

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Департамент мелиорации

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»
(ФГБНУ «РосНИИПМ»)

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ
ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ СОПРЯГАЮЩИХ
СООРУЖЕНИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ
С УЧЕТОМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК,
ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ПРОПУСКЕ ФОРСИРОВАННЫХ
РАСХОДОВ ВОДЫ**

Новочеркасск

2015

Методические указания по эффективному техническому обслуживанию сопрягающих сооружений магистральных каналов с учетом гидродинамических нагрузок, возникающих при пропуске форсированных расходов воды подготовлены сотрудниками ФГБНУ «РосНИИПМ»: доктором технических наук, доцентом С. М. Васильевым; кандидатом технических наук Ю. Е. Домашенко; доктором технических наук Ю. Ф. Снопич; кандидатом технических наук П. В. Калинин; Н. А. Антоновой; М. А. Ляшковым; А. О. Матвиенко.

Методические указания по эффективному техническому обслуживанию сопрягающих сооружений магистральных каналов с учетом гидродинамических нагрузок, возникающих при пропуске форсированных расходов воды одобрены на заседании секции мелиорации 27 ноября 2014 года, утверждены и введены в действие приказом директора ФГБНУ «РосНИИПМ» № 16 от 3 апреля 2015 года.

Содержание

1 Общие положения	4
2 Определения	4
3 Описание конструкции сопрягающих сооружений магистральных каналов	5
4 Состав, характеристики и назначение сопрягающих сооружений магистральных каналов	11
5 Техническое обслуживание сопрягающих сооружений магистральных каналов с учетом гидродинамических нагрузок, возникающих при пропуске форсированных расходов воды	17
Список использованных источников	21
Приложение А Техническое обслуживание конструктивного элемента Садковского водосброса ДМК (быстротока)	23

1 Общие положения

Техническое обслуживание сопрягающих сооружений включает в себя:

- постоянный эксплуатационный уход за гидротехническими сооружениями (осмотры, устранение мелких дефектов, уборка мусора и растительности, расчистка канав, расчистка снега в зимнее время и т. д.) [1, 2];
- проведение необходимых наблюдений и обследований сооружений, [3–5];
- выявление дефектов, устранение которых требует проведения ремонтных работ [3–5];
- ведение технической документации по оценке состояния сооружений (проектной, исполнительной, отчетов о выполнении визуальных и инструментальных наблюдений, отчетов о выполнении научно-исследовательских, изыскательских и ремонтно-строительных работ, других документов, характеризующих техническое состояние сооружений) [6, 7].

Техническое обслуживание гидротехнических сооружений должно осуществляться специализированными производственными подразделениями эксплуатирующей организации или специализированной организацией на условиях договора (контракта).

2 Определения

В настоящих методических указаниях применяют следующие термины с соответствующими определениями, а также ГОСТ 19185-73 и СНиП 33-01-2003 [8, 9]:

- гасители избыточной энергии потока (гасители) – это устройства, сооружаемые в пределах водосбросного тракта или в его нижнем бьефе и способствующие интенсификации гашения основной части избыточной кинетической энергии сбросного потока. Наиболее распространенные типы гасителей, располагаемых в нижнем бьефе: сплошная водобойная стенка, прорезная водобойная стенка, водобойный колодец, комбинированные гасители (водобойная стенка с неглубоким колодцем за ней, сочетание пирсов и шашек с водобойными стенками и др.) [10];
- гидротехническое сооружение (гидросооружение) – сооружение, подвергающееся воздействию водной среды, предназначенное для исполь-

зования и охраны водных ресурсов, предотвращения вредного воздействия вод, в том числе загрязненных жидкими отходами [11];

- техническое обслуживание гидротехнических сооружений – контроль технического состояния, поддержания работоспособности, подготовки к сезонной эксплуатации сооружения и (или) его отдельных элементов;

- техническое состояние – совокупность подверженных изменению в процессе эксплуатации свойств гидротехнического сооружения, характеризуемая в определенный момент времени признаками, установленными технической документацией [12];

- эксплуатация – стадия жизненного цикла водовыпуска, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается его качество;

- эксплуатирующая организация – государственное или муниципальное унитарное предприятие либо организация любой другой организационно-правовой формы, на балансе которой находится гидротехническое сооружение [13];

- форсированный расход – расход воды, превышающий значение нормального, временно допускаемый в канале в чрезвычайных условиях эксплуатации мелиоративных систем.

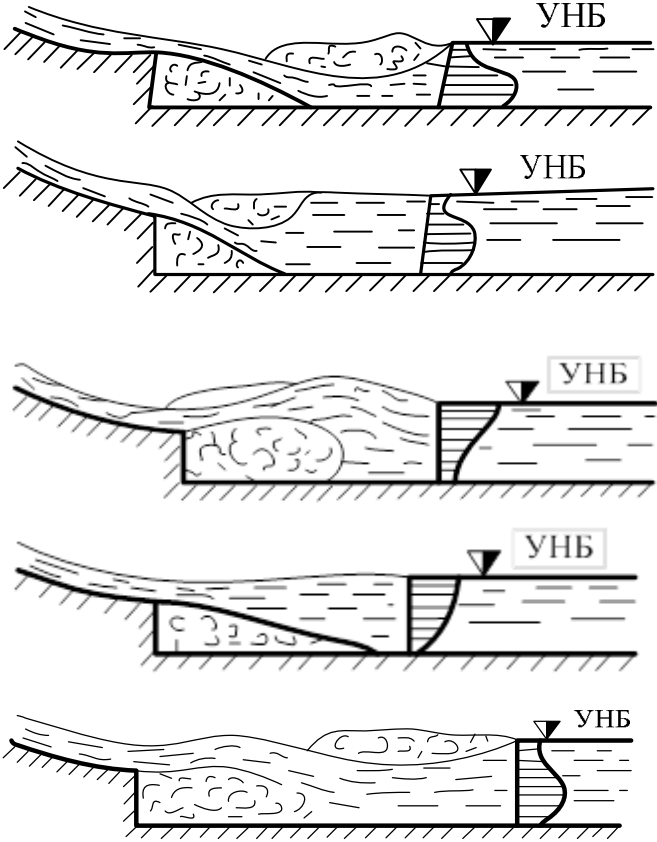
3 Описание конструкций сопрягающих сооружений магистральных каналов

К основным конструкциям сопрягающих сооружений относятся перепады и быстротоки с многообразными переходными формами: быстротоки-перепады, шахтные, трубчатые, консольные перепады и др. [14].

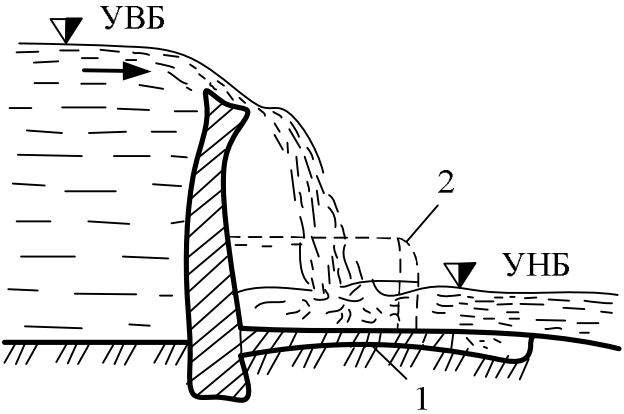
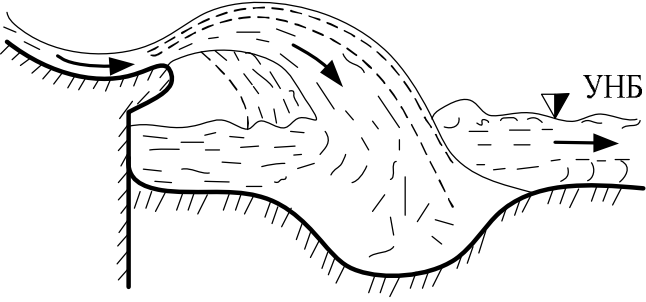
Основное назначение сопрягающих сооружений – гашение избыточной энергии воды, при этом существует много методов, обеспечивающих выполнение этой задачи путем затопления прыжка воды.

Все применяемые конструкции гасителей (таблица 1) основаны на использовании внутренних сил воды, находящейся в движении, но каждая из них имеет и свои характерные особенности, которые делают ее наиболее эффективной в определенных условиях.

Таблица 1 – Конструкции гасителей [15]

Схема гашения энергии потока	Режим сопряжения	Способ реализации	Условия и особенности использования
1	2	3	4
<p>Гидравлический прыжок</p> 	<p>Донный (транзитная струя устойчиво находится у дна русла): с отогнутым прыжком</p> <p>с отогнутым прыжком</p> <p>с затопленным прыжком</p> <p>с затопленной струей</p> <p>с незатопленной струей</p> <p>Поверхностно-донный</p>	<p>Устройство уступа при гладком водобое (с подводом воздуха к низовой грани при неблагоприятной кавитационной обстановке); специальные устройства на водобое для гашения избыточной энергии сбрасываемого потока (гасители, камеры гашения и др.)</p>	<p>В водосбросах всех типов при любых напорах. Значительные медленно затухающие по длине донные скорости и вращение в вальце плавающих тел, которые могут повредить поверхность сооружения</p>

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
<p>Свободное падение струи с гашением энергии в водяной толще</p> 	<p>Часть энергии струи рассеивается из-за аэрации, оставшаяся гасится в водяной подушке</p>	<p>Сброс струи с носка-трамплина на водобой (1) или в замкнутый водоем (2), образованный стенкой</p>	<p>Применяют редко, преимущественно в водосбросах арочных плотин. Требует особенно прочного основания. При необходимости защиты дна от размыва устраивают водобойные колодцы или водоемы</p>
<p>Отброс струи с гашением энергии в воронке размыва</p> 	<p>Один из видов поверхностного режима при подъеме уровня НБ до отметок носка-трамплина</p>	<p>Отброс струи с носка-трамплина в естественное русло с образованием ямы размыва, в предварительно устроенную яму размыва (с креплением ее поверхности или без него) или в водобойный колодец.</p>	<p>Широко распространен при достаточно прочных основаниях. Устойчивый и гидравлически ясный режим сопряжения. Неупорядоченный характер течения в НБ в начальный период эксплуатации; необходимо предварительное устройство ямы размыва; неравномерность удельных расходов по ширине НБ; сложность компоновки</p>

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
		Отброс струи из глубинных отверстий	гидроузла в стесненных створах; опасность нарушения устойчивости склонов из-за глубокой воронки размыва
<p>Соударение струй в водяной или воздушной среде</p> 	Интенсивное гашение энергии в воздухе или в воде	Отброс струй из глубинных отверстий или с носков-трамплинов на разных уровнях	Облегчает условия сопряжения для предыдущего случая, сокращает воронку размыва
Комбинирование двух или нескольких схем	Донный затопленный прыжок в колодце и отброс струи на значительное расстояние, где гасится в яме размыва	Ковш-колодец с концевым порогом-трамплином	Сброс расходов частой повторяемости по типу донного затопленного прыжка в колодце; при сбросе расходов редкой повторяемости поток с большой скоростью проскакивает колодец и отбрасывается его концевым порогом

Учитывая эти особенности, методы гашения водной энергии разделяют на четыре группы-метода, каждому из которых будет больше соответствовать та или иная конструкция известных до сих пор гасителей:

- введение в поток искусственных местных сопротивлений. Сюда относят гасители, создающие потоку непосредственную механическую преграду: зубья, пороги, водоразбивные пилоны, шашки, решетки, водобойные стенки, если они устанавливаются в зоне бурного режима, и др. Этот метод и группу гасителей называют также методом механического воздействия на поток. Задача этих гасителей – перемешивать поток, преграждать ему путь в зоне больших скоростей и ускорить переход от бурного режима к спокойному;

- изменение общего направления потока для того, чтобы отбросить его на безопасное расстояние от сооружения. Средствами этого метода служат такие сооружения и конструкции, как консольный перепад, трамплин, носок, уступ и др.;

- расщепление потока, при котором применяют гасители типа Сенкова, уральские водобойные полы, гребенки, конструкции, образующие встречные струи, а также другие гасители, помогающие расчленивать поток и направить его элементы на взаимное соударение;

- затопление прыжка путем создания нужной глубины. К группе гасителей этого метода относятся: водобойный колодец, водобойная стенка и всякие их комбинации.

Наиболее надежный и простой метод гашения водной энергии – затопление прыжка путем создания нужной глубины, то есть устройство водобойного колодца или водобойной стенки.

Гасители этого типа имеют ряд преимуществ [14, 15]:

- надежны в работе, так как при расчетном опасном режиме обеспечивают образование затопленного прыжка в пределах сооружения. При правильном выборе расчетного случая всякий другой будет менее опасен, и таким образом гарантируется нормальная работа сооружения в эксплуатационных условиях при любом гидравлическом режиме. Это дает преимущество перед другими типами гасителей, которые дают хороший результат, как правило, лишь в тех условиях, в которых испытывались;

- водобойные колодцы и стенки просты в проектировании, необходимо лишь правильно рассчитать глубину и длину водобойного колодца.

Быстроток – наиболее простой тип сопрягающего сооружения; это тот же канал, но с уклоном больше критического.

Быстротоками называются такие сооружения, которые с большими скоростями переводят воду из верхнего канала в нижний по лотку без отделения струи воды от лотка.

Размеры и уклон быстротока определяются заданной наибольшей допускаемой скоростью для материала лотка и воды, в зависимости от содержания в ней наносов.

Быстроток имеет следующую конструкцию: вход, лоток быстроток, успокоитель и выходную часть.

Быстротоки устраивают из бетона, железобетона, бутового камня и других строительных материалов.

Как правило, перепады применяют, если рельеф местности не допускает устройства быстротока, то есть когда уклоны местности сравнительно велики. В зависимости от высоты падения местности проектируют одноступенчатые или многоступенчатые перепады.

Перепады устраивают из бетона, бутового камня, кирпича, железобетона, а при небольших падениях и малых удельных расходах – из габионов и дерева. Временные перепады могут быть хворостяно-каменными, фашинными и из других местных строительных материалов.

Перепад имеет следующую конструкцию: вход, стенки падения и ступеней, продольные стены, флютбетты на входе и на ступенях, выход аналогично быстротоку.

Если рельеф местности не допускает устройства быстротока или перепада, то прибегают к консольному сбросу воды, называемому консольным перепадом или просто консолью.

Консольный перепад получил свое название по гасительному устройству, представляющему собой струенаправляющий лоток, располагающийся на опоре, доходящей до материкового грунта или выполненной в виде висячих свай.

Струенаправляющий лоток отбрасывает воду на некоторое расстояние от опоры, и поток падает на неукрепленный грунт, образуя воронку размыва, величину которой и прежде всего ее глубину необходимо рассчитать.

В состав консольного перепада входят: вход, быстроток, струенаправляющий лоток на опоре, крепление грунта около опоры [15].

4 Состав, характеристики и назначение сопрягающих сооружений магистральных каналов

Сопрягающие сооружения имеют следующее назначение:

- создание безопасных гидравлических условий движений воды как в самом сооружении, так и на примыкающих к нему участках водотоков. Это значит, что при расчетном гидравлическом режиме не должно быть ни подпора, ни спада в верхнем (подводящем) канале, а в нижнем (отводящем) канале не должно быть размыва. В пределах сооружения скорости должны быть не выше допускаемых;

- обеспечивать прочность и устойчивость сооружений сети;

- обеспечивать пропуск в нижний бьеф плавающих тел и шуги.

Состав сопрягающих сооружений выбирают на основании технико-экономических расчетов, сравнений вариантов с учетом обстоятельств, связанных с производством работ и эксплуатацией.

Главным критерием, оказывающим влияние на выбор состава, является характер рельефа местности, на которой предполагается устройство сопрягающего сооружения. На пологих склонах, при падении уклонов от 0,08 до 0,20, а по рекомендации некоторых авторов и до 0,25, можно проектировать быстротоки – они будут при всех других равных условиях более экономичны. На крутых склонах, при $i = 0,2-0,3$, экономически целесообразнее устраивать перепады, так как в этом случае быстротоки могут оказаться дороже вследствие недопустимых скоростей [14, 15].

Если же рельеф местности обрывистый и уклоны равны единице и круче, то рекомендуется применять консоли.

Второй немаловажный критерий – уровень стояния грунтовых вод. При близком их залегании от дневной поверхности лучше выбирать быстротоки или консоли как менее массивные сооружения.

Качество грунтов основания также влияет на выбор типа сопрягающих сооружений. Наиболее требовательны к грунтам консоли по двум причинам: во-первых, для опоры нужно твердое основание, а во-вторых, размеры воронки размыва при слабых грунтах получаются иногда неприемлемо большими.

На втором месте после консолей по требовательности к качеству грунтов основания находятся перепады, а потом уже идут быстротоки, как наиболее легкие сооружения.

Важное значение для выбора состава сопрягающего сооружения имеют также и условия эксплуатации, особенно консолей, так как необхо-

димо постоянно наблюдать за состоянием опоры и глубиной воронки размыва.

За быстотоками более внимательно нужно следить зимой, когда во время морозов на бортах лотков трапецидального сечения намерзает вода, стесняя живое сечение и уменьшая пропускную способность быстотока. Следует отметить, что индивидуальные сопрягающие сооружения, в особенности быстотоки, обычно проектируют на удельный расход 4–12 м³/с.

Повороты быстотоков вызывают набегание потока на один борт и выплескивание воды, что также нельзя считать благоприятным во время эксплуатации.

Из всех конструкций сопрягающих сооружений наиболее надежны в эксплуатации перепады. Если они правильно запроектированы, то в задачу эксплуатационного персонала входит лишь наблюдение за состоянием сооружения и периодический ремонт.

При нормальных условиях наиболее экономичным конструктивным исполнением сопрягающего сооружения считается консоль, потом быстоток, а перепад относится к более дорогим сооружениям.

Однако при определенных условиях консольный сброс может оказаться дороже и сложнее всех других сопрягающих сооружений главным образом за счет технической сложности и большой стоимости опоры.

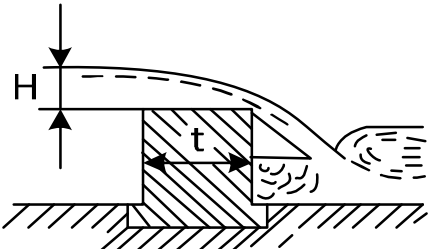
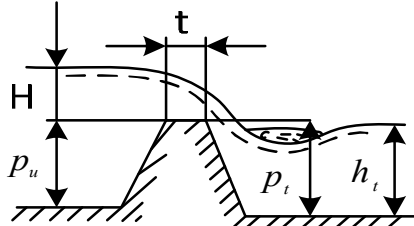
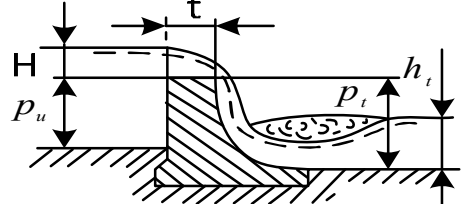
Все перепады характеризуются исходя из различных признаков: наклон стенки падения, тип водосливной части, число ступеней, материал конструкции и т. д.

По конструкции водосливной части различают перепады: по конструкции водослива с широким порогом, по конструкции водослива практического профиля и по конструкции водослива практического профиля с приподнятым порогом (таблица 2).

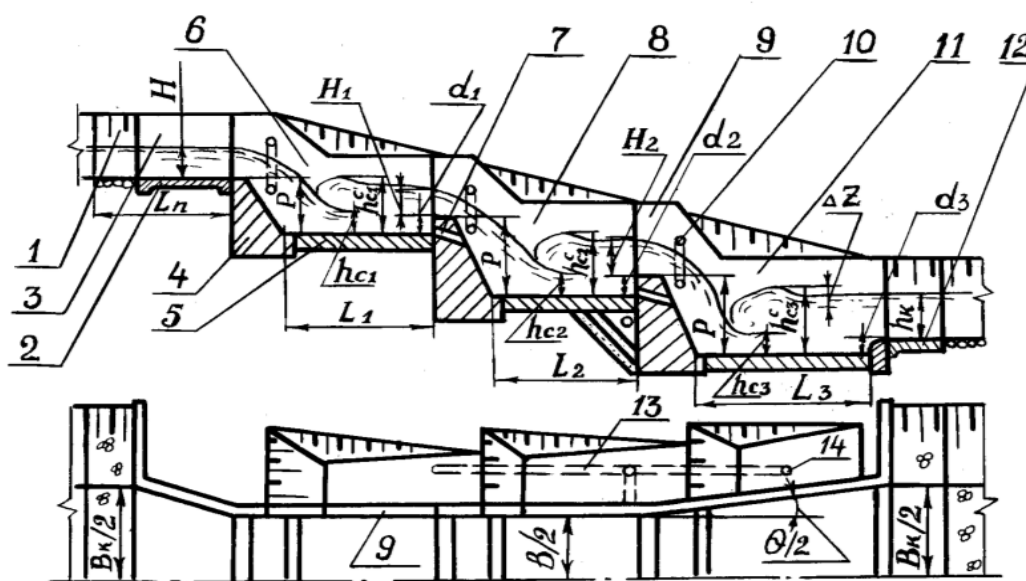
Таблица 2 – Характеристика и состав водосливов [15]

Характеристика конструкции водослива	Конструкция и схема водослива	Отличительные признаки
1	2	3
Форма и размер водосливного порога (поперечное сечение)	<p>С тонкой стенкой</p> 	Толщина стенки t не влияет на характер истечения: $t \leq 0,67$. Обычно это мерные водосливы

Продолжение таблицы 2

1	2	3
	<p>С широким порогом</p> 	<p>Потерями напора H по длине можно пренебречь: $2H \leq t \leq 8H$</p>
	<p>Практического профиля: трапецеидального (полигонального)</p> 	<p>Ширина водослива по верху $0,5...0,67$ $H < t < 2H$; h_t – уровень воды в НБ; p_t – высота порога со стороны НБ</p>
	<p>Криволинейного</p> 	<p>Верхняя часть гребня и низовая грань имеют плавное очертание</p>
<p>Очертание водосливной стенки в плане</p>	<p>Прямые или лобовые; косые; боковые; полигональные, круговые криволинейные, замкнутые (в том числе кольцевые)</p>	<p>Очертания зависят от ориентации водослива относительно направления потока</p>
<p>Характер сопряжения струи с НБ</p>	<p>Неподтопленное истечение потока</p>	<p>Уровень НБ не влияет на расход и условия перелива воды через порог ($h_t < p_t$)</p>
	<p>Подтопленное истечение потока</p>	<p>Уровень НБ влияет на расход и условия перелива ($h_t > p_t$)</p>
<p>Соотношение ширины водослива b русла B_u в ВБ</p>	<p>С боковым сжатием</p>	<p>$B_u > b$</p>
	<p>Без бокового сжатия</p>	<p>$B_u = b$</p>

По числу ступеней перепады бывают одно-, двух-, трех- и многоступенчатыми. Теоретически число ступеней может быть достаточно большим. Все зависит от рельефа местности и общей высоты перепада. При этом на одном и том же участке может быть сочетание различных гидротехнических сооружений. Перепады устраивают на тех участках местности, где уклон водотока оказывается больше критического. Эти сооружения используются также как открытые береговые водопропускные сооружения при пропуске расходов воды в обход плотин. В гидротехническом строительстве часто применяются одноступенчатые и многоступенчатые перепады (рисунок 1) [14].



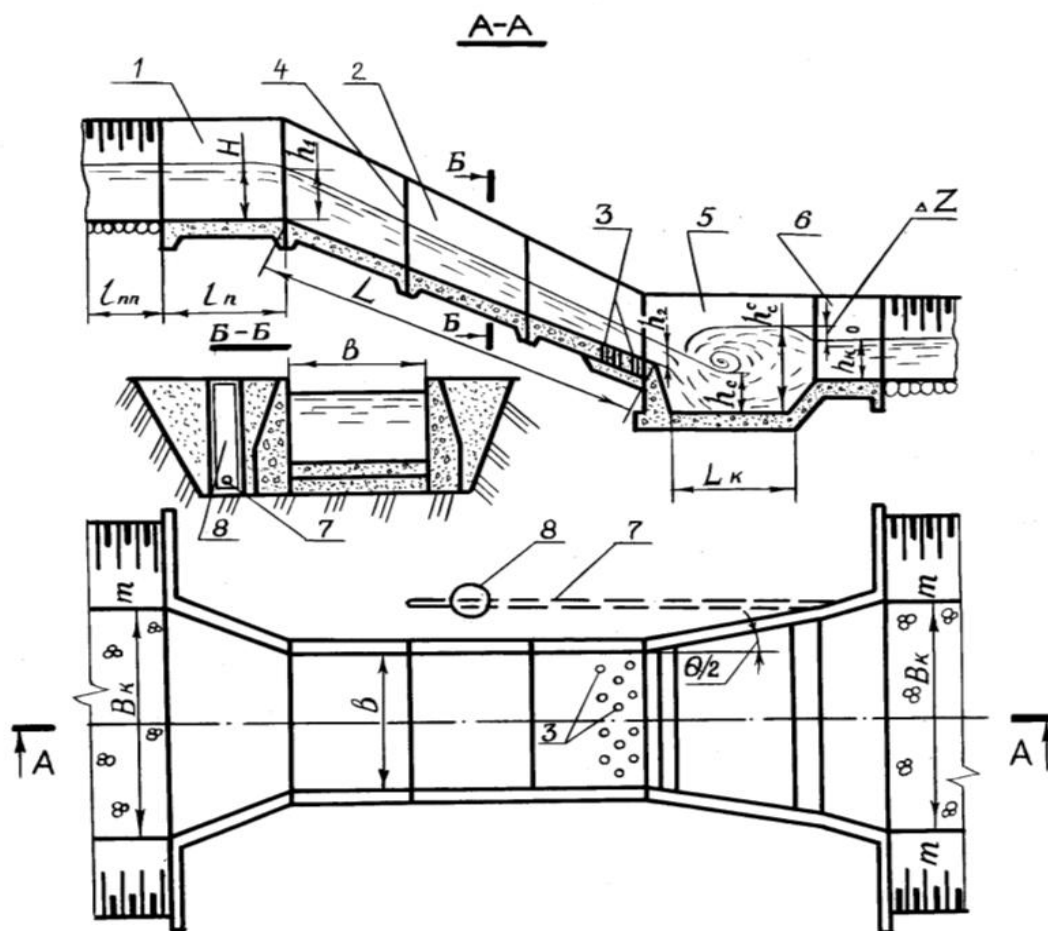
- 1 – подводящий канал; 2 – понур; 3 – входная часть; 4 – стенка падения;
 5 – водобойная плита; 6 – первая ступень; 7 – сливные отверстия; 8 – вторая ступень;
 9 – боковая стенка; 10 – воздушные отверстия; 11 – последняя ступень; 12 – рисберма;
 13 – застенный дренаж; 14 – смотровой колодец

Рисунок 1 – Состав многоступенчатого перепада

Быстротоками называются такие сооружения, которые с большими скоростями переводят воду из верхнего канала в нижний по лотку без отделения струи воды от лотка. Они состоят из входного участка, лотка (транзитная часть) и выходного участка – гасителя.

В конструктивном отношении входная и выходная части быстротока аналогичны как и в перепадах.

По конструкции транзитной части быстротоки бывают открытые и закрытые, или трубчатые, криволинейные в плане, с искусственной шероховатостью, струйные (с лотком, разделенным продольными стенками на несколько лотков), переменной ширины (рисунок 2).



1 – вход; 2 – лоток; 3 – отверстия в плитах; 4 – шов; 5 – водобойный колодец;
6 – выход; 7 – застенный дренаж; 8 – смотровой колодец

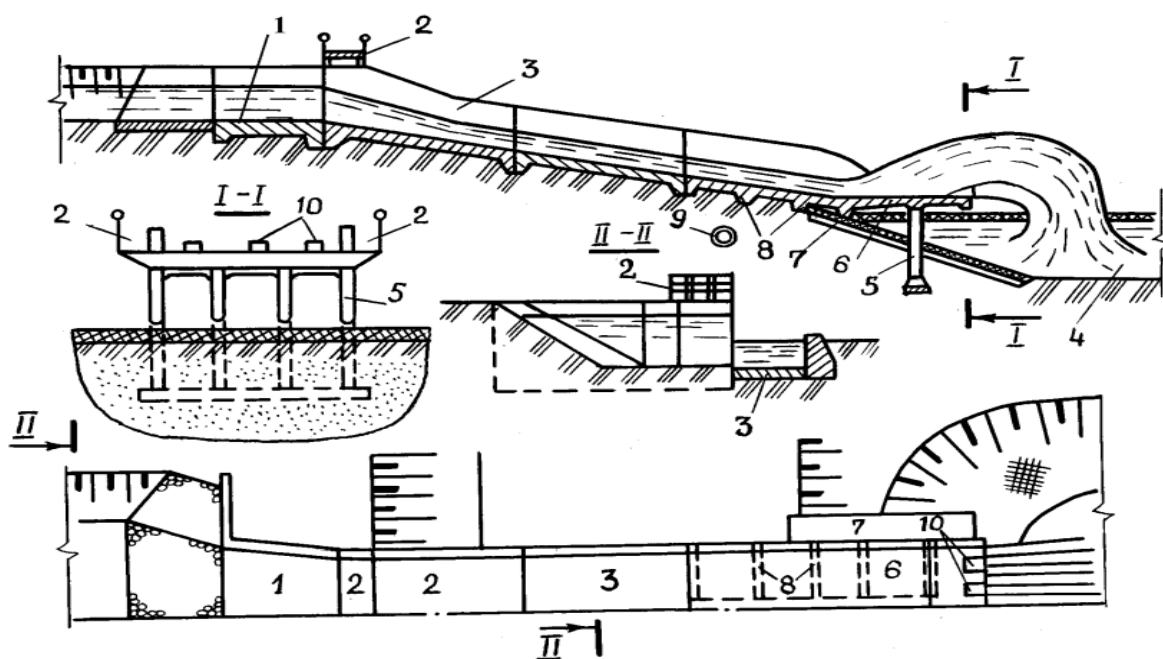
Рисунок 2 – Состав бетонного быстротока

Поперечное сечение лотка быстротока может быть прямоугольным, трапецидальным, треугольным и полигональным. По гидравлическим условиям работы оптимальным считается прямоугольное поперечное сечение, так как в других сечениях происходит концентрация струи на осевой части, что приводит к неустойчивости потока.

Консольный перепад (рисунок 3) получил свое название по гасительному устройству, представляющему собой струенаправляющий лоток, располагающийся на опоре, доходящей до материкового грунта или выполненной в виде висячих свай.

В состав консольного перепада входят: вход, быстроток, струенаправляющий лоток на опоре, крепление грунта в зоне предполагаемого размыва, т. е. в пределах будущей воронки размыва [15].

Входная часть и быстроток в конструктивном отношении такие же, как и в быстротоках.



- 1 – входной участок; 2 – служебные мостики; 3 – лоток; 4 – воронка размыва;
 5 – рамная опора; 6 – консоль; 7 – габионное крепление; 8 – балки жесткости;
 9 – дренаж; 10 – трамплины

Рисунок 3 – Состав консольного перепада

Лоток проектируют таким образом, чтобы в конце его скорости потока достигали предельной расчетной величины. Длину консоли принимают 24 м. Дальность отлета струи определяется скоростью, высотой падения и особенностью конструкции концевой части консоли

При постоянном или близком к постоянному расходе воды можно устраивать консоль с обратным (отрицательным) уклоном. Обратный уклон создает условия для большего отлета струи от опор, в связи с чем от них удаляется воронка размыва. Если расходы воды на консоли непостоянны, то устраивать обратный уклон не рекомендуется, так как при малых расходах может происходить подмыв опор. Чтобы вода не затекала под дно лотка консоли, особенно при малых расходах, в конце его устраивается слив.

Габариты воронки размыва зависят от скорости струи и сопротивляемости грунта размыву. Гашение энергии ниспадающего потока обеспечивается только после того, как падающая струя размыва грунт и создала воронку таких размеров, при которых происходит успокоение потока.

5 Техническое обслуживание сопрягающих сооружений магистральных каналов с учетом гидродинамических нагрузок, возникающих при пропуске форсированных расходов воды

Пропуск форсированного расхода через сопрягающие сооружения приводит к резкому увеличению вертикальных гидродинамических нагрузок на элементы конструкции. Осредненное во времени значение вертикальной нагрузки характеризуется дефицитом давления в верхней части гидротехнических сооружений, в результате чего возникают разрывы потока жидкости (кавитация) и максимальное уменьшение давления внутри потока. Развитие кавитационных процессов сопровождается образованием парогазовых пузырьков, увеличение числа которых приводит к образованию пульсирующих кавитационных каверн и дальнейшему разрушению элементов конструкции сопрягающих сооружений.

Разработка мероприятий по техническому обслуживанию сопрягающих сооружений должна основываться на степени износа бетонных оснований сооружения. Для предотвращения возникновения местных размывов за счет кавитационной эрозии следует произвести оценку возможности возникновения кавитации.

Оценку возможности возникновения кавитации проводят общепринятым методом сопоставления фактических значений коэффициентов кавитации вблизи рассматриваемых элементов K с критическими $K_{кр}$ [16]:

$$K = \frac{H_n + H_a}{w_c^2 / 2 \cdot g}, \quad (1)$$

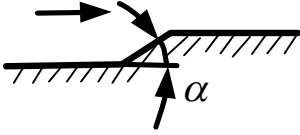
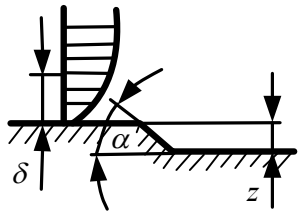
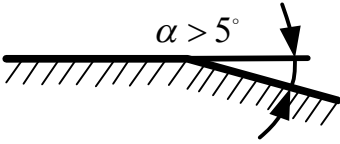
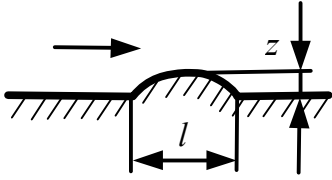

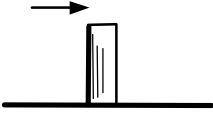

где H_n – пьезометрический напор, м;

H_a – атмосферное давление, м вод. ст.;

w_c – скорость водного потока, м/с.

При этом условие возникновения кавитации выражается неравенством $K < K_{кр}$. Значения критических значений кавитации могут быть определены экспериментально по выведенным зависимостям [17, 18] для различных форм неровностей сопрягающих сооружений. Значения критического числа кавитации для наиболее распространенных форм неровностей представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Значение критических чисел кавитации в зависимости от типов неровностей [18]

Вид неровности	Характеристика неровности	$K_{кр}$
1	2	3
	<p>Выступ изолированный или по всей ширине потока (стык облицовок, выступ бетона из-за смещения или дефектов опалубки и т. п.)</p>	$2 \sin \alpha$
	<p>Уступ по потоку $90^\circ \geq \alpha > 20^\circ$</p>	<p>1</p>
	<p>Излом поверхности</p>	<p>1,05</p>
	<p>Плавный выступ (сварной шов, наплыв бетона)</p>	<p>$0,187\sqrt{\alpha^\circ}$ или при $2 \leq \frac{l}{z} \leq 6$ $2 - 1,09 \lg \frac{l}{z}$</p>
	<p>Одиночный выступ с округленной или острой верхней кромкой (плохо зачищенный след от стыка опалубки, выступы заполнителей бетона, брызги сварки)</p>	<p>2,0–3,5</p>
	<p>Стержень арматуры</p>	<p>3,0–4,0</p>
	<p>Равномерная шероховатость</p>	<p>≤ 1</p>

Наличие изолированного выступа в сооружении сопровождается увеличением критического числа кавитации в сравнении с устройством выступа в равномерно распределенной шероховатости. Это связано с уменьшением падения давления за каждым из последовательно расположенных выступов, обусловленного вихревым следом.

Размеры выступов δ при равномерно распределенной шероховатости стальных и бетонных поверхностей даны в таблице 4. По расстоянию δ от стенки определяется скорость набегания на выступ.

Таблица 4 – Значения размеров выступов для наиболее часто используемых облицовочных материалов [18]

Характер поверхности	Высота выступа δ , мм
Стальная облицовка со следами коррозии; бетонная поверхность с затиркой	0,5–1,0
Бетон, выполненный с деревянной опалубкой	1,0–3,0
Бетон с низким качеством обработки поверхности или после длительной эксплуатации сооружения	3,0–6,0

Следствием устойчивой кавитации является кавитационная эрозия. Наиболее удобным методом оценки интенсивности эрозии является скорость роста эрозионных каверн, которая зависит от стадии развития кавитации, выражается отношением числа кавитации к его критическому числу $K/K_{кр}$ (таблица 5).

Таблица 5 – Стадии развития кавитационной эрозии в зависимости от соотношения $K/K_{кр}$ [18]

Стадия развития	Участки на рисунке	$K/K_{кр}$
1	2	3
Кавитация отсутствует	1	1
Начальная	2	От 1 до 0,7–0,8
Развитая	3, 4	От 0,7–0,8 до 0,2–0,1
Суперкавитация (при плохо обтекаемом теле)	4	Менее 0,2–0,1
Максимальная интенсивность кавитации	Точка В	0,35

При неизбежности кавитационной эрозии продолжительность межремонтного периода должна соответствовать либо начальному периоду развития эрозии, в течение которого еще нет видимых повреждений поверхности, либо тому периоду времени, в течение которого кавитационные повреждения не достигают опасного для сооружения объема. После выбора расчетного периода необходимо определить оптимальную стратегию замены или ремонта оборудования с последующим расчетом затрат на ее реализацию.

Техническое обслуживание и ремонт сопрягающих сооружений предусматривают выполнение определенного комплекса работ, проводимых с определенной периодичностью и последовательностью, направленных на обеспечение надежной и экономичной эксплуатации. К таким работам можно отнести [2]:

- определение и устранение промоин, оползней, просадок, выпучивания грунта и вымыва его в дренажи, каверн и трещин в теле сооружения, разрушения, ливнеотводящих устройств;

- ликвидация обнаруженных в теле сооружений ходов землеройных животных. Для борьбы с землеройными животными следует привлекать специализированные организации;

- организация отвода воды при обнаружении застоя воды на гребне или берегах земляных сооружений;

- поддержание откосов земляных плотин в исправном состоянии с соблюдением проектных данных; толщина крепления должна соответствовать фактическим волновым и ледовым нагрузкам;

- осуществление мер по защите бетона в случае возможных деформаций и повреждений бетонных креплений откосов или других частей сопрягающих сооружений в результате покрытия их льдом;

- осуществление работ по уничтожению при значительном зарастании водной растительностью механическими камышекосилками или биологическим методом;

- проведение дноуглубительных работ на заиленных участках ложа;

- ликвидация застойных зон при их значительной площади путем устройства струенаправляющих дамб; указанное мероприятие выполняется совместно со специализированной организацией.

Список использованных источников

1 Об утверждении Рекомендаций к содержанию правил эксплуатации гидротехнических сооружений (за исключением судоходных гидротехнических сооружений: приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 27 сентября 2012 г. № 546: по состоянию на 27 сентября 2012 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

2 СТО 70238424.27.140.003-2010. Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования. – Введ.: 2010-09-16. – М.: РАО «ЕЭС России», 2010. – 222 с.

3 Руководство по натурным наблюдениям за деформациями гидротехнических сооружений и их оснований геодезическими методами: П-648: утв. Минэнерго СССР, Гидропроект им. С. Я. Жука 01.01.80. – М.: Энергия, 1980 г. – 116 с.

4 Рекомендации по обследованию гидротехнических сооружений с целью оценки их безопасности: П 92-2001: утв. Департаментом научно-технической политики и развития РАО «ЕЭС России» 07.10.2000: введ. в действие с II кв. 2001 г. – СПб.: ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 2001.

5 Рекомендации по анализу данных и проведению натурных наблюдений за осадками и горизонтальными смещениями бетонных плотин: П 83-2001 (ВНИИГ): утв. РАО «ЕЭС России» Письмо № 02-1-03-4/618 от 03.07.98: введ. в действие с I кв. 2002 г. – СПб.: ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 2002. – 24 с.

6 Об утверждении унифицированных форм первичной учетной документации по учету работ в капитальном строительстве и ремонтно-строительных работ: постановление Российского статистического агентства от 11 ноября 1999 г. № 100: по состоянию на 11 ноября 1999 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

7 СТО 17230282.27.010.001-2007. Здания и сооружения объектов энер-гетики. Методика оценки технического состояния // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

8 ГОСТ 19185-73. Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения. – Введ. постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР 31.10.73. № 2410. – М.: Из-во стандартов, 1974. – 22 с.

9 СНиП 33-01-2003 Гидротехнические сооружения. Основные

положения. – Введ. 2004-01-01. – М.: ЦПП, 2004. – 30 с.

10 СО 34.21.308-2005. Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения. – Введ. 2006-01-01. – М.: ЦПТИиТО ОРГРЭС, 2006. – 31 с.

11 О безопасности гидротехнических сооружений: Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ: по состоянию на 28 декабря 2013 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

12 СТО 17230282.27.010.001-2007. Здания и сооружения объектов энергетической. Методика оценки технического состояния // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

13 СТО 70238424.27.100.048-2009. Гидротехнические сооружения ТЭС организация эксплуатации и технического обслуживания. – Введ.: 2009-05-29. – М.: НП «ИНВЭЛ», 2010. – 134 с.

14 Волков, И. М. Гидротехнические сооружения / И. М. Волков, П. Ф. Кононенко, И. К. Федичкин. – М.: Колос, 1968. – 464 с.

15 Мелиорация и водное хозяйство. Сооружения. Строительство: справочник / под ред. А. В. Колганова, П. А. Полад-заде. – М.: Ассоциация Экост, 2002. – 601 с.

16 Воробьев, Г. А. Защита гидротехнических сооружений от кавитации / Г. А. Воробьев. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 247 с.

17 Гидротехнические сооружения / Н. П. Розанов [и др.]; под ред. Н. П. Розанова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 432 с.

18 Слисский, С. М. Гидравлические расчеты высоконапорных гидротехнических сооружений: учеб. пособие для вузов / С. М. Слисский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 304 с.

Приложение А

Техническое обслуживание конструктивного элемента Садковского водосброса Донского магистрального канала (быстротока)

В состав Садковского водосброса ДМК входят следующие сооружения:

- головное регулирующее сооружение сброса;
- быстроток на ПК 2+87,5 отводящего тракта;
- участок канала от ПК 3+71,4 до ПК 4+66,3 длиной 85 м, укрепленный каменной мостовой;
- консольный перепад на ПК 4+66,3;
- водоотводящий тракт-прокоп в балку Садковку.

Быстроток начинается за водобойным колодцем головного сооружения концевого Садковского сброса, на ПК 2+72,5 понурной плитой, являющейся переходным участком и имеющей длину 15 м, ширину на входе 8 м, а в месте сопряжения с быстротоком – 6 м. Отметка понура быстротока – 19,5 м.

Быстроток состоит из железобетонного наклонного лотка трапецеидального сечения и водобойного колодца. Длина быстротока – 55,8 м, падение – 6,5 м, уклон – 0,1 м. Толщина днища лотка – 0,7 м, ширина днища – 6 м, толщина откосных плит изменяется от 0,3 до 0,5 м.

Участок канала между быстротоком с консольным перепадом укреплен каменной отмосткой. Берег воронки размыва у корня консольного перепада укреплен каменной мостовой, а в подводной части – каменной наброской.

Техническое обслуживание быстротока заключается в систематическом проведении эксплуатационного контроля технического состояния сооружений, ремонтов (текущий, аварийный) и ведении документации по оценке технического состояния сооружений.

Наблюдения проводятся в соответствии с инструкцией по проведению натуральных наблюдений в составе работ по эксплуатационному контролю (утвержденной эксплуатирующей организацией).

Кроме визуальных наблюдений в состав работ по эксплуатационному контролю технического состояния быстротока входят следующие наблюдения и исследования:

- измерение скоростей течения и определение расхода воды в нижнем бьефе, а при технической возможности – в пределах сооружений;
- учет расхода и объема воды по водоизмерительным приборам (стокомерам и расходомерам);

- изучение изменения связи расходов и уровней в нижнем бьефе;
- геодезические и гидрометрические съемки рельефа дна и берегов на участке местных деформаций русла;
- наблюдение за фильтрацией в основании сооружений;
- наблюдения за осадкой сооружений;
- осмотр обтекаемых потоком поверхностей по всей трассе сооружения, включая и подводный участок, и фиксацию их состояния с помощью различных съемок (фотографическая, геодезическая, стереофотограмметрическая и т. п.);
- оценка кавитационной и абразивной эрозии, а также иных повреждений бетонных поверхностей;
- измерение осредненной и пульсационной составляющих давления;
- фиксация аэрации потока в пределах сооружения;
- наблюдения за образованием наледей в пределах водосбросных сооружений с фиксацией их нарастаний в течение морозного периода.

К числу выявляемых и регистрируемых основных видов повреждений железобетонных конструкций быстротока относятся:

- коррозия бетона;
- наличие в бетонной кладке сквозных трещин, являющихся очагами сосредоточенной фильтрации;
- коррозия бетона надводных частей конструкций вследствие попеременного замораживания-оттаивания зимой и нагревания-охлаждения в теплое время года, включая воздействие солнечной радиации;
- коррозия водонасыщенного бетона в зоне переменного уровня воды вследствие попеременного замораживания и оттаивания;
- разрушение бетона вследствие кавитации или гидроабразивного износа, часто сочетающегося с воздействием замораживания-оттаивания;
- механическое повреждение бетонной кладки (сколы углов элементов, раздробление бетона в отдельных зонах и т. п.);
- необратимое раскрытие швов вследствие температурных и других воздействий (просадки основания, землетрясения и др.);
- трещины, вызванные силовыми нагрузками, неравномерными осадками или температурными воздействиями;
- трещины, вызванные реакцией щелочей цемента с заполнителями, содержащими активный кремнезем;
- вертикальные, горизонтальные и наклонные трещины в растянутой зоне элемента с величиной раскрытия больше допускаемой нормами;

- трещины вдоль сжатой зоны элемента, в том числе, в коньке двускатных балок;

- потеря бетоном защитных свойств по отношению к арматуре (карбонизация бетона на всю толщину защитного слоя, выщелачивание бетона и т. п.);

- трещины в защитном слое бетона вдоль стержней арматуры и отслоение защитного слоя бетона;

- коррозия арматуры;

- механические повреждения арматуры;

- повреждения стальной облицовки (коррозия металла и швов, трещины, вырывы, уменьшение толщины вследствие истирания, контакта с окружающим железобетонным массивом и др.).

При обнаружении трещин или повреждений бетона сооружений сброса необходимо:

- зарисовать положение трещин и повреждений, выявить их характер и направление (продольная, наклонная), указать ширину, длину, а по возможности, и глубину, пронумеровать их, внести в соответствующий журнал с указанием даты обследования;

- при интенсивном развитии трещины и повреждений оценить степень опасности нарушения прочности и устойчивости сооружения, привлечь при необходимости специализированную организацию.

К текущему ремонту относятся ремонтные работы по устранению небольших повреждений и неисправностей, проводимые регулярно в течение года, как правило, без прекращения работы быстротока по специальным графикам. К наиболее распространенным работам относятся:

- очистка канала сооружения от зарастания и заиления;

- чистка от наносов и сора каналов;

- расчистка и заделка цементным раствором трещин, каверн и выбоин;

- восстановление торкрета, штукатурки и покрытия, а также поверхностных частей понура, водобоя и рисбермы или крепление последних наброской камня;

- восстановление спланированной поверхности около сооружения;

- восстановление защитного слоя изоляции, антикоррозийного покрытия и окраски конструкций;

- торкретирование внутренней поверхности облицовки.

В случае прохождения форсированных расходов через быстроток, в соответствии с планом водопользования сельхозтоваропроизводителей, на

Донском магистральном канале необходимо выполнять подготовительные работы.

В состав подготовительных работ перед пропуском форсированных расходов включаются:

- общий осмотр эксплуатационной комиссией состояния быстротока;
- проверка работоспособности КИА;
- завершение плановых ремонтов на быстротоке;
- проверка действия затворов и оборудования, работа которых связана с пропуском форсированных расходов;
- выполнение мероприятий по обеспечению надежной работы затворов и их подъемных устройств;
- расчистка от снега и наледей нагорных канав у сооружений, кюветов на гребне и бермах плотин;
- проверка и поддержание в исправном состоянии проездов и подъездов для автотранспорта к сооружению.

Оповещение о сбросах воды в установленном порядке должно передаваться местным органам управления.

После прохождения форсированного расхода через сооружение, особенно крепления нижнего бьефа, а также оборудование должны быть осмотрены, выявлены повреждения и назначены сроки их устранения.

Немедленному устранению подлежат нарушения и процессы в работе гидротехнического сооружения и механического оборудования, представляющие опасность для людей и создающие угрозу устойчивости и работоспособности основных конструктивных элементов быстротока.

К таким нарушениям и процессам отнесены:

- резкое усиление фильтрационных процессов и суффозионных явлений с образованием просадочных зон и оползневых участков;
- неравномерная осадка быстротока, превышающая предельно допустимые значения и создающая угрозу их устойчивости;
- забивка (заносы, завалы и т. п.) водопропускного сооружения, что может привести к переливу воды через гребень с последующим разрушением сооружения;
- выход из строя основных затворов или их подъемных механизмов, водосбросных и водопропускных устройств.

При угрозе возникновения аварийных ситуаций необходимо организовать усиленный контроль за состоянием возможных зон повышенной опасности, а также иметь постоянную информацию от соответствующих государственных органов об угрозе возникновения стихийных явлений.

Противоаварийные устройства, водоотливные и спасательные средства должны содержаться в исправном состоянии и периодически проверяться.