

УДК 631.626

UDC 631.626

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ОБСЫПКИ ДРЕНАЖНЫХ ТРУБ ОБЪЁМНО-ФИЛЬТРУЮЩИМ МАТЕРИАЛОМ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗАКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА**

**THE INVESTIGATION OF THE TECHNOLOGY OF THE DRAIN PIPES FORCE-PACKAGE WITH THE VOLUME-FILTER MATERIAL IN CONSTRUCTING BURIED HORIZONTAL DRAINAGE**

Никитенко Андрей Васильевич  
ассистент

Nikitenko Andrey Vasilievich  
teaching assistant

Максимов Валерий Павлович  
д.т.н., профессор каф. Машины  
природообустройства  
*ФГБОУ ВПО Новочеркасская государственная  
мелиоративная академия, Новочеркасск, Россия*

Maximov Valeriy Pavlovich  
Dr.Sci.Tech., professor of the Chair of  
Environmental Engineering Machines  
*Federal State Budgetary Educational Institution of  
Higher Education Novocherkassk State Land  
Reclamation Academy, Novocherkassk, Russia*

В статье описана технология строительства закрытого горизонтального дренажа с применением принудительной подачи объёмно-фильтрующего материала бункером узкотраншейного дреноукладчика, и приведены результаты полевых исследований работоспособности дрен, уложенных по традиционной и предложенной технологиям

The technology of the close subsurface drainage construction with using the force-feed of the volume-filter material by the narrow-trench drainage machine bin is described in the article. The results of the field study of the drains laid by traditional and proposed technology efficiency are shown

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, ЗАКРЫТЫЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ДРЕНАЖ, СВОДОРАЗРУШАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО, КОЭФФИЦИЕНТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ, КОЭФФИЦИЕНТ ВОДОЗАБОРА, ФИЛЬТРАЦИОННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Keywords: CONSTRUCTION TECHNOLOGY, BURIED HORIZONTAL DRAINAGE, SUBSURFACE DRAINAGE, CROWN-CUTTING TOOL, LOW FRICTION COEFFICIENT, WATER INTAKE COEFFICIENT, FRICTION RESISTANCE

В условиях глобальных изменений климата, связанных с часто повторяющимися засушливыми годами наиболее действенным средством обеспечения устойчивости сельскохозяйственного производства являются водные мелиорации. Однако большинство мелиорированных земель вследствие почти полной амортизации гидромелиоративных систем, достигающей порядка 80%, а также снижения общей культуры земледелия обладают не высокой продуктивностью и не могут оказать решающего влияния на нейтрализацию риска неблагоприятных погодных условий и обеспечение населения страны продовольствием.

С целью повышения рентабельности и устойчивости сельскохозяйственного производства правительством Российской

Федерации на период до 2020 года была утверждён проект федеральной целевой программы развития мелиорации земель сельскохозяйственного назначения за счёт реконструкции и строительства мелиоративных систем.

Одним из перспективных направлений развития мелиорации земель является реконструкция и строительство на орошаемых площадях инженерного дренажа, который в автоматическом режиме обеспечивает создание оптимальных условий для развития сельскохозяйственных культур за счёт регулирования водно-воздушного и солевого режимов почв.

В рамках ведомственной программы «Разработка орудий, средств и технологий механизации строительства, восстановления и эксплуатации мелиоративных систем и объектов природообустройства» была разработана и испытана в производственных условиях на базе нового бункера узкотраншейного дреноукладчика (патент РФ E02F 5/10 76356 U1) технология укладки пластмассовых дренажных труб с принудительной их обсыпкой объёмно-фильтрующим материалом.

Технологически процесс строительства закрытого горизонтального дренажа узкотраншейным способом с применением предложенной технологии обсыпки дренажных труб в части отрывки дренажной траншеи и засыпке её минеральным грунтом после укладки дренажных труб аналогичен разработанному доктором технических наук Мироновым В.И. [1]. Его отличительной особенностью является новый способ доставки объёмно-фильтрующего материала на дно дренажной траншеи к месту укладки и формирования качественной обсыпки вокруг дренажной трубы.

Традиционно процесс дозирования объёмно-фильтрующего материала бункером дреноукладчика осуществляется при свободном движении сыпучего материала вниз под действием собственной массы, при этом распределение материала происходит за счёт поступательного перемещения бункера в траншее с определённой рабочей скоростью.

Исследования бункеров различных конструкций как отечественного, так и зарубежного производства показали [2, 3, 4], что при таком методе дозирования ограниченное пространство бункера дренаукладчика в совокупности с физико-механическими свойствами фильтрующей обсыпки зачастую приводят к образованию статически устойчивого свода. При этом процесс подачи объёмно-фильтрующего материала осуществляется прерывисто с образованием пустот, что не только нарушает необходимую конструкцию дрены, приводя к волнообразной укладке труб с обратным уклоном, но и способствует в дальнейшем интенсивному засорению и заиливанию дрены. Устранение дефектов укладки дрен и фильтра занимает 25-35 % общего цикла времени строительства [4, 5], что значительно сказывается на производительности и себестоимости строительных работ.

Для повышения качества обсыпки труб сыпучим объёмно-фильтрующим материалом разработана технология принудительной подачи и послойного распределения фильтроматериала вокруг дренажной трубы с использованием бункера-дозатора предложенной конструкции (рис. 1).

Такая конструкция позволяет предотвратить образование статически устойчивых сводов в бункере, а так же обеспечить соблюдение проектных параметров фильтра с соблюдением уклона укладки дренажной трубы.

В процессе работы рабочий орган 2 дренаукладчика 1 отрывает траншею шириной 0,3÷0,4 м, на дно которой через желоб 6 подается пластиковая дренажная труба 15, и по желобам 5, 7 объёмно-фильтрующий материал 14, поступающий из прицепа перегружателя через загрузочную воронку 4.

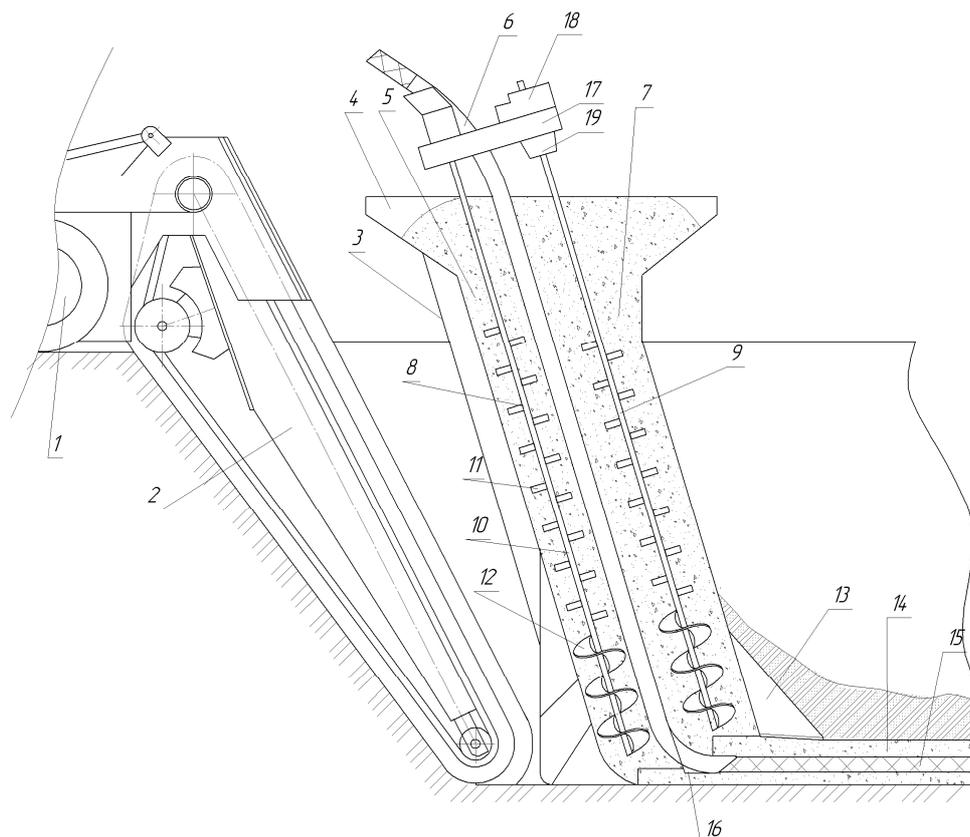


Рисунок 1 – Бункер узкотраншейного дреноукладчика

Силовой установкой 17 приводятся во вращение шнеки 8, 9, верхняя рабочая часть которых предотвращает образование сводов и побуждает движение объёмно-фильтрующего материала вниз самотеком при помощи наклонных лопаток 11, а нижняя рабочая часть в виде винтовой поверхности 12 создает напор, подобный гидравлическому, чем обеспечивается создание уплотненного слоя фильтра вокруг дренажной трубы по всему периметру отрываемой траншеи. Профилирующий нож 16, закрепленный в нижней части желоба 6 предотвращает эффект выпора подстилающего слоя фильтра из-за создаваемого напора и прорезает ложе в которое затем укладывается дренажная труба 15. Лыжа-формирователь 13 предотвращает эффект выпора застилающего слоя фильтра и формирует профиль фильтра позволяющий экономно расходовать объёмно-фильтрующий материал.

Испытания бункера в условиях полигона ОАО «163 БТРЗ» показали, что использование в технологии строительства закрытого горизонтального дренажа узкотраншейным способом предложенного технологического приема подачи и укладки объёмно-фильтрующего материала позволяет исключить из технологического цикла часть операций связанных с устранением дефектов укладки, снизив сроки проведения работ на 20%.

Для проведения сравнительного анализа эффективности работы дрены, уложенной с применением предложенной технологии обсыпки труб (принудительная подача ОФМ в придренную полость) внедряемой взамен существующей (подача ОФМ в придренную полость под действием силы тяжести) было заложено три дрены. Две, построены с применением традиционной технологии обсыпки и одна с применением предложенной технологии. Конструкция водопроводящей части дрен выполнена из дренажных гофрированных труб диаметром 110 мм, обернутых полотном нетканым клееным. Исследуемые конструкции дрен представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Конструкции исследуемых закрытых дрен на участке совхоза "Краснокутский" Веселовского района

Номер дрены	Фильтровая обсыпка	Технология обсыпки дрен	Длина дрены, м
ЗДр-1	Песчано-гравийная смесь	Внедряемая	250
ЗДр-3	Песчано-гравийная смесь	Традиционная	300
ЗДр-4	Песчано-гравийная смесь	Традиционная	310

Фильтрующая обсыпка на исследуемых дренах выполнена песчано-гравийной смесью, в состав которой входит среднезернистый песок, характеризующийся следующими показателями:  $d_{10} = 0,11$  мм,  $d_{60} = 0,25$  мм,  $K_{\phi} = 10$  м/сут.

Полевые исследования проводились в ЗАО «Краснокутское» Веселовского района ростовской области, где в рамках проводимых исследований была выполнена реконструкция дрена, путем замены поврежденных участков длиной 250, 300, 310 м на новые (рис. 2).



Рисунок 2 – Реконструкция дренажа ЗАО «Краснокутское»

Исследование работы дрена заключалось в определении их технической и мелиоративной эффективности. Для чего в 15 м выше наблюдательных колодцев, в которых планировалось замерять величину дренажного стока, было пробурено 2 створа с 16 наблюдательными скважинами. Скважины закладывались по нормали к дренам на следующих расстояниях от её оси: 1; 3; 10; 25; 50 м и на междренье, после чего производилась их нивелировка. Глубина скважин превышала на 0,5 – 1,0 м минимальную глубину уровня грунтовых вод.

Исследование показателей технической эффективности работы включало определение величины дренажного стока, глубины залегания и скорости понижения уровней грунтовых вод, зависимости притоков от действующих напоров, динамики изменения депрессионных кривых, фильтрационных сопротивлений, коэффициента гидравлического

сопротивления и водозабора, способности дрен сохранять проектный уклон после обратной засыпки и в процессе эксплуатации.

Замер уровней грунтовых вод и дебита дрен осуществлялся в течение всего полевого сезона не реже 2-х раз в месяц. Величина дренажного стока устанавливалась объёмным методом.

Исследование технической эффективности дрены выполнялось по методу, предложенному Р.Г. Джанумовым и Ю.Г.Филипповым [6]. Сущность, которого заключается в сравнении суммарных гидравлических сопротивлений, которые реальная и идеальная дрены оказывают фильтрационному потоку.

Сопоставление дренажного стока исследуемых конструкций по величинам удельных расходов приведено в таблице 2.

Таблица 2 - Средние расходы дрен исследуемых конструкций

номер дрены	Дебит дрены, л/с			Удельный расход, q, л/с км			q <sub>ср</sub> , л/с км		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
ЗДр-1	0,11	0,13	0,12	0,46	0,48	0,46	0,46	0,48	0,46
ЗДр-2	0,13	0,12	0,13	0,42	0,43	0,40	0,42	0,42	0,42
ЗДр-3	0,13	0,14	0,13	0,42	0,42	0,44			

Для исследуемых конструкций дрен установлены положения депрессионных кривых, при которых обеспечиваются данные расходы (рис. 3). Динамика уровней грунтовых вод по створам наблюдательных скважин I и II показала, что интервалы напоров в междренной зоне рассматриваемых конструкций имеют соответственно пределы: 0,43...0,65 м (рис. 3).

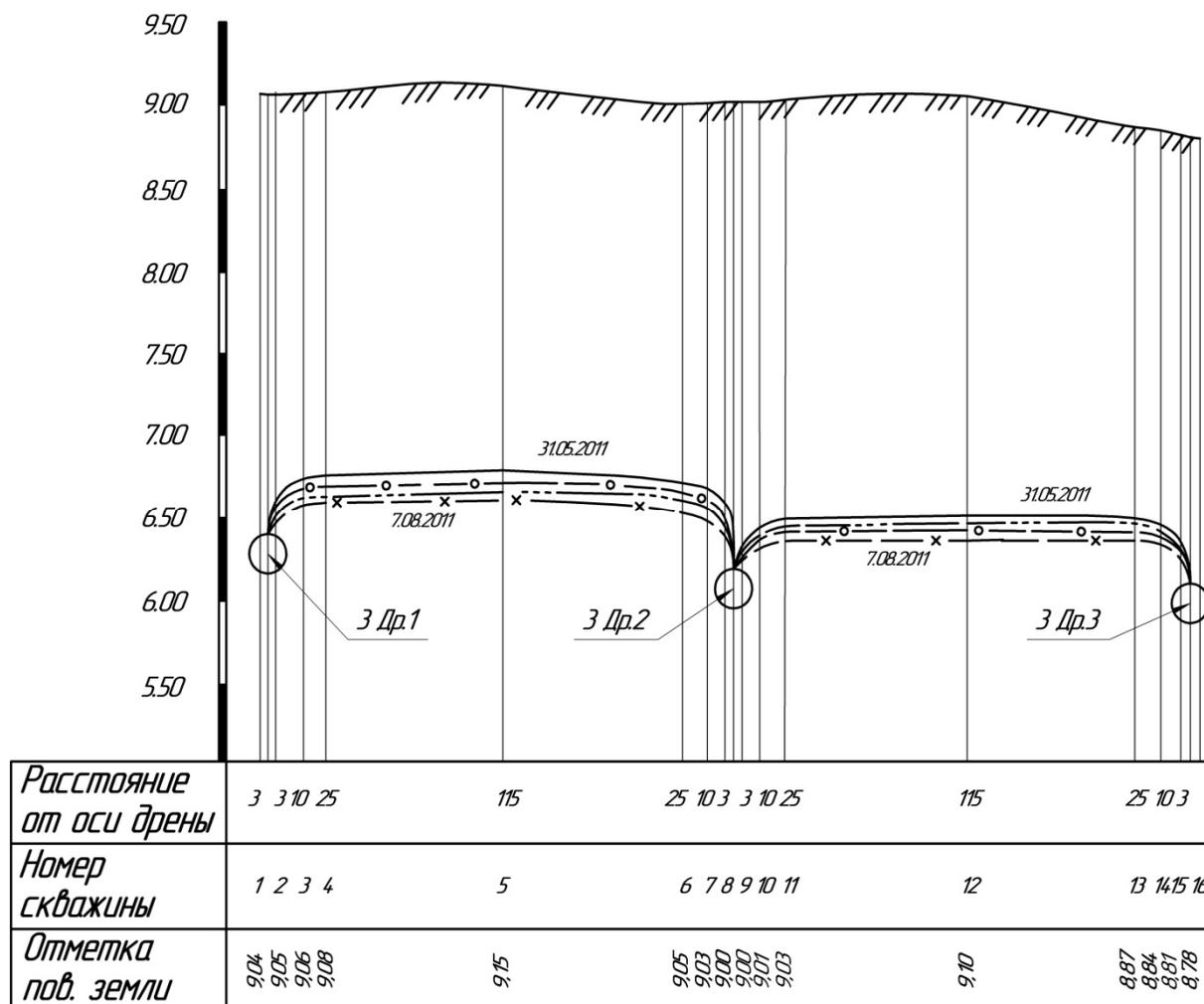


Рисунок 3- Изменения уровней грунтовых вод под влиянием дренажа на участке ЗАО «Краснокутское» (створ I)

Определение технического совершенства конструкций выполнено по отношению потерь напора к удельному расходу, представляющее собой фильтрационное сопротивление.

Фильтрационные сопротивления, рассчитанные по данным наблюдений, приведены в таблице 3, анализ которой показывает, что с наименьшим фильтрационным сопротивлением работает дрена 3Др-1. Среднее фильтрационное сопротивление ( $\Phi_{\text{СР}} = 15,81 \text{ м}$ ) конструкции, которой на 12-15% меньше.

Таблица 3 – Интервалы напоров, удельных расходов и фильтрационные сопротивления исследуемых дрен

№ дрены	2010			2011		
	Напор, Н, м	Удельный расход, q, м <sup>2</sup> /сут	Фильтрац. сопротив. Ф, сут/м	Напор, Н, м	Удельный расход q, м <sup>2</sup> /сут	Фильтрац. сопротив. Ф, сут/м
ЗДр-1	0,50...0,71	0,019...0,068	15,68	0,41...0,62	0,017...0,066	16,76
ЗДр-2	0,58...0,76	0,023...0,061	18,84	0,57...0,75	0,021...0,059	19,93
ЗДр-3	0,57...0,69	0,022...0,063	18,43	0,56...0,68	0,020...0,060	19,66

При оценке фильтрационных сопротивлений исследуемых конструкций, кроме рассмотренного метода, применялись методы А.М.Сойфера и решения обратных задач [7]. Фильтрационные сопротивления дренажных конструкций сведены в таблицу 4.

Таблица 4 - Средние значения фильтрационных сопротивлений дрен рассчитанных различными методами

Номер дрены	По А.М. Сойферу			Решение обратных задач		
	число наблюдений	Фильтрационное сопротивление, м		Число наблюдений	Фильтрационное сопротивление, м	
		дрен	типа конструкции		дрен	типа конструкции
ЗДр-1	16	17,52	17,52	14	18,53	18,53
ЗДр-2	16	18,58	18,32	14	22,22	21,69
ЗДр-3	16	18,06		14	21,16	

Применительно к рассматриваемым конструкциям выполнены расчеты коэффициентов гидравлического сопротивления и водозабора (таблицы 5 и 6) и установлены зависимости удельных расходов дрен от действующих напоров  $q = f(h)$  представленные на рисунке 4.

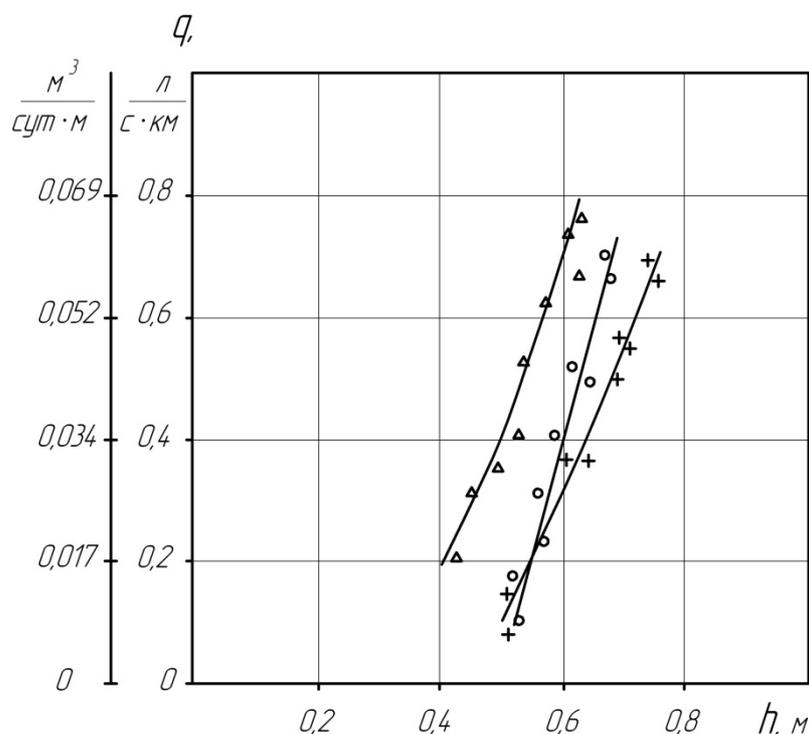


Рисунок 4 – Кривые зависимостей удельных расходов дрен от действующих напоров

Водозаборные характеристики исследуемых дрен (табл. 5), зависимости удельных расходов от напоров (рис. 4) и фильтрационные сопротивления, установленные различными методами (табл. 4) позволяют сделать обоснованные выводы об эффективности технологии принудительной подачи объёмно-фильтрующих материалов к месту укладки. Так, у дрены, уложенной с применением новой технологии обсыпки среднее фильтрационное сопротивление по методу А.М. Сойфера и по методу решения обратных задач в среднем на 10-15% меньше, чем у конструкции построенных по традиционной технологии.

Таблица 5 – Водозаборные конструкции дрен, установленные по разовым замерам

№ дрены	Расчетная длина, L, м	Расход, Q, л/с	Фактические		Теоретические		Коэффициенты	
			H, м	q, м <sup>2</sup> /сут	H, м	q, см <sup>2</sup> /сут	ξ	μ
ЗДр-1	250	0,51	0,62	0,046	0,15	0,161	3,75	0,28
ЗДр-2	300	0,45	0,50	0,039	0,12	0,150	4,31	0,26
ЗДр-3	310	0,48	0,49	0,040	0,12	0,159	4,22	0,25

Уложенная с применением предлагаемой технологии обсыпки дрена характеризуется меньшим значением коэффициента гидравлического сопротивления ( $\xi = 3,75$ ), большим коэффициентом водозабора ( $\mu = 0,28$ ) и обеспечивает удельные расходы в среднем до 0,5-0,6 л/с·км при напорах до 0,6 м.

Основные технические показатели эффективности конструкций дрен сведены в таблицу 7, анализ которых показывает, что работоспособность конструкций дрен с фильтровой обсыпкой, уложенной с применением новой технологии более чем на 10% лучше, чем у дрен, фильтровая обсыпка которых выполнена по традиционной технологии.

Таблица 6 - Средние значения коэффициентов гидравлического сопротивления и водозабора исследуемых конструкции дрен

Номер дрены	Число наблюдений	Коэффициенты			
		гидрав. сопр., ξ		Водозабора, μ	
		дрен	типа конструкции	дрен	типа конструкции и
ЗДр-1	15	3,75	3,75	0,28	0,28
ЗДр-2	15	4,29	4,10	0,22	0,22
ЗДр-3	15	3,91		0,23	

Таблица 7 - Показатели технической эффективности конструкций дрен

Технология обсыпки дрены	Удельный расход, q, л/с·км	Фильтрационное сопротивление, Ф, м		Коэффициенты		Показатель водоприм. способности ρ, м/сут
		по А.М. Сойферу	решение обратных задач	ξ	μ	
Внедряемая	0,40...0,55	17,52	18,53	3,75	0,28	0,31
Традиционная	0,36...0,52	18,32	21,69	4,10	0,22	0,28

Анализ результатов полевых исследований позволяет сделать заключение об эффективности новой технологии обсыпки труб ОФМ и целесообразности её применения для строительства и реконструкции дренажа.

**Выводы:** Результаты полевых исследований работоспособности конструкции дрены, уложенной с применением предлагаемой технологии обсыпки труб, показали, что водопримная способность фильтра в среднем на 10 % выше, чем у дрен, уложенных по традиционной технологии.

Разработанная конструкция бункера узкотраншейного дренаукладчика, оснащенного сводоразрушающим устройством при одновременном повышении производительности работ, примерно, на 18% позволяет повысить качество обсыпки дренажных труб защитно-фильтрующим материалом и снизить технологические затраты на строительство дренажа с применением предложенной технологии более чем на 15 %.

#### Список используемой литературы

1. Миронов В. И. Комплексно-механизированные технологии строительства закрытого горизонтального дренажа в зоне орошения узкотраншейным способом: дис. ... д - ра техн. наук: 06.01.02. -М., 2004. - 575 с.
2. Коршиков А.А. Технологические особенности строительства и эксплуатации дренажа в зоне орошения. - Новочеркасск, 1991. - 145 с.

3. Зенков Р. Л., Ивашков И.И., Колобов Л.Н. Машины непрерывного транспорта. - М.: Машиностроение, 1987. - 432 с.
4. Панченко А.Н. Бункера дренаукладчиков зоны орошения: монография. - Ашхабад: Ылым, 1985. - 80 с.
5. Миронов В. И. Технология и механизация дренажных работ в зоне орошения. – Ростов н/Д: Изд – во СКНЦ ВШ, 2002. – 120 с.
6. Филипов Ю.Г., Джанумов Р.Г. Исследование работы закрытого дренажа на орошаемых землях Ростовской области // Сб. научн. тр. Южгипроводхоза. - Ростов н/Д, 1973. - Вып. XIV. Ч. II. - С. 37 - 53.
7. Лисконов А.Т., Бредихин Н.Н., Савчук Д.П. Закрытый горизонтальный дренаж при орошении. – Изд – во Красноярского ун – та, 1992. -288 с.

### References

1. Mironov V. I. Complex - mechanized technologies of construction of the closed horizontal drainage in an irrigation zone in the narrow-trench way: thesis... Dr. of Eng. Sc: 06.01.02. - M, 2004. - 575 pages.
2. Korshikov A.A. Technological features of construction and drainage use in an irrigation zone. - Novocherkassk, 1991. - 145 pages.
3. Zenkov R. L., Ivashkov I.I., Kolobov L.N. Cars of stream-flow transportation. - M: Mechanical engineering, 1987. - 432 pages.
4. Panchenko A.N. Bunkers of drainage machines of an irrigation zone: monograph. - Ashkhabad: Ylym, 1985. - 80 pages.
5. Mironov V. I. Technology and mechanization of drainage works in an irrigation zone. – Rostov-on-Don: Publ. house. – SKNT VSh, 2002. – 120 pages.
6. Filipov Y.G., Dzhanumov R. G. Research of work of the closed drainage on irrigated lands of Rostov region//Transactions of sc. works Yuzhgiprovodkhoz. - Rostov-on-Don, 1973. - Iss. XIV. Part. II. - Page 37 - 53.
7. Liskonov A.T., Bredikhin N. N., Savchuk D.P. The closed horizontal drainage by irrigation. – Publ. house. – Krasnoyarsk Un. – 1992. -288 pages.