

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 утвержден проект федеральной целевой программы развития мелиорации земель сельскохозяйственного назначения за счет 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 счет 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 траншею 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  $0,3 \div 0,4$  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.

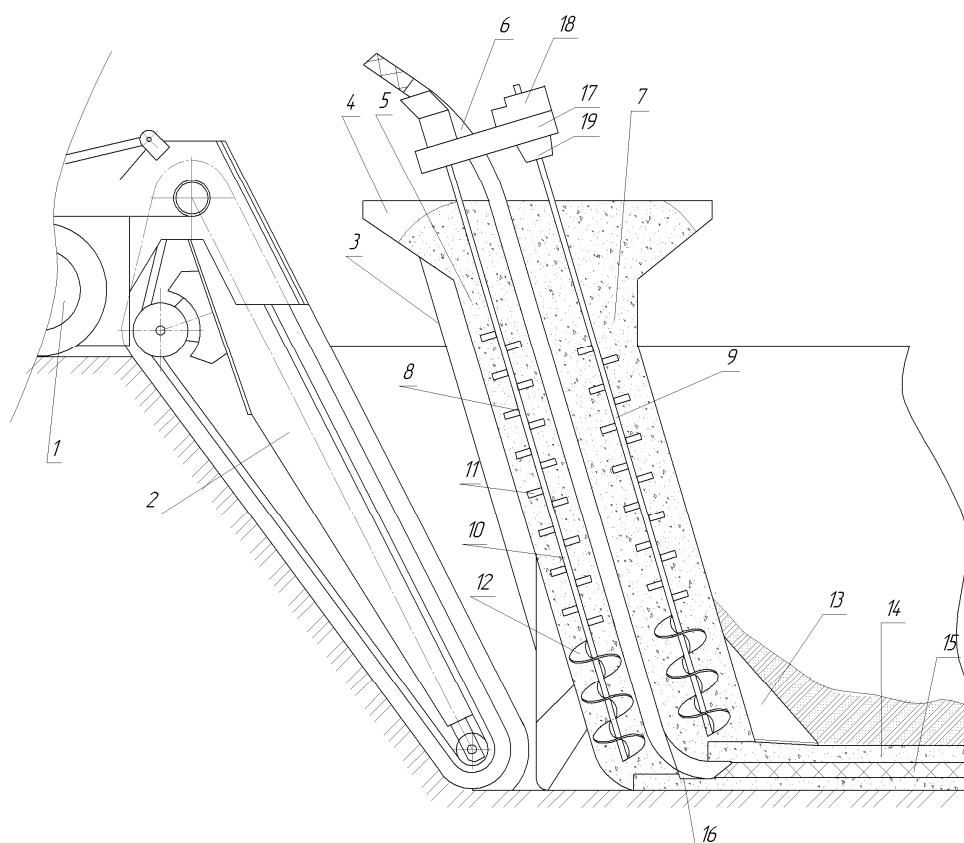


Рисунок 1 – Бункер узкотраншейного дренаукладчика

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 |      |      | $q_{ср}$ , 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).

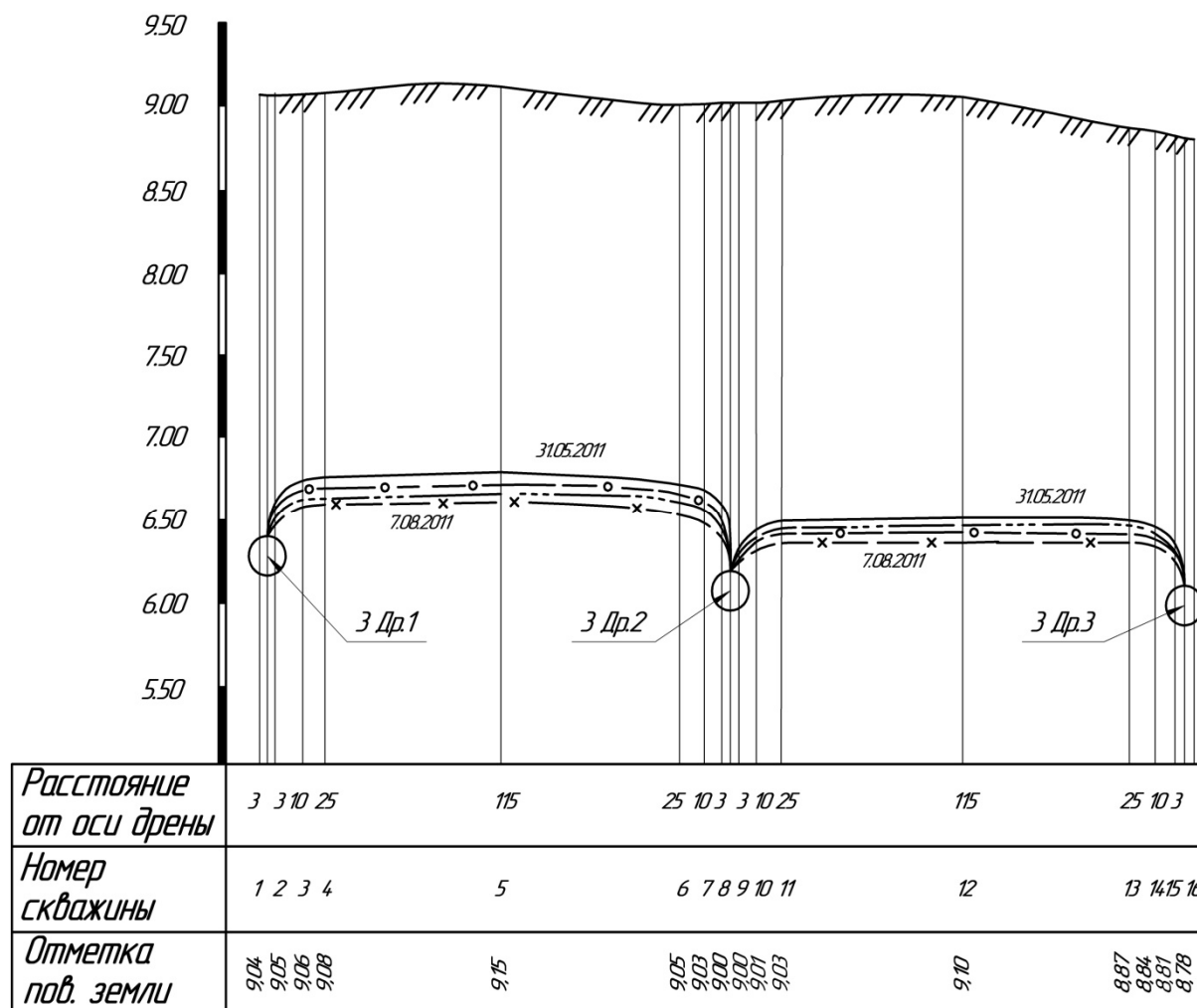


Рисунок 3- Изменения уровней грунтовых вод под влиянием дренажа на участке ЗАО «Краснокутское» (створ I)

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 дренажей

| № дренажи | 2010        |                                            |                                    | 2011        |                                           |                                    |
|-----------|-------------|--------------------------------------------|------------------------------------|-------------|-------------------------------------------|------------------------------------|
|           | Напор, Н, м | Удельный расход, $q$ , м <sup>2</sup> /сут | Фильтрац. сопротив. $\Phi$ , сут/м | Напор, Н, м | Удельный расход $q$ , м <sup>2</sup> /сут | Фильтрац. сопротив. $\Phi$ , 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 дренажей рассчитанных различными методами

| Номер дренажи | 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.

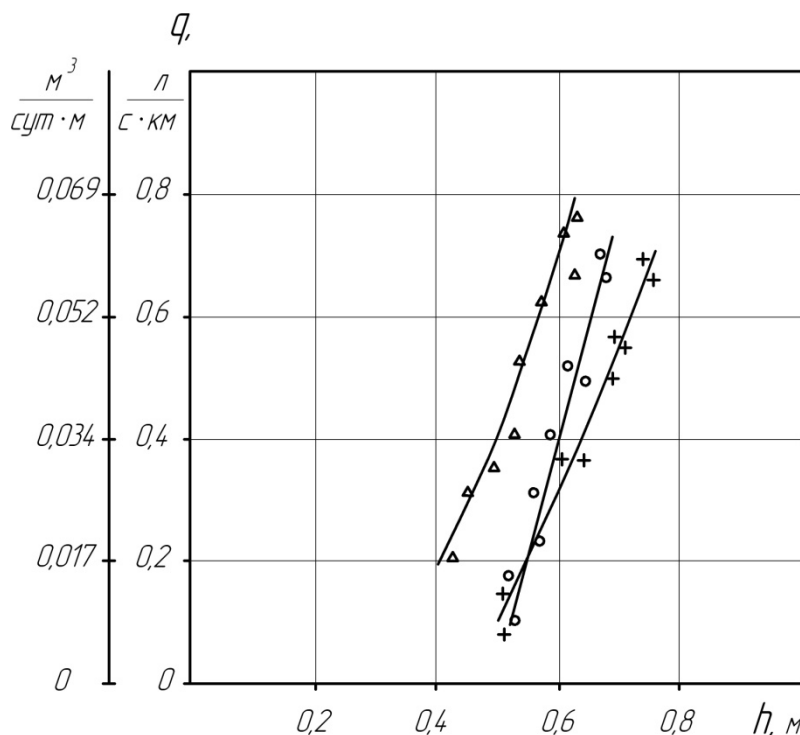


Рисунок 4 – Кривые зависимостей удельных расходов дрен от действующих напоров

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 объемно-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 дрена, установленные  
по разовым замерам

| №<br>дрены | Расчетная<br>длина,<br>L, м | Расход,<br>Q, л/с | Фактические |                        | Теоретические |                         | Коэффициенты |       |
|------------|-----------------------------|-------------------|-------------|------------------------|---------------|-------------------------|--------------|-------|
|            |                             |                   | H, м        | q, м <sup>2</sup> /сут | H, м          | q, см <sup>2</sup> /сут | $\xi$        | $\mu$ |
| 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 дрена сведены в таблицу 7, анализ которых показывает, что работоспособность конструкций дрена с фильтровой обсыпкой, уложенной с применением новой технологии более чем на 10% лучше, чем у дрена, фильтровая обсыпка которых выполнена по традиционной технологии.

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

| Номер<br>дрены | Число<br>наблюдений | Коэффициенты         |                     |                   |                         |
|----------------|---------------------|----------------------|---------------------|-------------------|-------------------------|
|                |                     | гидрав. сопр., $\xi$ |                     | Водозабора, $\mu$ |                         |
|                |                     | дрен                 | типа<br>конструкции | дрен              | типа<br>конструкци<br>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<br>обсыпки дрены | Удельный<br>расход,<br>q, л/с-км | Фильтрационное<br>сопротивление,<br>Ф, м |                              | Коэффициенты |       | Показатель<br>водоприм.<br>способности<br>$\rho$ , м/сут |
|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|------------------------------|--------------|-------|----------------------------------------------------------|
|                             |                                  | по А.М.<br>Сойферу                       | решение<br>обратных<br>задач | $\xi$        | $\mu$ |                                                          |
| 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.