

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ УСТРОЙСТВ ДЛЯ БЕСТРАНШЕЙНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА СИСТЕМ ДРЕНАЖА И ПОДПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ

Лазуткин С.Л.¹

¹Муromский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Муром, Россия (602264, Муром, ул. Орловская, д. 23), e-mail: lslmurom62@yandex.ru

Статья представляет собой научный обзор, посвященный проблеме создания высокоэффективного оборудования для строительства и обустройства бестраншейных систем подпочвенного орошения и дренажа. Приведено аналитическое описание принципа действия различных конструкций рабочих органов с различными типами приводов, созданных когда-либо в отечественных НИИ и КБ. Отмечено, что рассмотренные конструкции не отвечают современным экологическим требованиям. На основании анализа конструктивных особенностей определены пути обеспечения долговечности систем беструбчатого дренажа. С учетом имеющихся достоинств и недостатков конструкций рабочих органов обоснована актуальность дальнейшего научно-технического поиска и конструкторской проработки для совершенствования машин данного технологического назначения. Как вариант предлагается идея разработки конструкции машины, принцип действия которой основан исключительно на ударно-механическом взаимодействии рабочего органа с грунтом.

Ключевые слова: система дренажа, подпочвенное орошение, долговечность дренажных систем, устойчивость грунта к размоканию, технологии строительства дренажных систем, формирование стенок кротовины

ANALYSIS OF THE STRUCTURES OF DEVICES FOR TRENCHLESS CONSTRUCTION OF DRAINAGE AND SUBSURFACE IRRIGATION

Lazutkin S.L.¹

¹The Murom Institute (branch) of the Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Murom, Russia (602264, Murom, street Orlovskaya, 23), e-mail: lslmurom62@yandex.ru

Article represents the scientific review devoted to a problem of creation of the highly effective equipment for construction and arrangement the bestransheynkh of systems of a subsoil irrigation and drainage. The analytical description of the principle of action of various designs of working bodies with various types of the drives created ever in domestic scientific research institutes and CB is provided. It is noted that the considered designs don't meet the modern ecological requirements. On the basis of the analysis of design features ways of ensuring durability of systems of a bestrubchaty drainage are defined. Taking into account the available merits and demerits of designs of working bodies relevance of further scientific and technical search and design study for improvement of cars of this technological appointment is proved. As the option is offered idea of development of a machine design which principle of action is based only on shock and mechanical interaction of working body with soil.

Keywords: drainage system. subsoil irrigation. durability of drainage systems, the resistance of the soil to soften, construction of drainage systems, the formation of the walls of molehills

Анализ способов создания беструбчатого дренажа [1, 11] позволяет утверждать, что при имеющемся разнообразии конструкций машин и технологий, с помощью которых можно решать поставленные задачи, выявленные недостатки обуславливают необходимость дальнейшего развития и совершенствования конструкции машин данного технологического назначения [21, 7].

Цель работы

Беструбчатые дрены (кротовины) представляют собой воздушные полости из уплотненного или укрепленного грунта. Беструбчатый (кротовый) дренаж является

экономичным способом осушения земель. В ряде стран (Австрии, Чехии, Словакии и др.) беструбчатый дренаж по эффективности работы приравнен к трубчатому. На тяжелых глинистых и суглинистых почвах беструбчатый дренаж значительно эффективнее обычного трубчатого дренажа [11, 1, 21, 7].

Беструбчатый кротовый дренаж при достаточной эффективности наиболее выгоден с точки зрения единовременных затрат на строительство 1 п. м дренажа. Высокую экономичность беструбчатого дренажа по сравнению с другими способами дренирования при аналогичных условиях отмечает Р. Эггельсман [21].

Решение этой инженерной задачи позволит увеличить производительность и значительно снизить капиталовложения в строительство и эксплуатацию таких систем. Значительные объемы мелиоративного строительства и достаточно широкая область применения кротового дренажа обуславливают актуальность поиска способа увеличения срока службы кротовин.

Изучение отечественного и зарубежного опыта создания кротодренажных машин и механизмов

Рассмотрим несколько типичных конструкций, каковыми являются щелеватель-кротователь ЩН-5-40, с глубиной обработки почвы до 0,4 м; щелерез-рыхлитель ЩР-4,5 с глубиной обработки почвы до 0,45 м; щелерез-кротователь КРОТ-1000, способный формировать кротовины на глубине до 1 м. Такого типа машины эффективны на жирных черноземах и подобных им грунтах, обладающих плохой пропускной способностью влаги, где подстилающие гумус грунты имеют достаточный коэффициент фильтраций (пески, супеси). Однако эти конструкции не найдут применения на тяжелых связных грунтах, где верхний плодородный слой подвержен засолению вследствие плохого прохождения влаги через грунты, находящиеся под ним. При строительстве дренажных систем беструбчатым способом на таких грунтах, главным является долговечность кротовин, их водоустойчивость. В связи с этим недостаточный срок службы не позволяет использовать все преимущества кротового дренажа. Водоустойчивость кротового дренажа обусловлена многими факторами, основными из которых являются: свойства грунта, слагающего стенки кротовин, механический, агрегатный и минералогический состав, а также влажность грунта в момент прокладки кротовин [7, 10, 2, 17]. Кроме того, на водоустойчивость грунта в стенках кротовин влияет способ взаимодействия рабочего органа с грунтом. Поскольку активно воздействовать можно только на этот фактор, то развитие кротодренажной техники привело к появлению целого ряда различных конструкций, способных увеличить срок службы систем беструбчатого дренажа. Анализ патентно-информационных материалов показал, что укрепление стенок кротовин осуществляется следующими способам: облицовкой их

различными материалами; укреплением химическими веществами; термической обработкой. При строительстве беструбчатого дренажа для облицовки стенок применяют цемент, известь, холодные асфальтовые мастики, бетон на основе вяжущих материалов, фильтрующие заполнители, а также готовые гончарные или пластмассовые трубы, которые протаскиваются в кротовину [14, 9, 12, 18, 16].

Во Всесоюзном ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательском институте сельскохозяйственного машиностроения (ВИСХОМ) им. В.П. Горячкина разработана конструкция рабочего органа для прокладки и укрепления кротовин путем смешивания грунта с вяжущим материалом (цементом) [15, 5]. Прокладка кротовин рабочим органом, состоявшим из ножа 1 и дренера 2 (рис. 1), осуществляется следующим образом.

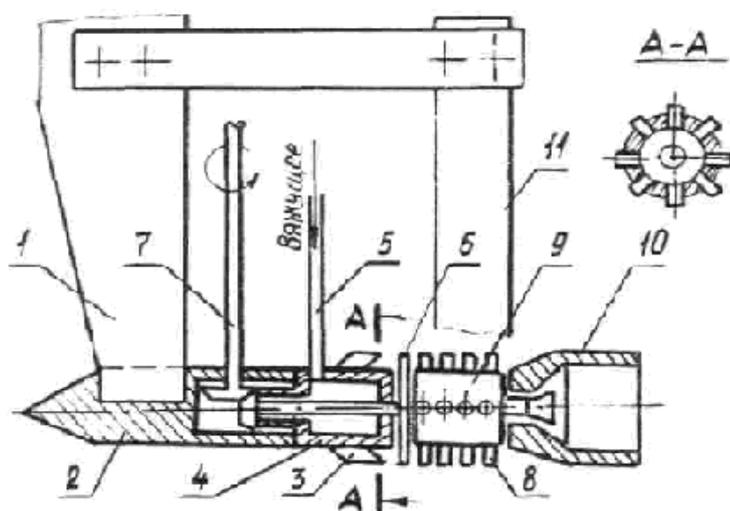


Рис. 1. Рабочий орган для облицовки кротовин цементным раствором

Сначала выступы 3 распределителя 4 в грунте образуют лицевое отверстие, впадины которого сразу же заполняются цементным раствором, подаваемым по трубопроводу 5. Затем ножи-фрезы 6, приводимые во вращение валом 7, измельчают грунт и перемешивают его с вяжущим. Окончательное перемешивание осуществляется штырями 6 смесителя 9. Полученная смесь грунта с вяжущим (грунтобетон) раздвигается и уплотняется уплотнителем 10. Водопроницаемость кротовины достигается путем прорезания выступом уплотнителя щели в стенке.

В Казахском политехническом институте (ныне Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева) разработана конструкция кротователя, повышающего устойчивость кротовины путем создания равномерного фильтрующего слоя при использовании для этого гранулированного флюса [16]. Работает кротователь (рис. 2) следующим образом. При движении дренера 2 наконечник 3 прокалывает грунт и уплотняет его вокруг образуемого отверстия. По каналу 4 во внутренней полости ножа-стойки 1 в кольцевую полость 12 сжатым воздухом подается заполнитель (гранулированный флюс),

который раздвигается обтекаемой заходной частью 6, трамбовочной шайбой 8 и уплотняется, образуя тонкий слой флюса на внутренней стенке кротовины по всей ее длине. Для равномерного распределения флюса по всему периметру кольцевой полости 12 при помощи электромагнитного вибратора 10 создаются колебания трамбовочных шайб 6 через тяги 9. В качестве заполнителя используются известь или специальный состав, в который входят карбонаты магния, кальция, железа и другие химические элементы.

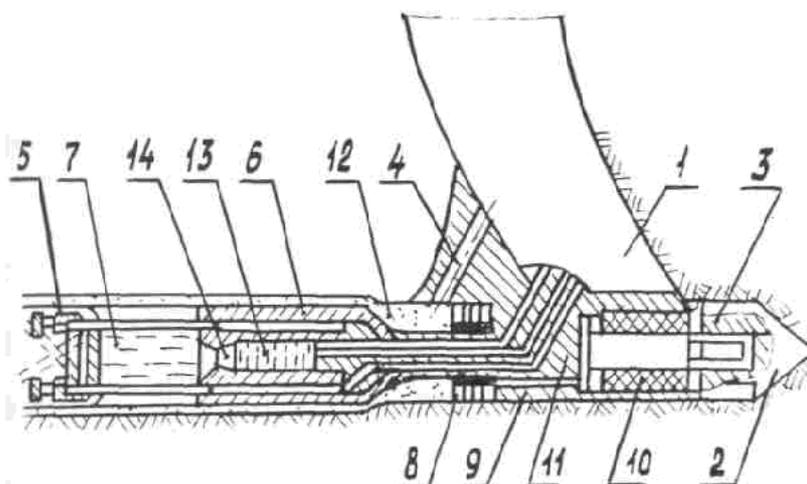


Рис. 2. Кротователь для создания фильтрующего слоя на стенках кротовины

При работе огнеструйной горелки 13 сверхзвуковая высокотемпературная газовая струя, выбрасываемая из сопла 14, преобразуется в равномерный газовый поток в камере спекания 7 переменного объема, позволяет изменить время пребывания раскаленных газов в камере при использовании флюсов с различной температурой спекания. Вода, проходя к отражателю по каналам 11 полых тяг 9, охлаждает их и через радиально расположенные распылители 17 задней стенки отражателя и подается на поверхность кротовины. Вода способствует образованию пор в разогретых стенках и их остыванию. Затвердевший спеченный слой образует пористую стенку по всей длине кротовины. Основными недостатками данного способа укрепления кротовин и конструкции рабочих органов являются высокая себестоимость работ, малая скорость прокладки кротовин, сложность конструкции рабочего органа, необходимость транспортирования вязущих материалов.

Другим направлением повышения срока службы кротовин является применение химических веществ, повышающих связность грунта с помощью различных закрепителей. Исследовались вопросы применения производных акриловой кислоты, силиката натрия и других веществ [2, 9]. В Южном научно-исследовательском институте гидротехники и мелиорации проведены исследования рабочего органа, укрепляющего стенки кротовин растворами полимеров (рис. 1, 3) [6, 19]. Испытания опытного образца кротователя КНЖ-0,25 показали его пригодность для устройства кротовин увлажнителей, по которым можно

провести несколько поливов в сезон. Однако эти способы ввиду сложности, недостаточной изученности, дороговизны и трудоемкости не нашли применения в производстве.

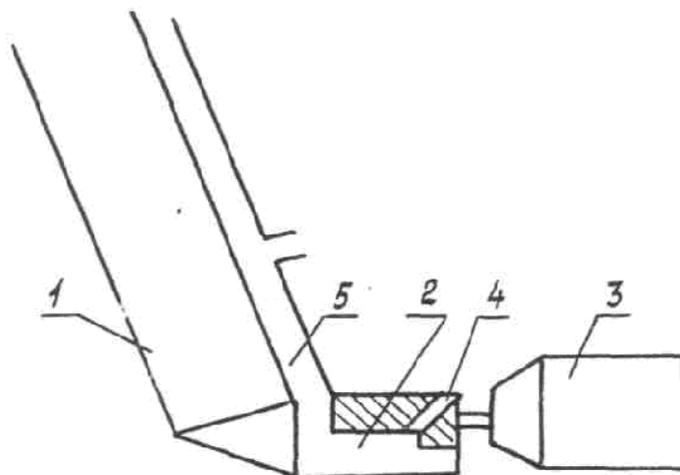


Рис. 3. Рабочий орган для укрепления кротовины полимерами

1 — нож, 2 — дренаж, 3 — уширитель, 4 — форсунка, 5 — трубопровод

В зарубежной и отечественной практике [8] используется метод укрепления кротовин готовыми трубами, которые протаскиваются в кротовину (рис. 4).

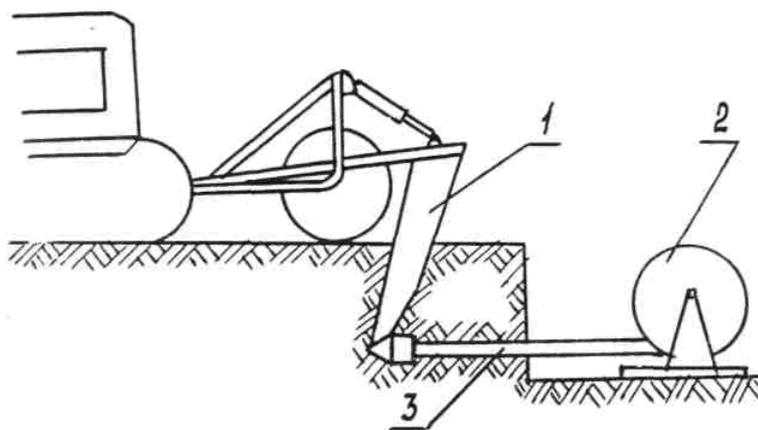


Рис. 4. Схема протаскивания в кротовину готовых пластиковых труб

1 — рабочий орган кротователя, 2 — барабан, 3 — пластиковая труба

К основным недостаткам рабочих органов, использующихся для укрепления кротовин готовыми трубами, относятся: большое тяговое сопротивление, возникающее из-за трения труб о стенки кротовин, значительные затраты ручного труда на монтаж клетки из труб, высокая стоимость работ.

В Московском гидромелиоративном институте (ныне Московский государственный университет природообустройства) была создана конструкция рабочего органа, повышающего водоустойчивость кротовин термическим методом [13, 4].

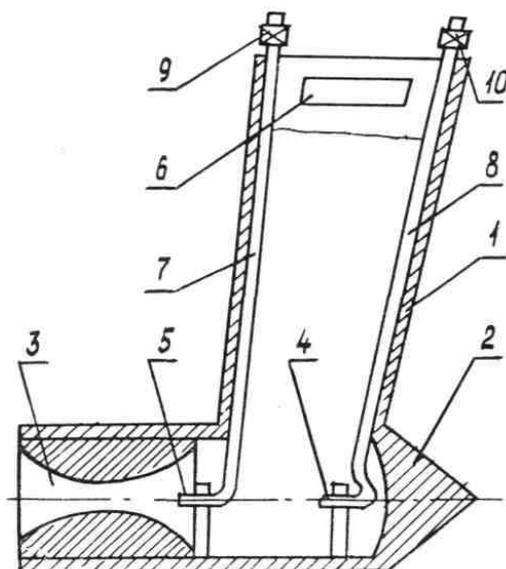


Рис. 5. Рабочий орган для укрепления кротовин термическим способом

Кротователь (рис. 5) работает следующим образом. Нож 1 с дреном 2 заглубляется на требуемую глубину в грунт. По топливопроводам 7 и 8 при открытых вентилях 9 и 10 к форсункам 4 и 5 подается топливо. Форсунки разжигаются и выводятся на заданный режим горения. Благодаря эжекции через отверстие 1 в полость ножа засасывается воздух, который, проходя перед дополнительной форсункой 4, подогревается до 400–500°С. Далее воздух поступает в камеру сгорания 3, где температура горячих газов доводится до 1800–1200°С. Кротователь перемещается в требуемом направлении, а позади него образуется кротовина с укрепленными обжигом до спекания грунта стенками на глубину до 7 см. Испытания кротовин показали, что они обеспечивают требуемую норму осушения. Однако производительность разработанной машины составляет всего 0,07 км/ч. Кроме того, данный способ требует дополнительных затрат на топливо, оснащение кротователя топливным насосом высокого давления для питания форсунок.

Одним из направлений работ по повышению устойчивости кротовин является создание активных рабочих органов, повышающих плотность грунта в зоне ее формирования. С этой целью в рабочих органах используется вибрация с колебаниями в продольной плоскости [8, 3]. Во Всесоюзном научно-исследовательском институте землеройного машиностроения (ВНИИЗЕММАШ) разработана конструкция рабочего органа с магнитоэлектрическим вибратором [3]. Конструкция работает следующим образом (рис. 6).

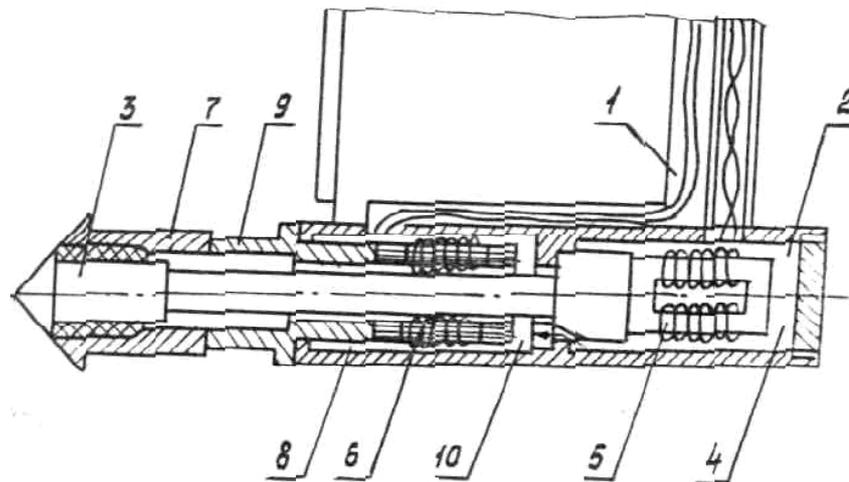


Рис. 6. Рабочий орган кротователя с магнестрикционным вибратором

При внедрении в грунт дренажа 2, прикрепленного к ножу 1, включают генератор колебаний и запитывают обмотки возбуждения вибраторов 5 и 6, расположенных в полых камерах 4 и 10. В результате создаются упругие высокочастотные колебания в продольной плоскости, передаваемые стержневыми волноводами-концентраторами 6 и 9 бойковым наконечникам 3 и 7. Результаты исследований виброкротователей с продольными колебаниями показали большую эффективность такого метода по отношению к пассивному рабочему органу. Существенным недостатком этой конструкции является необходимость в дополнительной энергетической установке для привода рабочего органа.

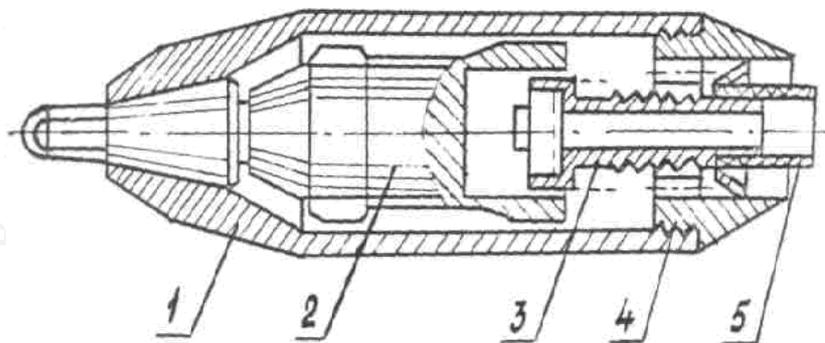


Рис. 7. Схема пневматического пробойника

1 — корпус, 2 — ударник, 3 — золотник, 4 — гайка, 5 — рукав

Для активизации рабочего органа кротодренажной машин используются и пневмопробойники [12], которые представляют собой самопередвигающуюся пневматическую машину ударного действия (рис. 7). Корпус 1 пневмопробойника является рабочим органом, формирующим кротовину. Ударник 2, совершая возвратно-поступательное движение, наносит удары по переднему торцу корпуса, забивает его в грунт. Обратному ходу корпуса препятствуют силы трения между наружной поверхностью корпуса и грунтом.

Вывод

Очевидно, что имеется достаточное количество технических предложений, помогающих решить задачу повышения водоустойчивости кротовины. Однако предложенные технологии нельзя отнести к оптимальному варианту решения этой проблемы, так как одни из них дороги и трудоемки, другие малопроизводительны. Кроме того, применение различных химических веществ, вяжущих и полимерных материалов способствует экологическому загрязнению. Таким образом, представляет интерес разработка новых конструкций рабочих органов для прокладки кротового дренажа, принцип действия которых основан только на ударно-механическом взаимодействии рабочего органа с грунтом. В этом случае долговечность кротовин определится плотностью грунта в их стенках, которая будет зависеть от геометрических размеров инструмента, формирующего кротовину, свойств грунта и характера взаимодействия инструмента с грунтом.

Список литературы

1. Абрамов С.К. Подземный дренаж в промышленном и городском строительстве М.: Стройиздат, 1967. — 239 с.
2. Бобченко В.И. Устойчивость кротовин при подпочвенном кротовом орошении // Вестник сельскохозяйственной науки. — 1958. — № 6. — С. 116–124.
3. Гарбузов З.Э., Бутуревич И.И., Таганов В.Н. и др. Рабочий орган кротователя // А.с. № 483497 СССР 1975. Бюл. № 33.
4. Гасанов Т.Г., Антропов В.К., Бешков Г.В. Кротователь // А.с. № 630338 СССР 1978. Бюл. № 40.
5. Генбач А.Н., Поветкин В.В., Мойбалов С.М. Кротователь. // А.с. №702104 СССР 1979. Бюл. № 45.
6. Гришков Э.В. Чеботарев А.В. Штоколов Д.А. Результаты исследований ЮжНИИГиМа по кротово-подпочвенному орошению // Мелиорация как средство интенсификации сельскохозяйственного производства на Северном Кавказе: Сб.: Вып. XVI, Ростов-на-Дону, 1974. С. 48–58
7. Домин У.Д. Бестраншейное строительство закрытого дренажа М.: Колос, 1981. — 240 с.
8. Дубровский А.А. Опыт вибрирования кротодренажного плуга // Тр. ВИМ. Т.27, 1960. С. 45–47
9. Евдокимова Б.Н. Закрепление стенок кротовых дрен физико-химическими способами // Гидротехника и мелиорация. — 1952. — № 3. — С. 8–61.
10. Евдокимова В.Н., Левенец М.В. Влияние уплотнения на водоустойчивость грунта // Тр.

СевНИИГ и М. Вып. 14. Ленинград, 1958. — С. 116–124.

11. Лагойский А.Н. Горизонтальные траншейные дренажи на железных дорогах М.: Транспорт, 1974. — 152 с.

12. Ласточкин Д.С. Крепление стенок кротовин для подпочвенного орошения и дренажа // Гидротехника и мелиорация. – 1964. — № 10. — С. 21–22.

13. Левчиков А.А., Гасанов Т.Г. К вопросу закрепления полости кротовых дрен термическим способом // Тр. ВНИИГиМ. Т. 54, 1972. С. 112–116

14. Мелиоративные машины / Под ред. И.Н. Мера и др. М.: Колос, 1980. — 351 с.

15. Праздников Р.С. Новый укладчик грунтобетонных смесей // Гидротехника и мелиорация, 1977, № 10. С. 26–28

16. Праздников Р.С. и др. Рабочий орган для прокладки и укрепления дрен. // А.с. № 264853 СССР 1970. Бюл. № 8.

17. Ридигер В.Р. Подпочвенное орошение по кротовым дренам. М.: Колос, 1965. — 96 с.

18. Хайзерук Е.М. Малогабаритные ножевые кабелеукладчики // Зарубежная техника связи (строительство сооружений связи). Вып. 1. М.: Информсвязь, 1974. С. 21–36.

19. Чеботарев А.В. Рекомендации по технологии крепления стенок кротовин раствором полимеров. Новочеркасск: ЮжНИИГиМ, 1974. 12 с.

20. Шрейдер Б.А. Механизация строительства и эксплуатация закрытого дренажа за рубежом. М.: ВНИИТЭИСХ, 1971. 112 с.

21. Эггельсман Р. Руководство по дренажу / Под ред. Ф.Р. Зайдельмана Пер. с нем. М.: Колос, 1978. — 255 с.

Рецензенты:

Жизняков А.Л., д.т.н., профессор, первый заместитель директора Муромского института (филиала) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир;

Орлов А.А., д.т.н., профессор, заместитель директора по развитию электронного обучения и дистанционных образовательных технологий Муромского института (филиала) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир.