.: Энергоиздат, 1985.

13. **Чертоусов М.Д.** Гидравлика. Специальный курс. М. - Л.: Госэнергоиздат, 1962.

14. **Штеренлихт Д. В.** Гидравлика. Кн. 1 и 2. М.: Энергоатомиздат, 1991.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
1. Общие положения 4
2. Организация работ по контролю состояния водосбросных сооружений и нижних бьефов. 10
3. Требования к оснащению КИА 11
4. Типы КИА 12
5. *Периодичность наблюдений. Роль визуальных наблюдений.* Характерные признаки состояния сооружений или его части 15
6. Методика обработки и анализ данных натурных наблюдений. Оценка состояния водосбросных сооружений и нижнего бьефа . . 21
7. Хранение данных натурных наблюдений 24
Приложение 1 25
Приложение 2 26
Приложение 3 26
Приложение 4 27
Приложение 5 28
Список литературы 31

Научный редактор *Л. В. Мошков*
Редактор *Т. С. Артюхина*
Технический редактор *Т. М. Бовичева*
Компьютерная верстка *Н. Н. Седова*

Лицензия ЛР № 020629 от 14.01.98.
Подписано в печать 28.02.2000. Формат 60x84 1/16.
Печать офсетная. Печ.л. 2,0. Тираж 300. Зак. 42.

Издательство и типография ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева».
195220 Санкт-Петербург, Гжатская ул.21.

gost.e-ecolog.ru