

УДК 631.62:626.86

## **ОБЛЕГЧЕННЫЕ ДРЕНАЖНЫЕ УСТЬЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ**

**В.М.Макоед**, старший научный сотрудник  
**Г.В.Хмелевская**, кандидат технических наук  
РУП «Институт мелиорации»

**Ключевые слова:** мелиоративная и дренажная системы, конструкции дренажных устьев, водоотводной коллектор, канал, эксплуатационная надежность, стоимость и трудоемкость работ

### **Введение**

Основные объемы мелиоративных работ в Республике Беларусь были выполнены в 60-80 гг. прошлого столетия. В настоящее время в силу ряда причин организация производства работ на объектах реконструкции и ремонта мелиоративных систем отличается от объектов мелиорации при первоначальном осушении и имеет некоторые особенности. Так, площади объектов реконструкции и ремонта небольшие (50-150 га), удельные затраты ограничены (200-1000\$/га). Объекты от базы строительной организации удалены на значительные расстояния, поэтому экономически эффективное строительство технически и технологически проводить достаточно сложно.

Одна из основных сложностей - переустройство мелких сооружений (дренажные устья, колонки- и колодцы-поглотители). Помимо того, что они разбросаны по площади объекта, из-за частого переувлажнения почвы на отдельных участках элементы конструкций затруднительно подвезти автотранспортом к месту переустройства. Для разгрузки и монтажа элементов требуется подъемно-крановое оборудование. Существующие конструкции достаточно дороги и технология их устройства также весьма затратна, поэтому на объектах реконструкции и ремонта они проектируются в небольшом количестве. Сегодня стоит задача разработать новые конструкции мелких сооружений с соответствующими техническими и технологическими параметрами.

### **Объекты исследования**

Объектами исследований являлись различные конструкции дренажных устьев, полевые испытания элементов экспериментальных и типовых конструкций устьев с целью разработка новых облегченных дренажных устьев.

### **Основные результаты исследований и их обсуждение**

В Витебской области на объектах реконструкции и ремонта применяются различные конструкции дренажных устьев, в основном типовые железобетонные и экспериментальные из асбестоцементных труб. Типовое железобетонное дренажное устье УЛ-1х1,8-75 было разработано (1976) Белгипроводхозом для коллекторов из керамических и пластмассовых дренажных труб диаметром до 250 мм [1]. Конструкция состоит из трех

железобетонных блоков длиной по 1,8 м. Устьевая труба, собранная из двух блоков, опирается на наклонный блок, уложенный по откосу канала до его дна. Железобетонные лотки укладываются на песчано-гравийную подушку толщиной 10 см. Стыки соединения железобетонной устьевой трубы с водоотводным коллектором и наклонным железобетонным блоком заделываются бетоном С8/10. Крепление откоса над устьем выполняется сплошной одерновкой шириной 2 м.

В 1992 г. Белгипроводхозом была разработана экспериментальная конструкция дренажного устья из полиэтиленовых труб [2] (на объектах реконструкции и ремонта в Витебской области она практически не применяется), двух типов из гофрированной полиэтиленовой трубы диаметрами 110 и 160 мм. Конструкция состоит из цельной трубы, в которой одна сторона – устьевая труба (длина 2 м), а вторая – лоток, который изготавливается путем удаления верхней половины трубы. Соединение водоотводного коллектора с устьевой трубой выполняется встык, сверху накладываются два отрезка гофрированной трубы диаметром 160 мм длиной по 20 см, и все это обвертывается стеклохолстом шириной 25 см в два слоя. Лоток к откосу канала крепится тремя спицами из проволоки длиной 50 см. Откос канала над устьем крепится сплошной одерновкой шириной 0,8 м. Песчано-гравийная подушка в конструкции не предусмотрена.

На объектах реконструкции и ремонта испытывается разработанная РУП «Белгипроводхоз» в 2003 г. конструкция экспериментального асбестоцементного дренажного устья [3] с диаметрами устьевой трубы 150, 200 и 300 мм, в зависимости от диаметра коллектора, и лотка (200, 300, 400 мм). Конструкция состоит из асбестоцементной устьевой трубы длиной 2 м и водосбросного лотка длиной 1,5 м из половины распиленной вдоль асбестоцементной трубы. Стыки соединения устьевой трубы с коллектором и наклонным асбестоцементным лотком заделываются бетоном С8/10. Над устьем крепление откоса выполняется сплошной одерновкой шириной 1 м. В конструкции предусмотрена песчано-гравийная подготовка толщиной 10 см.

На мелиоративных объектах Витебской области в разных почвенно-гидрологических условиях были проведены наблюдения за работой типовых и экспериментальной конструкций дренажных устьев: железобетонной УЛ-1х1,8-75; из полиэтиленовых труб – УП-11 и УП-16 и из асбестоцементных труб.

Исследование технологии строительства дренажного устья УЛ-1х1,8-75 на мелиоративных объектах показало, что они имеют высокую трудоемкость работ с привлечением подъемно-кранового оборудования. Обследованием этих конструкций устьев на мелиоративном объекте «Шарковщинский» после трех лет эксплуатации установлено, что в месте соединения водоотводного керамического коллектора и железобетонной водоотводной трубы из двух лотков, выполненного из цементного раствора, имеются трещины, через которые вода подтекает под короб на откос канала, вызывая его размыв, деформацию и разрушение.

В жестком соединении наклонного лотка и водоотводной железобетонной трубы, заделанном цементным раствором, вследствие послеосадочных и сезонных деформаций также имеются трещины. Обнаружено, что на каналах с заложением откоса более  $m = 2,0$  после 10-15 лет эксплуатации железобетонных дренажных устьев в месте соединения водоотводного коллектора произошли частичные разрушения керамических дренажных трубок. Раскопки показали, что на мелиоративных объектах с торфяными почвами тяжелые железобетонные блоки УЛ-1,8 дали значительную осадку даже при наличии песчано-гравийной подушки, потому что один конец устьевой трубы опирается на наклонный железобетонный блок, а другой оседает, вследствие чего устьевая труба приобретает обратный уклон [4]. Это способствует заилению устьевой трубы, образованию в ней ледяных пробок и разрушению стыков.

Обследование полиэтиленовых устьев УП-11 на мелиорированных тяжелых почвах в Шарковщинском районе через 1-2 года эксплуатации показало, что металлические спицы вылезли из почвы и не обеспечили надежного крепления лотка к откосу канала. В некоторых случаях в устьевой трубе весной также имелись ледяные пробки.

При осмотре асбестоцементных конструкций на мелиоративных объектах Сенненского района было обнаружено, что самым слабым местом конструкции являются стыки, заделанные бетоном (соединение устьевой трубы с коллектором и лотком). Разрушение стыка с лотком произошло уже через месяц после устройства, а соединения с коллектором – через 2-3 года. Иногда в устьевой трубе образовывались ледяные пробки и трещины (рис.1).

В соответствии с патентом ВУ 5012 [5] представляем рабочую гипотезу конструкции облегченного дренажного устья: устьевая труба; водосбросной лоток-гаситель из гофрированной трубы с прикрепленной анкерной сеткой; муфта соединительная; углубление в откосе канала для обеспечения защиты устьевой трубы при механизированном скашивании травяной растительности (рис. 2).



**Рис. 1. Разрушенный стык асбестоцементной устьевой трубы с асбестоцементным лотком дренажного устья через месяц после строительства (объект ремонта – «ВЭХ» Сенненского района)**

Для разработки типовых конструкций облегченных дренажных устьев на опытно-производственном участке «Шарковщинский» Витебской области с 1977 г. проводились полевые исследования разных элементов конструкций дренажных устьев, построенных на коллекторах, как из гофрированных полиэтиленовых, так и из керамических дренажных труб. Почвы участка средне- и тяжелосуглинистые, подстилаемые озерноледниковыми глинами.

Конструкции облегченных дренажных устьев

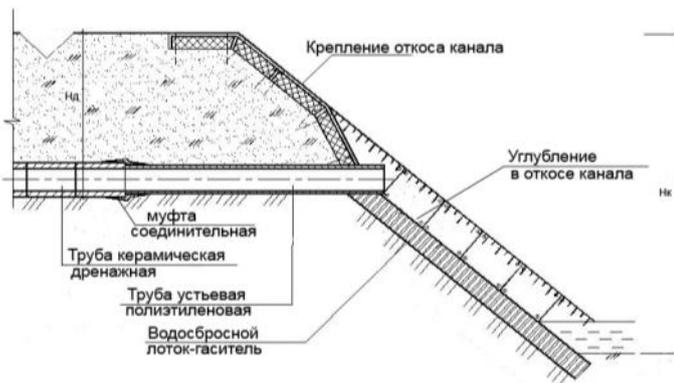


Рис. 2 – Облегченное дренажное устье

были построены без песчано-гравийной подушки. Ежегодно весной и осенью проводилось визуальное обследование элементов конструкций (образование ледяных пробок, просадки и смещения устьевой трубы, лотка, откоса канала, изменение уклона устьевой трубы, размывы и др.).

При разработке устьевой трубы в конструкции облегченного дренажного устья были исследованы различные трубы (табл. 1). Установлено, что независимо от материала устьевой трубы в отдельные годы в них образовывались ледяные пробки, которые перекрывали сброс избытков воды с дренажных систем в ранне-весенний период (рис. 3).

Лучшим вариантом оказались устьевые трубы из полиэтиленовых гладкостенных труб. В них в весенний период ледяные пробки подтаивали по контуру трубы и под действием давления воды и уклона выпадали.

Таблица 1 – Характеристика вариантов устьевых труб

Вариант	Труба	Параметры устьевой трубы	
		Диаметр, мм	Длина, м
1	Полиэтиленовая гладкостенная напорная (техническая)	90; 110; 160; 200	1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0
2	Полиэтиленовая гофрированная дренажная	90; 110; 160; 200	1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0
3	Асбестоцементная	100; 150	2,0



Рис. 3. Ледяная пробка в устьевой трубе дренажного устья (ОПУ «Шарковщинский»)

падали.

В устьевых гофрированных трубах ледяные пробки не приводили к разрыву трубы, но освобождались они на одну-две недели позже гладкостенных, только после оттаивания льда в полости гофров.

Что касается асбестоцементных устьевых труб, то замерзшие пробки в отдельных случаях приводили к образованию трещин и разрыву трубы, а освобождались они также на неделю-другую позже, чем гладкостенные полиэтиленовые трубы.

Таблица 2 – Характеристики водосбросных лотков

Вариант	Материал лотка	Диаметр лотка, мм	Длина лотка, м	Крепление к откосу канала
1	Асбестоцементная *	100; 150; 200	1,0; 1,5	Металл. спицы длиной 50 см
2	Полиэтиленовая гладкостенная *	110; 160; 200	1,0; 1,5	Металл. спицы длиной 50 см
3	Полиэтиленовая гофрированная *	110; 160; 200	1,0; 1,5	Анкерная сетка
4	Полиэтиленовая гофрированная *	110; 160; 200	1,0; 1,5	Металл. спицы длиной 50 см
5	Железобетонная тротуарная плитка 50x50x5 см	-	-	-

\* Половина трубы, распиленной вдоль продольной оси.

Полевые исследования показали, что лотки из разных труб с креплением металлическими спицами не держатся на откосе канала, зимой спицы вылезают из почвы, а весной лотки смывает потоком воды и под устьевой трубой происходит размыв и разрушение откоса канала. Крепление откоса с помощью железобетонной тротуарной плитки устойчиво, но наиболее надежным в конструкции оказался водосбросной лоток из гофрированной полиэтиленовой трубы с анкерной сеткой. Анкерная полиэтиленовая сетка, прикрепленная к водосбросному лотку, была закреплена на откосе канала при одерновке механическим (колышками) и биологическим (корни растений) способами, что надежно защищает откос канала от размыва и деформаций и прочно удерживает лоток при пропуске паводка расходов.

В конструкции длина лотка-гасителя  $L_n$  определяется высотой выхода коллектора над дном канала  $h_k$  и заложением его откоса  $m$  по формуле:

$$L_n = h_k \cdot \sqrt{1 + m^2}$$

Для разработки соединения устьевой трубы с коллектором были исследованы варианты соединительной муфты, представленные в табл.3. Исследованиями установлено, что муфта из геотекстиля «Пинема» и «Тайпар» и сплошные муфты из полиэтилена обеспечивали надежное соединение трубы с коллектором из керамических и полиэтиленовых гофрированных труб. Обследование соединительной муфты из стеклохолста через пять лет эксплуатации показало, что она начала разрушаться из-за недостаточных прочностных характеристик материала под действием дренажных и почвенно-грунтовых вод как на коллекторах из керамических, так и из гофрированных полиэтиленовых труб.

Установлено также, что для коллектора из керамических дренажных труб соединение коллектора с устьевой трубой должно быть вне расчетной зоны промерзания почвы.

Длина устьевой трубы  $L_{тр}$  в зависимости от расчетной глубины промерзания  $h_{пр}$  и заложения откоса  $m$  определяется по формуле:

$$L_{тр} = m \cdot h_{пр} + 0,3$$

Варианты конструкций водосбросного лотка представлены в табл. 2.

**Таблица 3 – Характеристика вариантов соединительных муфт**

Вариант	Материал муфты	Плотность материала, г/м <sup>2</sup>
1	Геотекстиль «Пинема»	260
2	Геотекстиль «Пинема»	190
3	Геотекстиль «Пинема»	130
4	Полиэтилен *	
5	Полиэтилен **	
6	Геотекстиль «Тайпар SF 32»	110
7	Стеклохолст ВВ-М	

\* Гладкий.

\*\* С зацепами

повреждена механическими косилками, при этом больше всего пострадал вариант без углубления. Варианты крепления откоса канала над устьем представлены в табл. 4.

Исследованиями установлено, что одерновка откоса канала шириной 1,2 м хорошо обеспечивает крепление откоса канала над дренажным устьем. Варианты с креплением биополотном (Жлобин) оказались недостаточно эффективными, так как на 60-70% площади полотна семена травы не взошли, на наш взгляд, из-за зависания полотна с семенами над землей. Откос канала с растительным грунтом и семенами трав, закрепленный полиэтиленовой сеткой, был размыв интенсивным дождем, выпавшим сразу после устройства устья. Вариант крепления растительным грунтом с семенами трав, покрытым увлажненным стеклохолстом, оказался эффективным и работоспособным по предотвращению размыва откоса канала над сооружением, но трудоемкость этого метода высока. Наиболее эффективным оказалось крепление откоса одерновкой по анкерной сетке, прикрепленной к лотку. В этом случае размывов и разрушений откоса не было, так как одерновка обеспечила надежность крепления от дождевой эрозии и поверхностного стока через бровку канала.

**Таблица 4 – Характеристика вариантов крепления откоса канала**

Вариант	Вид крепления	Дополнительное крепление к откосу канала	Ширина крепления, м
1	Сплошная одерновка	Деревянные спицы	1,0
2	Сплошная одерновка	Деревянные спицы	1,2
3	Сплошная одерновка по анкерной сетке лотка-гасителя	Деревянные спицы	1,2
4	Биополотно (Жлобин)	Деревянные спицы	1,2
5	Растительный грунт с семенами трав	Увлажненный стеклохолст, закрепленный деревянными спицами	1,0
6	Растительный грунт с семенами трав	Полиэтиленовая сетка, закрепленная деревянными спицами	1,0

При механизированном скашивании травяной растительности испытывали четыре способа защиты устьевой трубы, выступающей над откосом канала: углубления в откосе канала составили 10,15 и 20 см при ширине 20 см, соответственно, в первом, втором и третьем вариантах, а в четвертом углубление не делали.

Эксперименты показали, что через год эксплуатации неповрежденной оказалась устьевая труба, заглубленная на 20 см. В остальных вариантах устьевая труба была

Многолетние полевые исследования разных элементов дренажных устьев позволили выявить достоинства и недостатки их конструкций. На основании анализа этих результатов в соответствии с рабочей гипотезой были разработаны типовые проектные решения облегченных

**Таблица 5 – Техническая характеристика элементов типовых облегченных дренажных устьев (керамические трубы)**

Элементы конструкции	Диаметр, мм	Длина, мм
Устьевая труба:	75, 90, 110, 125, 140, 160, 200, 225	1500*
Водосбросной лоток-гаситель с анкерной сеткой	200	1000, 1500
Доборный лоток ДЛ-1,0	200	1000
Соединительная муфта	75/110, 100/110, 125/140, 150/160, 175/200, 200/225	-

\* Длина определяется расчетной глубиной промерзания и заложением откоса канала.

дренажных устьев двух типов УПС-1,0 и УПС-1,5 с доборным лотком ДЛ-1,0 и модификациями в зависимости от материала (керамические или гофрированные полиэтиленовые дренажные трубы) и диаметра коллектора [6]. Устье УПС-1,0 имеет водосбросной лоток-гаситель длиной 1 м, а устье УПС-1,5 длиной 1,5 м. Если требуется водосбросной лоток больше 1,5 м, то дополнительно применяются доборные лотки длиной по 1 м.

Для обеспечения защиты устьевой трубы от повреждений при механизированном скашивании травяной растительности на откосе канала выполнено углубление. Надежность конструкции устья обеспечивается применением в элементах изделий из прочных полиэтиленовых материалов: например, полиэтиленовые трубы, заполненные водой, без разрушения выдерживают замораживание и оттаивание, а полиэтиленовые сетки в замерзшем состоянии также выдерживают растягивающие напряжения без разрушения.

С 2001 г. на объектах реконструкции и ремонта в разных почвенно-гидрологических условиях Витебской области испытываются облегченные дренажные устья типовой конструкции УПС-1,0 и УПС-1,5. Характеристика элементов конструкций для водосбросного коллектора из керамических дренажных труб представлена в табл. 5.

Полевые исследования показали, что конструкция надежно обеспечивает сопряжение водосбросного коллектора с каналом. Полиэтиленовый комплект элементов конструкции легкий (3-10 кг), компактный, его можно поднести к месту строительства вручную. Устье простое в эксплуатации, строительство его не требует специальной техники. Устройство устья начинается с укладки устьевой полиэтиленовой трубы в траншею водоотводного коллектора. Затем производится обратная засыпка траншеи и в углубление откоса канала устанавливается водосбросной лоток-гаситель. Анкерная сетка лотка-гасителя крепится к откосу канала одерновкой.

Гофры лотка играют роль гасителя скорости стекающей по нему воды, что снижает опасность размыва дна канала. Кроме того, гофрированный профиль лотка увеличивает его поперечную жесткость.

При определении экономического эффекта типовых облегченных дренажных устьев за базовую конструкцию было принято типовое железобетонное устье, разработанное РУП «Белгипроводхоз». Так, при использовании типовых конструкций облегченных дренажных устьев УПС-1,0-75к (база – УЛ-1х1,8-75) экономия материальных ресурсов (на 100 шт.) составила: песчано-гравийной смеси 60 м<sup>3</sup>, железобетона – 9 м<sup>3</sup>.

### **Выводы**

1. Исследования конструкций, технологии устройства и экономических показателей типовых железобетонных устьев УЛ-1х1,8 показали, что в условиях Витебской области применение их неэффективно.

2. Полевые исследования экспериментальной конструкции дренажных устьев из асбестоцементных труб (РУП «Белгипроводхоз») показали, что в конструкции слабым местом является сопряжения устьевой трубы с водоотводным лотком и с водоотводным коллектором. Кроме того, обнаружено, что устьевые асбестоцементные трубы в отдельных случаях разрушаются, например, при образовании ледяных пробок.

3. На основании анализа конструктивных решений и результатов полевых исследований типовых и экспериментальных конструкций устьев были разработаны типовые проектные решения новых облегченных дренажных устьев. Новые конструкции устьев обеспечивают высокую технологичность строительства за счет снижения трудоемкости работ, а также повышение эксплуатационной надежности дренажной системы.

4. Стоимость построенного устья по сравнению с базовой конструкцией снижается на 46 %, производительность труда при его устройстве увеличивается в 1,7 раза. Экономический эффект от применения типовых конструкций облегченных дренажных устьев составляет 1,61-2,68 млн.руб. на 100 га (базовые цены 2006 г.).

### **Литература**

1. Техно-рабочий проект ТРП «Мелкие сооружения на мелиоративных системах». Минск: Белгипроводхоз, 1976.
2. Проектные решения ТПР 820-1-0113.92 «Дренажное устье из полиэтиленовых труб». Минск: Белгипроводхоз, 1992.
3. Проектные решения «Дренажное устье (вариант с устьевой трубой из асбестоцементных труб)». Минск: РУП «Белгипроводхоз», 2003.
4. Мурашко, А.И. и др. Новые конструкции дренажных устьев. / Мурашко, А.И. [и др.]// Мелиорация и использование осушенных земель: Сб.науч.тр. БелНИИМивХ. Т.ХV. – 1967. – С. 54-59.
5. Патент ВУ 5012. Водосборное сборное устье и способ его установки./ Кондратьев В.Н., Макоед В.М., Рудой А.У.; заявитель БелНИИМивХ. – № а 199800088; заявлено 29.11.99; опубл. 30.03.03, Бюл. №1.– 4 с.
6. Типовые проектные решения Б.820-01-2.05 «Дренажное устье полиэтиленовое сборное». – Минск, РУП «Институт мелиорации», 2007.

### **Summary**

**Makoed V.M., Khmelevskaya G.V.**

#### **LIGHTWEIGHT DRAINAGE OUTLETS MELIORATION SYSTEMS**

After analyzing the drainage outlet project materials and the results of the field tests of various outlets constructions, a new lightweight polyethylene collecting drainage outlet is introduced (taking into account the revealed shortcomings of previous models). The Standard Design of the Drainage Outlet has been worked out and brought into service. The outlet is light, easy to work with, and it does not require special equipment to construct it. The reliability of a structure is ensured by the use of high-strength polymeric materials used in construction of the components. The unit value appears to be \$25 less than the previous models and the working efficiency while constructing rises by 1.7 times. Economic rate equals \$750-1250 per every 100 ha reconstructed with the developed lightweight drainage outlets.

*Поступила 16 февраля 2011 г.*