

ОЧИСТКА ЛИНЕЙНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ОТ ЗАИЛЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

1. Обследование водопропускных гидротехнических сооружений средствами видеоконтроля
2. Очистка линейных гидротехнических сооружений гидродинамическим способом

Первый вопрос

Обследование состояния водопропускных гидротехнических сооружений на открытой регулирующей мелиоративной сети с применением видеоконтроля – это комплекс мероприятий по получению и фиксации достоверной видеоинформации о труднодоступных элементах ГТС с последующим ее анализом.

Цель обследования – определение технического состояния сооружения в соответствии с проектными нормами для принятия решений о необходимости проведения технического обслуживания или ремонта. Своевременное обследование способно определить зарождающиеся дефекты на ранней стадии, что позволяет существенно снизить затраты на их устранение, за счет более точного определения характера и размеров повреждений.

Обследование труднодоступных участков гидротехнических сооружений можно выполнять комплексом средств диагностики КСД-160У (разработанным в РУП «Институт мелиорации»). Применение данного оборудования позволяет проводить осмотр водопропускных сооружений на открытой регулирующей мелиоративной сети с помощью видеокамеры на удалении (глубине) до 4 м.

Комплекс средств диагностики КСД-160У состоит из видеокамеры, закрепленной на раздвижной штанге общей длиной 4,0 м и блока управления (рис. 1).



Рисунок 1– Диагностическо-поисковое оборудование КСД-160У:

1 - штанга с видеокамерой; 2 - блок управления с видеомонитором

Технические характеристики комплекса средств диагностики КСД-160У приведены в табл. 1.

Непосредственным результатом обследования средствами видеоконтроля являются фотоматериалы дефектных участков, сохраняемые на цифровых носителях для дальнейшей обработки.

Проведение обследования и оценка состояния водопропускных гидротехнических сооружений на открытой регулирующей мелиоративной сети включает подготовительный, полевой и камеральный этапы.

Подготовительный этап включает:

– сбор и изучение имеющейся технической документации по объекту обследования, а также доступных материалов по оценке его технического состояния на момент выполнения работ;

– подготовка схемы сооружения в целях нанесения на нее расположения обследованных участков и мест обнаруженных повреждений;

– расчистка контролируемых элементов от обрастаний, заиления, мусора;

– подготовка оборудования КСД-160У и технических средств к работе.

Обследование проводят с откоса канала (лодки), либо сооружения. Видеокамеру, установленную на штанге, помещают в зону проведения обследования. Направление осмотра зависит от высоты подводной части сооружения и местных условий. При горизонтальных ходах сооружение разделяют на участки, границы которых обозначают маркировочными метками или определяют по конструктивным особенностям (выступам, швам, краям плит и др.).

Т а б л и ц а 1 – Технические характеристики КСД-160У

Наименование показателей	Значение
Угол обзора видеокамеры, град., не менее	75
Сила подсветки, кд, не менее	100
Напряжение питания оборудования, В	12
Длина штанги, м, не менее	4
Габаритные размеры корпуса видеокамеры:	
длина, мм, не менее	120
ширина, мм, не более	140
высота, мм, не более	80
Масса оборудования, кг	3
Габаритный размер блока управления:	
длина, мм	500
ширина, мм	380
высота, мм	240
Масса оборудования, кг	15
Обслуживающий персонал, чел.	1 (2)

Оценивается состояние элементов сооружения:

- проверяются стыки железобетонных труб;
- определяется наличие трещин в теле железобетонных конструкций;
- оценивается выщелачивание железобетона и тела трубы;
- контролируются места сопряжения входного и выходного оголовка с телом трубы;
- оценивается состояние элементов металлоконструкций;
- определяется вид поверхности бетона: гладкий, шероховатый, рыхлый;
- отыскиваются места отслаивания, сколов и выкрашивания бетона;
- фиксируются места локального и площадного обнажения арматуры с признаками коррозии;
- выявляются дефекты шпонок температурно-осадочных швов (вытекание мастики, очаги фильтрации воды, вымыв грунта, нарушение целостности уплотнений).

При обследовании труб-регуляторов следует установить наличие промоин и вымывание через них засыпки, состояние стоков и антикоррозийных покрытий, величину раскрытия швов между элементами и величину смещения отдельных элементов, заиливание низа затворной рамы.

Сведения об обнаруженном дефекте или изменении в конструкции заносят в журнал обследования и на рабочую схему сооружения, а также делают видеозапись с регистрацией номера файла и отметкой времени и даты.

Камеральный этап работы включает: обработку и анализ данных, полученных при обследовании, составление отчета и заключения об уровне технического состояния обследованных элементов сооружений.

Оценка состояния ГТС на основе анализа результатов визуальных обследований с применением средств видеоконтроля производится путем анализа фото-видеоматериалов элементов ГТС.

Результаты обследования отражаются в отчете, который должен содержать конкретные

данные об установленных физических повреждениях и дефектах, а также содержать оценку данных с точки зрения их соответствия проектным параметрам.

Отчет об обследовании предоставляется эксплуатирующей организации для вынесения окончательного заключения о состоянии сооружения и возможности его дальнейшей эксплуатации.

К типичным повреждениям и дефектам, обнаруженным при обследовании труб-регуляторов, шлюзов-регуляторов и других водопропускных сооружений относятся:

- отслаивание и выкрашивание бетона;
- образование волосяных трещин;
- образование трещин с раскрытием, превышающим нормативное, с признаками коррозии арматуры и бетона;
- места с повсеместными сколами, кавернами;
- эрозия без обнажения арматуры;
- локальное, площадное обнажение арматуры и ее коррозия;
- взаимное смещение бетонных конструкций;
- дефекты шпонок температурно-осадочных швов (вытекание мастики, очаги фильтрации воды, вымыв грунта, нарушение целостности уплотнений);
- образование пробоин и вымывание через них засыпки.

Примеры визуальной оценки повреждений посредством фотофиксации КСД-160У приведены на рис. 2 и 3.

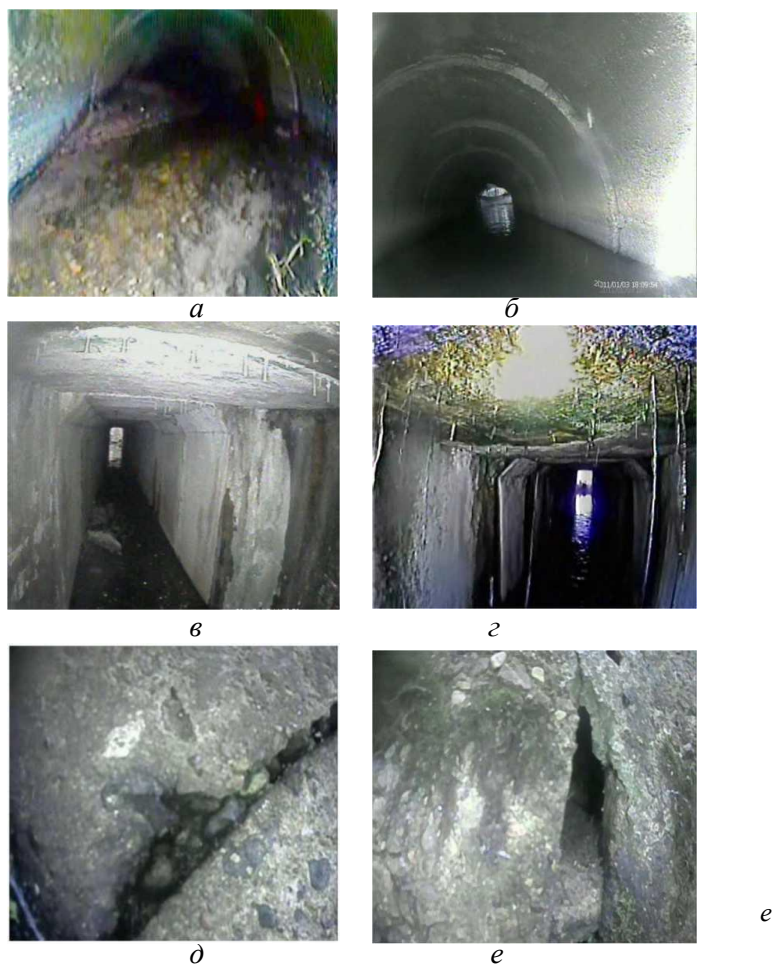


Рисунок 2– Визуальная оценка повреждений путем фотофиксации КСД-160У: *а* – заилиение трубы вследствие выпора грунта из-за разрушения ее стенки; *б* – смещение более 50% толщины стенки трубы; *в, з* – разрушение бетона стенок и свода шахтного водосброса; *д, е* – выкрашивание бетона тела трубы-регулятора и на стыке труб



Рисунок 3– Визуальная оценка повреждений труб-регуляторов посредством фотофиксации КСД-160У: а, б - локальное и площадное обнажение арматуры оголовка; в, г – разрушение бетонной части оголовка с выпором грунта обнажением арматуры; д, е – разрушение стенок труб в месте стыков и примыкания к оголовку

Обследование труднодоступных участков гидротехнических сооружений возможно выполнять комплексом средств диагностики КСД-160У (разработанным в Институте мелиорации). Применение данного оборудования позволяет безопасно проводить осмотр водопропускных сооружений на мелиоративной сети с помощью видеокамеры на удалении (глубине) до 4 м.

КСД-160У позволяет выявлять: отслаивание и выкрашивание бетона; образование волосяных трещин; образование трещин с раскрытием, превышающим нормативное, с признаками коррозии арматуры и бетона; места с повсеместными сколами, кавернами и другие неисправности в труднодоступных и опасных для нахождения человека местах.

Второй вопрос

Эффективность действия мелиоративной системы в основном зависит от нормального функционирования закрытого дренажа и, в частности, от пропускной способности водорегулирующих и переездных сооружений на проводящих каналах. Для обеспечения требуемого водного режима, на мелиорируемых сельскохозяйственных землях используется обширный комплекс гидротехнических сооружений. Очистка от наносов данных сооружений обычно выполняется вручную и затруднена при наличии в канале воды и диаметре водопропускных сооружений менее одного метра. Разработка гидродинамического способа очистки от наносов данных сооружений во многом повысит производительность, улучшит условия труда, а также снизит трудоемкость и себестоимость работ.

Следует отметить, что обязательным условием очистки сооружения от заиления должна быть предварительная подчистка канала на уровень отметки дна сооружения.

При наличии воды в каналах, существенно снизить трудоемкость работ при очистке линейных водопропускных сооружений позволяет применение, разработанных в РУП «Институт мелиорации» установки УПК-30, а также установки промывки трубопроводов УПТ-75. При очистке от заиления линейных гидротехнических сооружений с применением вышеуказанного оборудования забор воды осуществляется из канала. При недостаточной глубине и расходе воды, в русле канала устанавливается мягкая плотина МП-1.

Для утилизации объема заиления, находящегося в полости сооружения канал со стороны рисбермы углубляется на 20-30 см. Площадь углубления должна соответствовать объему отложений находящихся в сооружении. Вариантом утилизации наносов является их подчистка экскаватором, оборудованным циркульным ковшом.

В процессе очистки установка размещается на берме канала у входного отверстия или на сооружении вблизи водосточника. Заборный рукав установки подсоединяется к устройству для забора воды ЗУ-2, которое устанавливается в русле канала. При установке мягкой плотины в русле канала вблизи понура, окончательная доочистка сооружения от наносов выполняется после достижения максимального уровня воды за платиной и последующего резкого ее сброса. Сочетание размыва отложений с периодическим сбросом воды из мягкой плотины ускоряет очистку сооружения от наносов.

Размыв отложений с применением установки УПК-30 осуществляется, с применением промывочного рукава из ПВХ, оснащенного головкой прямоточной (рис. 4), так и использованием пожарного рукава диаметром 50 мм и длиной 20 м, оснащенного стволом пожарным (рис. 5). В данном случае пожарный рукав подсоединяется к нагнетательному патрубку мотопомпы.



Рисунок 4– Размыв отложений с применением установки УПК-30 и мягкой плотины МП-1



Рисунок 5– Размыв отложений в трубе-переезде с применением установки УПК-30 с ис-

пользованием пожарного рукава

Примерные нормы времени на размыв $1,0 \text{ м}^3$ отложений приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Примерная норма времени на размыв отложений в трубах- регуляторах и трубах-переездах установкой УПК-30
(состав исполнителей – 2 рабочих)

Наименование работ	Единица измерения	Количество	Норма времени на единицу, чел.-ч.
Размыв отложений в полости сооружения	м^3	1,0	0,87
Очистка рисбермы от отложений	м^3	1,0	0,48
Суммарные затраты	м^3	1,0	1,35

Для очистки трубчатых переездов диаметром до 0,6 м может применяться следующая технология:

- с применением прямоточной головки, установленной на промывочном рукаве из ПВХ, размываются отложения в трубе со стороны выходного отверстия на расстояние 2,0...3,0 м;
- головка прямоточная заменяется на головку промывочную (с передним носовым и тыльными соплами), после чего промывочный напорный рукав с данной головкой помещается в трубу на расстояние промытого участка и выполняется дальнейший размыв отложений, при этом рабочий вручную продвигает рукав по полости трубы.

Применение способа очистки от наносов водопропускных сооружений на базе установки УПК-30, наряду с положительным эффектом, показало также необходимость совершенствования оборудования, а именно: для обеспечения более эффективной транспортировки пульпы при размыве отложений необходимо применение более высокорасходной размывающей струи воды, а также обеспечение возможности управления струей воды, исходящей из насадки, посредством гидромонитора.

Следует также учитывать, что в ряде случаев, используемая для размыва отложений вода из канала содержит минеральные включения, в связи с чем, мотопомпа должна обеспечивать возможность забора и использования загрязненной воды.

С целью увеличения расходных характеристик оборудования и возможности маневрирования струей воды была разработана установка промывки трубопроводов УПТ-75 (рис.6).



Рисунок 6 – Установка промывки трубопроводов УПТ-75

Установка состоит из двух тележек, на одной из которых установлена мотопомпа, МП-90С, выпускаемая Гомельским моторостроительным заводом, а на второй закреплен

гидромонитор, соединенный с мотопомпой посредством пожарного рукава.
Техническая характеристика мотопомпы МП-90С приведена в таблице 3.

Т а б л и ц а 3–Техническая характеристика мотопомпы МП-90С

Наименование показателя	Значение
Высота подъема, м, не менее	28
Высота всасывания, м, не менее	6
Допустимый размер твердых включений, мм	20
Двигатель, модель	ДК-7
Мощность, кВт	6,6
Удельный расход топлива, кг/ч, не более	2,1
Заборный рукав: длина, м внутренний диаметр, мм	8 75
Промывочный напорный рукав: длина, м внутренний диаметр, мм	20 75
Габаритные размеры, мм не более длина ширина высота	640 510 570
Масса, кг, не более	63
Обслуживающий персонал, чел.	2
Производительность максимальная, л/мин (м ³ /ч)	1400 (84)

Мотопомпа МП-90С предназначена для перекачки загрязненной воды с твердыми включениями до 20 мм, что обеспечивает возможность применения оборудования при высокой мутности.

Гидромонитор ГМ-1 предназначен для создания мощной компактной струи воды, используемой для размыва отложений, а также возможностью маневрирования направлением создаваемой струи.

Гидромонитор (рис. 7) состоит из рамы 1, установленной на колесах 2, дышла 3, опоры 4, площадки 5, на которой размещается оператор гидромонитора. На раме 1, на вертикальной оси, закреплена вилка 6, в которой, с возможностью поворота, установлен корпус 7 со стволом 8.

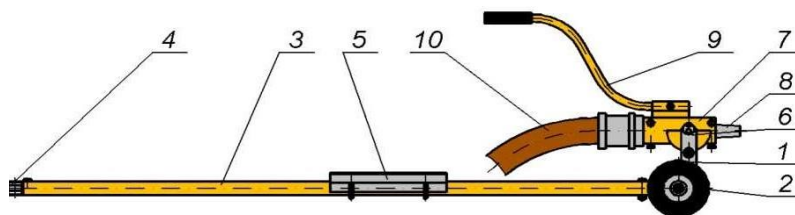


Рисунок 7 – Схема гидромонитора ГМ-1

На корпусе 7 закреплён рычаг 9 позволяющий отклонять ствол относительно вертикальной и горизонтальной осей на 30 градусов. Для фиксации ствола 8 в необходимом положении предусмотрены зажимы. К стволу присоединяется пожарный рукав 10. В комплект оборудования входит также опора, на которой, при необходимости, устанавливается корпус 7 со стволом 8.

При работе гидромонитора с установкой УПТ-75 на ствол 8 устанавливается пожарный рукав диаметром 75 мм, а при использовании установки УПК-30 - пожарный рукав диаметром

50 мм. Пожарные рукава применяются стандартные, длиной 20 м.

Основные характеристики гидромонитора ГМ-1 при работе с установкой УПТ-75 и УПК-30 приведены в таблице 4.

Т а б л и ц а 4–Основные характеристики гидромонитора ГМ-1

Марка установки	Диаметр, мм		Габаритные размеры, мм	Масса, кг
	напорного рукава	Насадки		
УПК-30	50	13 23	Длина - 1930 Ширина -380 Высота -580 (1130)	26
УПТ-75	75	19 40		
	50	13 23		

При работе установки УПТ-75 с пожарным рукавом диаметром 50 мм на выходной патрубке мотопомпы МП-90С устанавливается головка переходная ГП-80 х 50 -1,6МП.

Сечение струи воды, исходящей из насадки, не одинаково по всей длине, чем больше расстояние от обреза насадки, тем больше диаметр струи, меньше ее скорость и сила удара струи. Струю воды принято разбивать на три части: начальную - компактную (I); раздробленную (с раздробленной сплошностью течения (II)) и распыленную (струя в этой зоне обладает незначительной скоростью и давлением (III)) (рис. 8).

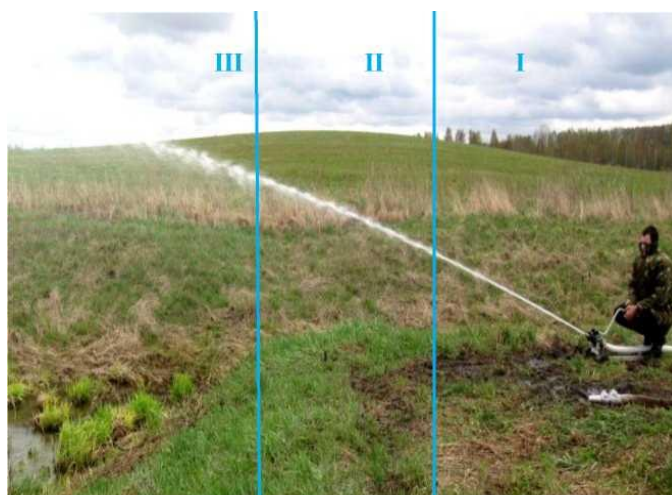


Рисунок 8 – Струя воды, исходящая из насадки гидромонитора ГМ-1 на установке УПТ-75

Дальность полета компактного участка струи воды L (м), обеспечивающей разрабтку отложений грунта в сооружении, зависит от диаметра насадки, скоростного напора и от угла наклона струи к горизонту в начальном сечении и составляет:

$$L = 0,15\sqrt[3]{\alpha d H^{2/3}}, \quad (1)$$

где: α - угол наклона струи к горизонту, град;

d - диаметр насадки, мм;

H - скоростной напор в выходном сечении насадки, мм. вод.ст.

Скоростной напор H на выходе из насадки и сила удара струи P (кг) определяются по формулам:

$$H = \frac{v^2}{2g} \quad \text{и} \quad P = \frac{\gamma}{g} wv^2 \quad (2)$$

где: v - скорость истечения струи, м/с;
 g - ускорение свободного падения, м/с²;

γ - объемный масса жидкости, кг/м³;

w - площадь сечения струи при выходе из насадки, м².

Установка УПК-30 и УПТ-75 укомплектованы типовыми пожарными стволами с диаметром насадки соответственно 13 и 19 мм, а также укороченными стволами с диаметром насадки 23 и 40 мм. При работе установки УПТ-75 с пожарным рукавом диаметром 50 мм на выходной патрубке мотопомпы устанавливается типовая головка переходная и применяются пожарные стволы с диаметром насадки 13 или 23 мм.

Основные характеристики установок УПК-30 и УПТ-75 по истечению струи воды из насадки, вычисленные по формулам (2), приведены в таблице 5.

Т а б л и ц а 5 – Основные характеристики установок УПК-30 и УПТ-75 по истечению струи воды из насадки

Марка установки (мотопомпы)	Диаметр насадки, мм	Диаметр пожарного рукава, мм	Расход воды, исходящей из насадки, л/мин	Скорость струи, м/с	Скоростной напор, м	Сила удара струи, кг
УПК-30 (HONDA 20XT)	13	50	163	20,5	21,4	5,7
	23	50	375	15,0	11,5	9,6
УПТ-75 (МП-90С)	19	75	267	15,7	12,6	7,1
	40	75	750	9,9	5,0	12,7
	13	50	164	20,6	21,0	5,7
	23	50	427	17,1	15,0	12,4

Расход воды, приведенный в таблице 6.5, получен экспериментальным путем посредством практических замеров.

Сила удара струи, измеренная в полевых условиях при испытании установок УПК-30 и УПТ-75 приведена в таблице 6. Сила удара определялась как сила воздействия струи на плоскую поверхность, перпендикулярную ее направлению.

Т а б л и ц а 6 – Сила удара струи воды при работе установок УПК-30 и УПТ-75 в зависимости расстояния от насадки

Марка установки (мотопомпы)	Диаметр насадки, мм	Диаметр пожарного рукава, мм	Расстояние, м	
			5	10
			Сила удара струи, кг	
УПК-30 (HONDA 20XT)	13	50	6-9	5-7
	23	50	8-11	7-9
УПТ-75 (МП-90С)	19	75	10-11	4-7
	40	75	12-13	-
	13	50	8-9	6-7
	23	50	12-13	10-11

Дальность полета компактного участка струи воды, исходящей из насадки, в зависимости от угла ее наклона к горизонту, определенная по формуле (1), приведена в таблице 7.

Т а б л и ц а 7– Дальность полета компактного участка струи воды, исходящей из насадки, в зависимости от угла ее наклона к горизонту

Марка установки (мотопомпы)	Диаметр насадки, мм	Диаметр пожарного рукава, мм	Угол наклона струи воды к горизонту, градус				
			2	4	6	8	10
			Дальность полета струи, м				
УПК-30 (HONDA 20XT)	13	50	9,4	11,9	13,6	15,0	16,1
	23	50	7,6	9,5	10,9	12,2	12,9
УПТ-75 (МП-90С)	19	75	7,5	9,5	10,8	11,9	12,9
	40	75	5,2	6,6	7,6	8,3	9,0
	13	50	9,5	12,0	13,7	15,1	16,3
	23	50	9,0	11,3	13,0	14,3	15,4

При очистке водопропускного сооружения от отложений необходимо в первую очередь учитывать его диаметр, дальность полета струи, силу ее удара и расход подаваемой воды. При диаметре водопропускного сооружения до 1,0 м наиболее эффективно применение установки УПК-30 с диаметром насадки 13 мм и установки УПТ-75 с диаметром рукава 75 мм и насадки 19 мм, а при диаметре рукава 50 мм – насадки с диаметром 13 мм. При диаметре высокопропускного сооружения более 1,0 м и возможности доступа к нему со стороны как нижнего, так и верхнего бьефов и достаточным расходом воды в канале, целесообразно размыв отложений осуществлять при максимальном расходе воды – 375, 750 и 427 л/мин. с применением соответствующих насадок (таблица 7).

При выборе марки установки необходимо учитывать, что мотопомпа HONDA 20XT предназначена для перекачки чистой воды, а мотопомпа МП-90С – загрязненной воды.

При недостаточном расходе воды для аккумуляции необходимого ее объема в русле канала на расстоянии 1-2 м от понура устанавливается мягкая плотина.

Размыв отложений в полости водопропускного сооружения обычно начинается со стороны его выходного отверстия. В зависимости от уровня воды в канале и технологических условий работы ствол гидромонитора устанавливается в двух положениях: первое – на высоте 0,25 м от поверхности основания (рисунок 9); второе – на опоре, на высоте 0,6 м от поверхности основания (рисунок 10).



Рисунок 9 – Размыв отложений в полости сооружения с применением гидромонитора ГМ-1 при нижнем уровне расположения ствола



Рисунок 10 – Промывка отложений в полости трубы-переезда при установке гидромонитора ГМ-1 на опоре

Эффективный размыв отложений происходит на расстояние дальности полета компактного участка струи воды. При невозможности полного размыва отложений со стороны риббермы последующий размыв выполняется со стороны понура.

В ряде случаев отложения в водопропускных сооружениях содержат камни, ветки, а при расположении объектов в населенных пунктах, часто встречаются также бытовые отходы. Полностью извлечь данные предметы из полости сооружения с помощью промывки иногда не предоставляется возможным, в связи с чем необходимо применять багор (рисунок 11).

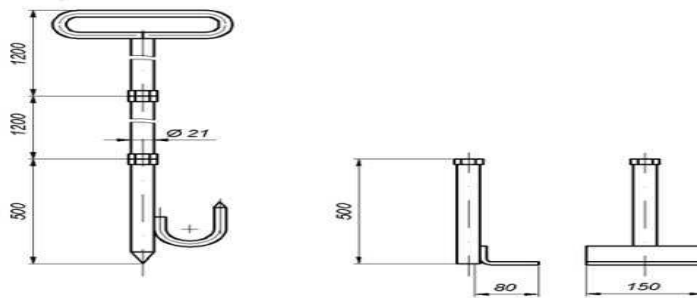


Рисунок 11 – Схема багра

Багор состоит из трех, свинчивающихся между собой отрезков трубы диаметром 1/2 или 3/4 дюйма. Рабочая часть багра состоит из двух частей, на одной из которых приварен багор, а на второй – скребок. Удаляя или добавляя среднюю часть багра можно регулировать длину устройства.



Рисунок 12 – Установка головки промывочной на пожарном рукаве

Вид струй воды, исходящих из промывочной головки представлен на рисунке 13. Пожарный рукав с промывочной головкой вручную продвигается в полость трубопровода

на расстояние 3.4 м и в процессе промывки рабочий частично его вытаскивает, чтобы обеспечить очистку данного участка. Затем операция по промывке повторяется, но рукав продвигается уже на 4.8 м и так далее до полной очистки сооружения.



Рисунок 13 – Струи воды, исходящие из головки промывочной

Примерные нормы времени на размыв отложений в трубах-регуляторах и трубах-переездах гидродинамическим способом с использованием установки УПТ-75 с гидромонитором ГМ-1 приведены в таблице 8.

Т а б л и ц а 8– Затраты труда на очистку трубчатых водопропускных сооружений от заиления с применением установки УПТ-75 по сравнению с очисткой ручным способом

Наименование технологий	Номер расценок, элементы затрат	Диаметр трубчатых переездов, м				
		0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
1	2	Затраты труда на очистку трубчатых переездов длиной 10 м, чел.-ч.				
		3	4	5	6	7
Действующая (ручная очистка)	Е 71-25 [62] Очистка от наносов трубчатых переездов	4,23	5,39	7,30	9,20	11,90
	Объем наносов, м ³	1,70	2,10	2,50	2,74	3,10
Посредством размыва с применением установки УПТ-75	Очистка от наносов трубчатых переездов посредством размыва с применением установки УПТ-75	3,59	4,43	5,55	6,08	6,88
Снижение затрат, по предлагаемой технологии по сравнению с действующей, %		15,1	17,8	24,0	33,9	42,2

Как следует из таблицы 8, затраты труда на очистку трубчатых водопропускных сооружений от заиления с применением установки УПТ-75 по сравнению с очисткой ручным способом снижаются на 15...42%.

На основании вышеизложенного можно отметить, что обследование труднодоступных участков гидротехнических сооружений можно выполнять комплексом средств диагностики КСД-160У, который разработан в Институте мелиорации. Применение данного оборудования позволяет безопасно проводить осмотр водопропускных сооружений на мелиоративной сети с помощью видеокамеры на удалении (глубине) до 4 м.

КСД-160У позволяет выявлять: отслаивание и выкрашивание бетона; образование волосяных трещин; образование трещин с раскрытием, превышающим нормативное, с признаками коррозии арматуры и бетона; места с повсеместными сколами, кавернами и другие неисправности в труднодоступных и опасных для нахождения человека местах.

При наличии воды в каналах эффективным способом очистки от заиления труб-переездов и труб-регуляторов является их промывка с применением разработанных в Институте мели-

рации установок УПК-30 и УПТ-75. Затраты труда на очистку трубчатых водопропускных сооружений от заиления с применением указанных установок, по сравнению с очисткой ручным способом снижаются на 30-40%.