

Отчёт о результатах испытания полиэтиленовых дренажных труб различной конструкции

Ярославский Государственный технический университет.
Кафедра Гидротехнического и дорожного строительства

Эффективность работы закрытого дренажа определяется конструкцией дренажных труб и способом защиты их от заиления и заохривания. Грунтовая вода поступает в дрены через водоприёмные отверстия, имеющие у разных труб различные размеры и форму поперечного сечения. Приток воды к таким дренам зависит от удельной площади перфорации и равномерности расположения водоприёмных отверстий по периметру и длине трубы. На водоприёмную способность дренажа большое влияние оказывают также защитные фильтрующие материалы (ЗФМ), которые увеличивают приток воды к дренам и защищают их от заиления. Наибольшей эффективностью обладают объёмные ЗФМ. Они увеличивают смоченный периметр дрен и в меньшей степени подвержены кольматации. Их можно применять как в обычных условиях, так и в грунтах опасных с точки зрения заиления и заохривания дрен [1].

С целью определения водоприёмной способности полиэтиленовых гофрированных труб, изготовленных на предприятиях Московской области и трубы «Агросток», были проведены их испытания в лабораторных условиях на кафедре Гидротехнического и дорожного строительства Ярославского технического университета. опыты проводились в фильтрационном лотке длиной 109, шириной 27 и высотой 52 см по схеме работы подрусовой дрены. Испытываемую трубу по всему периметру и длине покрывали ЗФМ и укладывали в лоток на песок слоем 110 мм. Сверху дрена засыпали песком слоем 170 мм. Каждый слой песка толщиной 3-5 см уплотняли водой, что позволяло создать однородную плотность песка во всех вариантах опыта. Устьевая часть трубы имела выход из лотка и задвижку, а торец истока дрены был заглушен.

В фильтрационный лоток подавали воду и поддерживали её постоянный уровень над поверхностью песка – 50 мм. После установления режима фильтрации определяли приток воды к дренам (расход дрен) путём измерения объёмов фильтрующейся воды за расчётное время.

Испытывали три типа гофрированных дренажных труб, характеристики которых приведены в таблице 1.

Таблица 1. Техническая характеристика полиэтиленовых дренажных труб

Индекс трубы	Водоприёмные отверстия			Наружный диаметр, мм	Гофр., мм		Площадь перфорации, см ² /м	Число отверстий на 1 м трубы, шт	Толщина стенки, мм	Масса 1 м трубы, г	Изготовитель
	Форма	Размеры, в*в, мм	Площадь, см ²		шаг	высота					
ТД-30-110		30*1,5	0,250	110	12,5	8	52,0	208	0,8	468	МО
ТД-36-110		36*1,5	0,540	110	18	9	45,0	83	0,8	431	МО
ТД-7-90		7*1,5	0,105	90	16	7	20,0	188	1,1	353	Агросток

Из таблицы видно, что трубы производства МО, имеют удельную площадь перфорации больше, чем трубы «Агросток». Это является положительным моментом с точки зрения их водоприёмной способности и отрицательным фактором с точки зрения их прочности, так как перфорация, которая составляет 25%, 31,4% от периметра сечения трубы, снижает прочность. Кроме того, стенки труб «Агросток» завода толще, а диаметр труб меньше, что обеспечивает их более высокую прочность на поперечное сжатие и растяжение.

Отрицательно на прочность труб производства МО, влияет и то, что конструкция отверстий перфорации выбрана не очень удачно. Максимальная длина перфорационных отверстий по периметру трубы, равному 286,6 мм, составляет для двух типов труб 72 и 90 мм или 25,0 и 31,4 %. У труб «Агросток» при периметре – 235,5 м длина отверстий по периметру – 21,0 мм или 9,0%, что в 2,78 и 3,5 раза меньше, чем у труб МО. Следовательно, труба «Агросток» обладает большей прочностью на сжатие и растяжение.

Кроме того, у труб «Агросток» перфорационные отверстия – прямоугольного сечения размером 7*1,5 мм, а у труб МО сечение отверстий выполнено в виде двояковыпуклой линзы с двумя острыми углами, на которых концентрируются местные напряжения, способствующие разрушению труб при различных нагрузках (замерзание и оттаивание воды и грунтов).

По своим размерам и техническим характеристикам трубы «Агросток» соответствуют ТУ-6-05-1078-78 и её можно укладывать в грунт на глубину 2,5 м. МО по количеству отверстий их конструкции перфорации ТУ-6-05-1078-78 не соответствуют, очень длинные поперечные прорезы по периметру трубы 31,4 % уменьшает прочность трубы и не даёт уверенности в работе дренажа без быстрого выхода из строя из-за разрушения трубы.

В опытах использовался мелкозернистый песок с коэффициентом фильтрации – 16 м/сут. и коэффициентом водоотдачи – 0,017. Механический состав песка, установленный методом сухого просеивания, приведён в табл. 2.

Таблица 2. Механический состав песка

Диаметр фракции, мм	>5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25
Процентная доля фракции	0,23	0,40	0,70	3,0	12,30	59,92	23,45

Из таблицы видно, что доля крупного песка составляет всего 4,1%, среднезернистого – 12,3%, а мелкозернистого – 59,92%. В нём содержалось пылеватых частиц ($d < 0,25$ мм) 23,45% [2]. Поэтому первые порции фильтратов имели значительное количество взвешенных частиц и сильно мутными, т.е. происходило поступление мелкозёма в дрена. Через 30-40 мин. после начала опыта фильтрат становился светлым и наступал стабильный приток воды к дренам.

Объёмы стекающей воды определяли в 6-кратной повторности в первый день и в 3-кратной повторности во второй день опыта. Для расчётов использовали усреднённую величину стока.

Для защиты труб от заиливания использовали нетканое иглопробивное полотно (толщина 1,2 мм, $K_f = 70,0$ м/сут), полиэтилен холст (толщина 0,2 мм, $K_f = 320$ м/сут), и кокосовый мат (толщина 14 мм, $K_f = 100$ м/сут).

Во время опытов определяли приток воды к дренам при установившемся режиме фильтрации, время удаления избыточной воды с поверхности песка и гравитационной воды из слоя песка 28 см.

Результаты этих исследований по всем вариантам опыта приведены в таблице 3.

Таблица 3. Водоприёмная способность дрен и время удаления избыточной воды

Индекс дренажных труб	Защитный фильтр	Приток воды к дренам, см ³ /(с*м)	Время удаления воды, с		Производитель труб
			С поверхности (слой 50 мм)	Из слоя песка 280 мм	
ТД-30-110	ПЭ-холст	103,9	280	190	МО
ТД-30-110	ИП-полотно	72,5	310	210	-,-
ТД-36-110	ПЭ-холст	80,5	302	208	-,-
ТД-7-90	ПЭ-холст	75,1	304	210	«Агросток»
ТД-7-90	ИП-полотно	70,3	313	220	-,-
ТД-7-90	Кокосовый мат	87,3	276	200	-,-

Полученные результаты показывают, что при защите труб полиэтилен холстом (ПЭ-холст), их водоприёмная способность оказалась выше, чем при использовании иглопробивного полотна (ИП-полотна). Объясняется это тем, что коэффициент фильтрации ИП-полотна существенно меньше, чем ПЭ-холста и кокосового мата. Кроме того, ИП-полотно сильнее колымотируется частицами грунта по сравнению с ПЭ-холстом, через который пылеватые фракции песка более интенсивно выносятся фильтрующей водой в дренаж. Об этом свидетельствует сильная мутность первых проб фильтратов в опытах с ПЭ-холстом. Поэтому с целью предупреждения заиливания труб требуется не менее, чем двухслойная защита их ПЭ-холстом.

Высокую мелиоративную эффективность показал ЗФМ – кокосовый мат. Это объёмный фильтр толщиной 1,4-1,5 см, состоящий из полилидной сетчатой ткани и кокосового волокна. Он обеспечивает надёжную защиту труб от заиливания и резко повышает их водоприёмную способность за счёт увеличения смоченного периметра и водозахватывающей поверхности дрен (см. табл. 3).

Поэтому приток воды к трубе «Агросток», защищённой кокосовым матом, был выше, чем к трубам производства МО ТД-36-110 с ПЭ-холстом и ТД-30-110 с ИП-полотном, хотя у них диаметр и удельная площадь перфорации были больше. И только труба ТД-30-110, обёрнутая в один слой ПЭ-холстом с максимальной площадью перфорации 52,0 см²/м обеспечивала максимальный приток воды – 103,9 см³/(с*м). При этом площадь перфорации данной трубы превышала таковую трубы «Агросток» в 2,6 раза, а приток был выше только в 1,2 раза. Эти данные позволяют заключить, что в грунтах с более низким Кф различия в мелиоративной эффективности труб МО и труб «Агросток» будут незначительными. А в грунтах неустойчивых, пlyingах и на участках, где грунтовые воды содержат закисного железа более 3 мг/л, трубы «Агросток» с объёмным кокосовым матом будут работать эффективнее, так как объёмный фильтр лучше защищает дренажи от заиливания и заохривания, чем нетканые синтетические полотна [3].

Наблюдения за снижением уровня поверхностных и грунтовых вод в фильтрационном лотке дренами различной конструкции показали, что время сработки этих вод отличается незначительно по вариантам опыта. Так с поверхности грунта 50 мм слой воды удалялся за 276-313 с., а из песка слоем 280 мм – за 190-220 с. Следовательно, все испытанные конструкции дренажных труб обеспечивали примерно одинаковый эффект осушения, который в большей степени связан с Кф грунта.

Осушаемые земли Нечерноземья, как правило, имеют низкий коэффициент фильтрации, редко превышающий 1,0 м/сут. В таких условиях нет никакой необходимости применять дренажные трубы большого диаметра и с большой площадью перфорации, которая снижает прочность труб на сжатие и растяжение. Для отвода избыточных вод в слабопроницаемых грунтах вполне достаточны дрены диаметром 50-75 мм и с удельной площадью перфорации 10-14 см²/м [3], так как лимитирующим фактором поступления воды в дренаж будет водопроницаемость грунта. Поэтому применение труб большого диаметра для строительства закрытой регулирующей сети на осушаемых землях с низким Кф приведёт только к увеличению затрат и не принесёт дополнительного мелиоративного эффекта.

Сравнивая конструктивные характеристики труб производства МО и труб «Агросток», следует отметить следующее:

1. Трубы «Агросток» имеют удельную массу на 22-32 % меньше, поэтому на их изготовление затрачивается меньше полиэтилена.
2. Толщина стенок труб «Агросток» больше, поэтому они имеют более высокую прочность на сжатие.
3. Площадь перфорации труб «Агросток» более, чем в 2 раза меньше, чем у труб МО, что обеспечивает большую их прочность.

Таким образом трубы «Агросток» обладают более высокой прочностью и на их изготовление требуется меньше материала. При этом по водоприёмной способности они незначительно уступают трубам МО даже при испытаниях в песке с высоким Кф = 16, 0 м/сут.

Пропускная способность труб зависит от диаметра условного прохода и уклона. С увеличением уклона возрастает скорость воды и расход труб [4]. Расходы воды в дренажных трубах различного диаметра в зависимости от уклона приведены в таблице 4.

Таблица 4. Расходы дренажных труб в зависимости от уклона, л/с

Внутренний диаметр дрен, мм	Уклон дрен								
	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010
50	0,39	0,48	0,55	0,62	0,68	0,73	0,78	0,83	0,88
75	1,16	1,42	1,65	1,88	2,01	2,18	2,33	2,47	2,60
100	2,50	3,08	3,54	3,96	4,33	4,68	5,01	5,31	5,60
125	4,71	5,75	6,59	7,43	8,05	8,78	9,31	9,93	10,50
150	7,45	9,15	10,47	11,77	12,80	14,00	14,80	15,80	16,60

При минимальном уклоне дрен, равном 0,003, расход трубы диаметром 75 мм составляет 1,42 л/с. При максимальном модуле дренажного стока в Нечернозёмной зоне России – 1,2 л/(с*га). Одна такая дрена может осушать площадь – 1,18 га. Это означает, что при длине дрены 250 м расстояние между ними составит 47,2 м. А это возможно только в песчаных грунтах с высоким коэффициентом фильтрации. Поэтому применение дренажных труб диаметров больше 50 мм для осушения сельскохозяйственных угодий экономически нецелесообразно и возможно только в отдельных случаях. Трубы большого диаметра обычно используют для осушения населённых пунктов, складских помещений, подвалов, строительных площадок и т.п. или используются в качестве коллекторов.

Выводы

1. Водоприёмная способность труб «Агросток» при установившемся режиме фильтрации и постоянном напоре воды над дренажной линией незначительно уступает таковой МО труб при защите тех и других ИП-полотном.
2. При защите труб ПЭ-холстом максимальный приток воды к МО дренам в 1,38 раза больше, чем к дренам «Агросток». Это связано с увеличением площади перфорации и диаметра МО.
3. При защите труб «Агросток» кокосовым матом приток воды к ним возрастает на 24,2% против таких же труб, покрытых иглопробивным полотном.
4. Различия в расходах воды Московской трубы, защищённой ПЭ-холстом и имеющей максимальную площадь перфорации – 52,0 см²/м, и «Агросток» с кокосовым матом и перфорацией 20,0 см²/м составляют 16,6 см³/(с*м) или 19% в пользу МО дрены, имеющей внешний диаметр 110 мм против 90 мм у трубы «Агросток». Периметр Московских труб при внутреннем условном диаметре 90 мм – 286,6 мм; «Агросток» соответственно – 235,5 мм, что в 1,22 раза меньше.
5. Трубы «Агросток», имея более толстую стенку и меньшую площадь перфорации, обладают повышенной прочностью на поперечное сжатие и разрыв против МО, имеющих тоньше стенку и больше удельную площадь перфорации. Полиэтиленовые гофрированные трубы «Агросток» соответствуют техническим характеристикам полиэтиленовых труб ТУ 6-05-1078-78 и могут укладываться в грунт глубиной до 2,5 метров.
6. В грунтах с низким Кф ≤ 1,0 м/сут увеличение диаметра закрытых дрен не обеспечивает повышение серьёзного мелиоративного эффекта, так как приток воды

к ним и скорость понижения уровня грунтовых вод будут зависеть в основном от водопроницаемости грунтов и расстояния между дренами.

Литература

1. Мурашко А.И., Сапожников Е.Г. Защита дренажа от заиления. – Минск: Ураджай, 1978.
2. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы и методы его определения. – М.: АН СССР, 1958.
3. Мелиорация и водное хозяйство. 3. Осушение: Справочник / Под ред. Б.С. Маслова. – М.: Ассоциация «Экост», 2001.
4. Маслов Б.С., Минаев И.В., Губер К.В. Справочник по мелиорации. – М.: Росагропромиздат, 1989.
5. СНиП – 2.06.03-84. Мелиоративные системы и сооружения. – М.: 1985.

Отчёт составили:
Долженко И.Б. к.т.н. доцент кафедры ГДС
Осипов Д.Н. доцент кафедры ГДС