Оригинальные статьи / Original articles

https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-125-129
УДК 631.6:631.311.5

Х.А. Абдулмажидов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)
127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, д.49

Адрес для переписки: hamzat72@mail.ru

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Абдулмажидов Х.А. Зависимость производительности мелиоративного каналоочистителя с жесткими направляющими от возможностей сменных ковшовых рабочих органов. *Овощи России.* 2022;(6):125-129. https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-125-129

Поступила в редакцию: 12.09.2022
Принята к печати: 15.10.2022
Опубликована: 02.12.2022

Зависимость производительности мелиоративного каналоочистителя с жесткими направляющими от возможностей сменных ковшовых рабочих органов

Резюме

Актуальность. Очистка мелиоративных каналов является весьма актуальным мероприятием. Необходимость очистки каналов и поддержание их в работоспособном состоянии становится очевидным в паводковый период, когда требуется отводить излишки воды. В статье представлены математические модели для определения производительности каналоочистителя РР-303, особенностью которого является прямолинейное движение ковша по жестким направляющим по дну вдоль оси очищаемого канала.

Материал и методы. Статья сформирована на основе экспериментальных методов исследования. В качестве объекта исследования принята сеть мелиоративных каналов осушительной системы, а в качестве предмета исследований рабочее оборудование каналоочистительной машины. Производительность, представляющая собой количество продукции вырабатываемой машиной за единицу времени может быть трех видов теоретическая, техническая и эксплуатационная, определена с учетом параметров конструкции рабочего оборудования. При работе каналокопателей их производительность напрямую зависит от основного параметра – глубины строящегося канала, в случае очистки каналов каналоочистительными машинами данный параметр не может быть рассмотрен в качестве основного. Это связано с тем, что наносы и заиления, накапливающиеся на дне и откосах каналов в процессе эксплуатации мелиоративной системы, крайне неравномерно распределены по длине канала. Наибольшая концентрация и количество наносов и заилений наблюдается в основном в устье каналов, в местах сопряжения каналов разного уровня, в местах соединения дренажа с осушительным каналом. Наиболее значимым в этом случае параметром является толщина стружки снимаемой рабочим органом ковшом со дна и откосов канала.

Результаты исследований показали, что на производительность каналоочистителя, как машины периодического действия, влияет сама конструкция рабочего оборудования, главным элементом которой является ковш способный перемещаться прямолинейно по жестким направляющим с различными скоростями. При очевидных высоких значениях производительности каналоочистительных машин непрерывного действия, можно сделать вывод о том, что каналоочиститель РР-303 показал высокие значения технико-эксплуатационных характеристик, главным образом за счет применения ковша трапецеидального профиля.

Ключевые слова: мелиоративные системы, осушительные каналы, производительность каналоочистителей, наносы, заиления, пропускная способность каналов

Dependence of the performance of the reclaiming sewer cleaner with rigid guides from interchangeable bucket tools capabilities

Khamzat A. Abdulmazhidov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127550, Russian Federation

Correspondence: hamzat72@mail.ru

Conflict of interest: The author declare that they have no conflict of interest.

For citations: Abdulmazhidov Kh.A. Dependence of the performance of the reclaiming sewer cleaner with rigid guides from interchangeable bucket tools capabilities. *Vegetable crops of Russia.* 2022;(6):125-129. (In Russ.) https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-125-129

Received: 12.09.2022
Accepted for publication: 15.10.2022
Published: 02.12.2022

Abstract

Relevance. Cleaning of reclamation channels is a very relevant event. The need to clean the canals and maintain them in working condition becomes obvious during the flood period, when it is necessary to remove excess water. The paper presents mathematical models for determining the performance of the PP-303 canal cleaner, a feature of which is the rectilinear movement of the bucket on rigid guides along the bottom along the axis of the canal to be cleaned.

Methods. The article is formed on the basis of experimental research methods. The research was carried out based on experimental and calculated data. A network of drainage canals of the drainage system was taken as the research object, and the working equipment of the canal cleaner was taken as the research subject. Performance, which is the amount of products produced by the machine per unit of time, can be of three types (theoretical, technical, and operational) and can be determined with consideration of the design parameters of the working equipment. During the operation of trench cutting machines, their performance directly depends on the main parameter, namely, the depth of the canal being built; in the case of canal cleaning with canal cleaners, this parameter cannot be considered as the main one. This is due to the fact that siltation and sediments accumulating on the bottom and slopes of the canals during the operation of the reclamation system are extremely unevenly distributed along the length of the canal. The highest concentration and amount of sediments and siltation is observed mainly at the mouth of the canals, the junctions of canals of different levels, and the junctions of the drainage with the drainage canal. In this case, the most significant parameter is the thickness of the chips removed from the bottom and slopes of the canal by the bucket.

Results. The results of the research showed that the performance of the channel cleaner, as a batch machine, is influenced by the very design of the working equipment, the main element of which is a bucket capable of moving in a straight line along rigid guides at different speeds. With obvious high values of the performance of continuous channel cleaning machines, it can be concluded that the channel cleaner RR-303 showed high values of technical and operational characteristics, mainly due to the use of a trapezoidal profile bucket.

Keywords: reclamation systems, drainage channels, productivity of channel cleaners, sediments, siltation, channel capacity

Введение

Качественная работа мелиоративной системы напрямую зависит от состояния мелиоративных каналов, от качества и периодичности их очистки и ремонтов. Эксплуатация мелиоративных каналов подразумевает проведение их текущего и капитального ремонта, кроме того на мелиоративных предприятиях необходимо проводить тщательных уход каналов для обеспечения качественной работы всей системы. Современный рынок каналоочистительных машин не обладает таким разнообразием, количеством и типоразмерами машин, которые производились в СССР с 1960 по 1980 годы. В настоящее время для очистки и ремонта каналов мелиоративных систем зачастую вместо применения специальных каналоочистительных машин используются общестроительные экскаваторы, адаптированные для проведения очистных операций с уширенными ковшами. Мелиораторам приходится решать сложную задачу по очистке каналов в условиях дефицита специальных машин и выбору общестроительных экскаваторов с переоснасткой рабочего оборудования.

В советское время на территории РСФСР различные заводы выпускали каналоочистители с различными видами рабочего оборудования с активными рабочими органами, с пассивными рабочими органами, работающие по седлающей схеме, внутриканальные, а также машины, перемещающиеся по берме очищаемого канала.

В целом для очистки мелиоративных каналов от наносов, заилений и растительности выпускались следующие марки машин МР-14, МР-15, МР-16, КЛН-1,2, МР-7А, МР-21, ЭМ-202, КМ-82, РР-303. Выпуск многих из них в настоящее время не осуществляется. Широко используется каналоочистительная машина ОКН-0,5. При этом очевидно, что при формировании каналоочистительных комплексов машин применение только одного типа машин недостаточно. И, в то же время наличие большого количества машин в одном комплексе будет нецелесообразно с экономической точки зрения.

Во многом качественная работа каналоочистительного комплекса зависит от технико-эксплуатационных и технико-экономических показателей ведущей машины комплекса.

Выбор конкретной каналоочистительной машины в качестве ведущей зависит от типа канала, назначения и его геометрических параметров. Большинство каналов как осушительной, так и оросительной систем имеют трапецеидальный профиль. На мелиоративных системах встречаются и каналы параболического профиля, форма которых максимально приближена к форме естественных каналов – осушителей т.е. рек. Однако очистка таких каналов обычными ковшовыми каналоочистителями или одноковшовыми общестроительными экскаваторами сохраняя при этом первоначальный профиль, является сложной задачей. Сохранение первоначального конструктивного проектного профиля, обеспечивающего требуемую пропускную способность в процессе эксплуатации, является основной задачей мелиораторов [1, 2, 3].

Осушительные каналы мелиоративной системы могут быть выполнены в земляном теле или в насыпи с закреплением дна и откосов. Очистка каналов с закрепленным дном вызывают определенные сложности при использовании одноковшовых общестроительных экскаваторов, заключающиеся в разрушении элементов закрепления. В этом случае для очистки дна канала наиболее подходит каналоочиститель с ковшом прямоугольного профиля на жестких направляющих. Такой вариант ковша в конструкции данной машины перемещается по дну, по оси канала, не разрушая при этом элементы крепления (фашины, доски, и т.п.) и очищает только дно канала. На мелиоративных каналах большой протяженности сложно с экономической точки зрения обеспечить закрепление дна и откосов каналов, поэтому каналы выполняются в земляном теле. Очистку канала при этом можно выполнить с ковшом трапецеидального профиля на жестких направляющих, который будет очищать не только дно канала, но и откосы.

Методы исследования.

Работа выполнена с помощью пакета математического моделирования, для определения производительности каналоочистителя РР-303 в различных условиях эксплуатации с применением ковша прямоугольного и трапецеидального профиля. Кроме того, проводились экспериментальные исследования с уменьшенной моделью ковша каналоочистителя в лабораторных условиях. Эксперименты проводились на грунтовом лотке, к верхней части которого приварены уголки служащие жесткими направляющими по аналогии с рабочим оборудованием каналоочистителя. Исследования проводились по

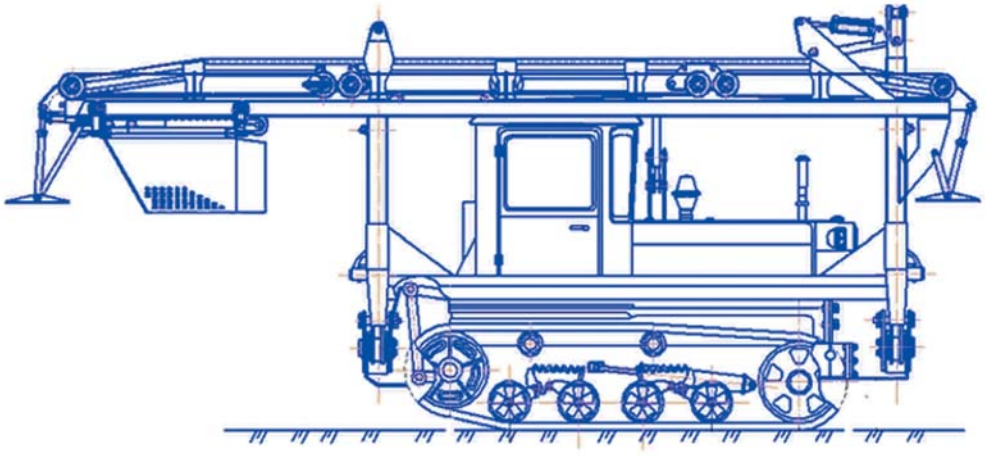

Рис. 1. Каналоочиститель РР-303
Fig. 1. Channel cleaner RR-303

схеме однофакторного эксперимента, целевой функцией принимались тяговые сопротивления и качество формирования (очистки) профиля канала. В качестве фактора, влияющего на целевую функцию, принималась толщина снимаемой стружки грунта. Учитывая, что машина работает позиционно, определялась также производительность модели ковша на лотке за один проход.

Каналоочиститель РР-303 предназначен для ежегодного текущего ухода за мелиоративными каналами регулирующей сети. Каналоочиститель может производить очистку дна каналов как с укрепленными, так и неукрепленными откосами с шириной по дну 0,4 м и глубиной до 3,5 м. Оборудование каналоочистителя монтируется на гусеничном тракторе тягового класса 3,0 – ДТ-75Б. Для управления каналоочистителем, которое осуществляется из кабины машиниста, используется гидросистема базового трактора. Каналоочиститель РР-303 (рис. 1) имеет рабочий орган типа «струг», выполненный в виде направляющей балки, по которой перемещается ковш.

Направляющая балка имеет сварную конструкцию, изготовлена из двух швеллеров №14, снабжена двумя концевыми регулируемыми по высоте опорами. Монтируется балка на двух телескопических стрелах, которые шарнирно установлены на поперечных брусьях, расположенных впереди и сзади базового трактора [4, 5, 6].

Цикл работы каналоочистителя состоит из следующих последовательно выполняемых операций: опускание жестких направляющих с ковшом на дно канала и установка их на опоры; движение ковша по направляющим со снятием стружки определенной толщины на длину жестких направляющих; подъем жестких направляющих с наполненным ковшом; обратное движение ковша на направляющих с одновременной выгрузкой; переезд машины на следующую позицию на расстояние равное перемещению ковша на жестких направляющих. Теоретическую производительность каналоочистителя как машины периодического действия можно определить по формуле [7, 8, 9, 10]:

$$П_т = 60qn = \frac{3600q}{t_ц}$$

где $П_т$ – теоретическая производительность каналоочистителя, м³/ч;

q – вместимость ковша или объем наносов и заилений, удаленных со дна канала за один цикл, м3;

n – конструкторско-расчетное количество циклов, выполненных каналоочистителем за одну минуту;

$t_ц$ – теоретическая продолжительность одного цикла, с.

Теоретическая продолжительность одного цикла каналоочистительной машины: $t_ц = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$; где t_1, t_2, t_3, t_4, – продолжительности операций опускания ковша на дно, движения ковша (копания), подъема ковша с грунтом (наносами), выгрузки ковша.

Вместимость ковша используемого для очистки канала с закрепленным дном определяется по формуле:

$$q = b \cdot h \cdot l \cdot k_н \cdot k_р$$

где b – ширина ковша, соответствующая ширине канала по дну, м;

h - высота ковша, м; l – длина ковша, м;

$k_н$ – коэффициент наполнения ковша, $k_н = 0{,}8…1{,}1$;

$k_р$ – коэффициент разрыхления разрабатываемых грунтов, заилений или наносов, $k_р = 1{,}0…1{,}2$ в зависимости от типа и состояния разрабатываемой среды.

Вместимость ковша трапецеидального профиля, используемого для очистки канала с незакрепленным дном определяется по формуле:

$$q = \frac{(a+b)}{2} \cdot h \cdot l \cdot k_н \cdot k_р$$

где a – ширина ковша по верху, м.

Диапазон изменения значение коэффициента наполнения ковша объясняется тем, что ковш, в зависимости от выбранной толщины стружки, может быть заполнен не полностью или наоборот с «горочкой». Диапазон изменения коэффициента разрыхления поясняется характером и состоянием наносов, наличием воды на дне канала.

Очевидно, что из вышеотмеченного на производительность каналоочистителя влияет скорость опускания жестких направляющих с ковшом на дно канала и установки их на опоры; скорость движения ковша по направляющим со снятием стружки определенной толщины на длину жестких направляющих; скорость подъема жестких направляющих с наполненным ковшом; скорость обратного движение ковша на направ-

а) б)

Рис. 2. Экспериментальные исследования работы ковша на грунтовом лотке: а) установка модели на тележку лотка; б) формирование профиля канала
Fig. 2. Experimental studies of the bucket operation on the ground tray: a) installation of the model on the tray trolley; b) channel profiling

ляющих с одновременной выгрузкой; скорость переезда машины на следующую позицию на расстояние равное перемещению ковша на жестких направляющих. Модель ковша каналоочистителя в работе в лабораторных условиях представлена на рисунке 1.

Когда речь идет о максимальной производительности, имеется в виду, что машинист каналоочистителя обладает достаточным профессионализмом и имеет высокие навыки и опыт работы по очистке каналов на данной машине.

Важное значение при работе каналоочистителя имеет выбор оптимальной толщины стружки с учетом максимальной длины перемещения ковша на жестких направляющих. Эта величина для каналоочистителя РР-303 равна 5,5 м. Выбор слишком большой толщины стружки может привести к тому, что ковш наполнится на середине пути движения и на одной и той же позиции приходится проводить операцию дважды. Или может быть другая ситуация, когда толщина стружки незначительная и ковш в конце пути движения все еще неполный. Зная вместимость ковша и длину перемещения ковша по жестким направляющим можно определить толщину стружки, при которой к концу движения ковш будет полным.

Для определения технической производительности на трассе канала размечались участки длиной 100 ми секундомером измерялось время их прохождения. По количеству кучек выброшенных наносов определялось число циклов на контрольном участке, после чего оценивалась фактическая длина рабочего хода ковша. Средняя фактическая длина рабочего хода ковша составила 4,7-4,9 м для каналов глубиной до 1,2 м и 4,3-4,5 для каналов глубиной до 3 м.

Объем наносов, удаляемых ковшом со дна канала при известной толщине стружки можно определить по формуле:

$$V = \int_0^l Sdx$$

где S – площадь поперечного сечения стружки, м^2. Однако данное выражение позволяет определить объем наносов при равномерном их распределении по высоте для всего выбранного участка.

Результаты и обсуждение

Испытания модели ковша, проведенные в лабораторных условиях, показали качественное выполнение рабочей операции по разработке грунта и формированию трапецеидального профиля канала. Обеспечение прямолинейности поперечного профиля канала по всей длине хода обусловлено главным образом наличием жестких направляющих. Также из проведенных исследований видно, что на производительность каналоочистителя РР-303 влияют такие факторы как продолжительность всех операций цикла, состояние и характер разрабатываемых грунтов, наносов и заилений, толщина стружки.

Каналоочиститель РР-303 на базе трактора ДТ-75 или другого аналога является работоспособной машиной, соответствующей своему назначению. Полученные в результате испытаний технико-эксплуатационные и технико-экономические показатели вполне приемлемы. Основным преимуществом данной машины по сравнению с другими типам каналоочистителей является высокое качество выполняемых работ, сравнительно высокая для машин периодического действия производительность и способность очищать каналы с укрепленным дном. По свои параметрам, каналоочиститель способен очищать дно каналов глубиной до 2,5 м при заложении откосов 1:1,5; т.е. может быть применен для очистки более 70% всех осушительных каналов зоны избыточного увлажнения [11, 12, 13].

Очистка мелиоративных каналов определенно требует применения целого комплекса машин, в состав которого будут входить машины в зависимости от видов работ выполняемых при восстановлении каналов. К технологическим операциям при очистительных работах можно отнести: удаление наносов, заилений и растительности со дна каналов канала, размещение их на берме, сбор наносов в кучи, транспортировка и утилизация. Соответственно для выполнения данных операций в рамках комплекса могут быть применены такие машины как ведущий каналоочиститель, бульдозер, одноковшовый экскаватор и грузовой автомобиль-самосвал.

В качестве ведущего каналоочистителя при выполнении очистных работ целесообразно применить русловой ремонтер РР-303. Каналоочиститель отличается простотой конструкции в сочетании с достаточной прочностью, жесткостью и надежностью технологического процесса. К достоинствам технологического процесса следует отнести:

- способность работы в широком диапазоне грунтовых условий: на торфяных и минеральных грунтах, в том числе с каменистыми включениями и погребенной древесиной;
- способность работы при зарастании канала растительностью, а также на каналах, а также на каналах как с водой, так и без нее;
- выгрузка грунта осуществляется на берму канала (на полосу движения базовой машины) без попадания его на откосы канала;
- навеска каналоочистителя не снижает мобильности базовой машины;
- осуществляется качественная планировка дна канала независимо от состояния бермы и положения на ней базовой машины;
- работа может производиться и в налипающих грунтах, поскольку разгрузка ковша осуществляется принудительно;
- наличие сменных ковшей позволяет с наибольшей эффективностью очищать каналы с различной шириной по дну;
- наличие ковшей трапецеидального профиля позволяет проводить очистку от наносов и заилений не только дна канала, но и прилежащих ко дну откосов каналов;
- возможность применения на всех типах осушительных каналов с различной глубины, ширины по дну и заложением откосов;
- возможность применения рабочего оборудования не только на базовом гусеничном тракторе третьего тягового класса, но и в качестве сменного оборудования к одноковшовому экскаватору.

Выводы

Применение ковшей прямоугольного профиля для очистки каналов с незакрепленным дном приводит к снижению производительности, это связано с тем, что часть наносов, оставшихся на откосах сползает на дно канала, и, операцию по очистке приходится повторить.

Увеличение производительности каналоочистителя РР-303 может быть достигнуто внесением в конструкцию машины следующих изменений и дополнений:

- увеличение скорости движения ковша при наборе и холостом ходе, а также скорости подъема рабочего органа за счет установки насосов с большей подачей, благодаря чему возможно увеличение производительности каналоочистителя в полтора раза;
- ограничение возможных перемещений рабочего органа в горизонтальной плоскости при выгрузке грунта;
- улучшение условий разгрузки ковша за счет изменения конструкции крепления ковша к траверсе;
- применение для очистки незакрепленных каналов сменных ковшей с трапецеидальным профилем.

Об авторе:
Хамзат Арсланбекович Абдулмажидов – кандидат технических наук, доцент кафедры «Мелиоративные и строительные машины» Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, адрес для переписки: hamzat72@mail.ru

About the Author:
Khamzat A. Abdulmazhidov – Cand. Sci. (Engineering), Docent of the Department of Reclamation and Construction Machinery of the Institute of Reclamation, Water Management and Construction named after A.N. Kostyakov, Correspondence, hamzat72@mail.ru

• Литература

1. Абдулмажидов Х.А. Обоснование основных параметров и режимов работы ковшовых каналоочистительных машин для зоны осушения. Москва, 2000.
2. Погодин Н.Н., Анженков А.С., Болбышко В.А. Малозатратная технология очистки от заиления приустьевой части коллекторной сети и водопропускных сооружений. *Мелиорация и водное хозяйство.* 2018;(4):43-46.
3. Соловьев Д.А., Анисимов С.А., Горюнов Д.Г. Усовершенствованная технология очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности и наносов. В сборнике: Основные проблемы сельскохозяйственных наук. *Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции.* 2016. С.11-16.
4. Пунинский В.С. Совершенствование каналоочистительных машин для восстановления функционирования мелиоративной сети. Основные результаты научных исследований института за 2017 год: Сборник научных трудов. Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2018. С. 292-301.
5. Басаревский А.Н., Кравченин К.А. Аналитический обзор машин для очистки профиля дна мелиоративных каналов от наносов и сорной растительности. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно-технической конференции: в 3 т., Минск, 22–23 октября 2014 года. Минск: Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2014. С. 80-86.
6. Бакач Н.Г., Володкевич В.И., Горелько В.М. О Системе перспективных машин для реализации инновационных технологий проведения агромелиоративных работ. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: международной научно-технической конференции. В 2 т., Минск, 21–22 октября 2015 года. Минск: Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2015. С. 95-100.
7. Абдулмажидов Х.А. Конструктивные особенности и расчет производительности каналоочистителя с ковшом на жесткой направляющей. *Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина".* 2017;2(78):21-25.
8. Абдразаков Ф.К., Соловьев Д.А., Горюнов Д.Г., Анисимов С.А. Исследования работы машин для очистки мелиоративных каналов и водоёмов противопожарного назначения от древесно-кустарниковой растительности. *Строительные и дорожные машины.* 2014;(7):14-20.
9. Абдразаков Ф.К., Соловьев Д.А., Горюнов Д.Г., Анисимов С.А. Полевые исследования машин для очистки мелиоративных каналов и водоемов противопожарного назначения от древесно-кустарниковой растительности. *Аграрный научный журнал.* 2014;(12):51-55.
10. Грищенко В.В. Исследование процесса резания и удаления измельченной растительности комбинированным режущим аппаратом косилки. *Modern Science.* 2020;(8-1):364-370.
11. Lee A., Usmonov T., Norov B. Seiling and cleaning of channels. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,* Kari Niyozov street, 39-house, Tashkent City, 23–25 апреля 2020 года. Kari Niyozov street, 39-house, Tashkent City, 2020. P. 012062. DOI 10.1088/1757-899X/883/1/012062.
12. Usmonov T., Dzhuraev N., Lee A. The working body of the tray cleaner Modern eco-logical state of the environment and scientific and practical aspects of rational nature management. Collection of Scientific Articles of the III International Scientific and Practical Internet Conference. 2018. Pp. 99-110.
13. Usmonov T., Lee A., Sharipov A. On theoretical studies of the working body of the tray cleaner. Agricultural Science of the Xxi Century Actual Research and Prospects Collection of Scientific Reports International Scientific-practical Conference. 2016. Pp. 215-221.

• References

1. Abdulmazhidov Kh.A. Justification of the Main Parameters and Operating Modes of Bucket-Type Canal Cleaner for the Drainage Zone. Moscow, Moscow state university of environmental management, 2000. (In Russ.)
2. Pogodin N.N., Anzhenkov A.S., Bolbyshko V.A. Low-cost technology for desilting the near-mouth part of the collector network and culverts, *Melioration and water management.* 2018;(4):43-46. (In Russ.)
3. Soloviev D.A., Anisimov S.A., Goryunov D.G. Improved technology for cleaning irrigation canals from trees, shrubs, and sediments. Basic Problems of Agricultural Sciences. Collection of Scientific Papers on the Results of the International Scientific and Practical Conference (Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, 2016), pp. 11–16. (In Russ.)
4. Puninsky V.S. Improvement of sewer cleaning machines for the restoration of the functioning of the reclamation network. Main results of scientific research of the institute for 2017: Collection of scientific papers. Moscow: All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakova, 2018. P. 292-301. (In Russ.)
5. Basarevsky A.N., Kravchenin K.A. Analytical review of machines for cleaning the profile of the bottom of reclamation canals from sediments and weeds. Scientific and technical progress in agricultural production: materials of the International Scientific and technical conference: in 3 volumes, Minsk, October 22–23, 2014. Minsk: Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization", 2014. P. 80-86. (In Russ.)
6. Bakach N.G., Volodkevich V.I, Gorelko V.M. On the system of advanced machines for the implementation of innovative technologies for agro-reclamation works. Scientific and technical progress in agricultural production. : international scientific and technical conference. In 2 volumes, Minsk, October 21–22, 2015. Minsk: Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization", 2015. - P. 95-100. (In Russ.)
7. Abdulmazhidov Kh.A. Design features and calculation of performance of a canal cleaner with a bucket on rigid guides. *Vestnik of Federal State Educational Institution of Higher Professional Education Moscow State Agroengineering University Named After V.P. Goryachkin.* 2017;2(78):21-25. (In Russ.)
8. Abdrazakov F.K., Soloviev D.A., Goryunov D.G., Anisimov S.A. Studying the operation of machines for cleaning reclamation canals and reservoirs for fire-fighting purposes from trees and shrubs, *Construction and Road Building Machinery.* 2014;(7):14-20. (In Russ.)
9. Abdrazakov F.K., Soloviev D.A., Goryunov D.G., Anisimov S.A. Field research of machines for cleaning reclamation canals and reservoirs for fire-fighting purposes from the tree and shrub vegetation. *The Agrarian Scientific Journal.* 2014;(12):51-55. (In Russ.)
10. Grishchenko V.V. Study of the process of cutting and removing chopped vegetation with a combined mower cutting device. *Modern Science.* 2020;(8-1):364-370. (In Russ.)
11. Lee A., Usmonov T., Norov B. Seiling and cleaning of channels. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,* Kari Niyozov street, 39-house, Tashkent City, 23–25 апреля 2020 года. –Kari Niyozov street, 39-house, Tashkent City, 2020. P. 012062. DOI 10.1088/1757-899X/883/1/012062.
12. Usmonov T., Dzhuraev N., Lee A. The working body of the tray cleaner Modern eco-logical state of the environment and scientific and practical aspects of rational nature management. Collection of Scientific Articles of the III International Scientific and Practical Internet Conference. 2018. Pp. 99-110.
13. Usmonov T., Lee A., Sharipov A. On theoretical studies of the working body of the tray cleaner. Agricultural Science of the Xxi Century Actual Research and Prospects Collection of Scientific Reports International Scientific-practical Conference. 2016. Pp. 215-221.