

Разработка сменного ковша с дополнительным захватом для каналоочистителя ОКН-0,5

Хамзат Арсланбекович Абдулмажидов,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: abdulmajidov@rgau-msha.ru;
Виктор Иванович Балабанов,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: vbabanov@rgau-msha.ru;

Михаил Вячеславович Карпов,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: carpov.mikhail@rgau-msha.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

Реферат. Обосновали необходимость создания новых сменных рабочих органов мелиоративного каналоочистителя ОКН-0,5. Отметим значение и особенности применения ковшовых рабочих органов с учетом того, что состояние каналов мелиоративных осушительных систем характеризуется наличием наносов, заиления, травянистой и кустарниковой растительности. *(Цель исследования)* Изучить процесс очистки дна и откосов каналов с помощью разработанного сменного ковша. *(Материалы и методы)* Предложили уширенную конструкцию сепарированного ковша с дополнительным захватом. *(Результаты и обсуждение)* На основе выполненных расчетов определили ширину ковша, размеры дополнительного захвата, усилия, прилагаемые к ковшу при разработке наносов и заиления, а также производительность машины. Сформировали объемную модель-сборку предлагаемого рабочего органа с дополнительным захватом в графическом пакете Inventor Pro. Провели прочностные расчеты методом конечных элементов нового ковшового устройства с дополнительным захватом, определили запас прочности конструкции. С учетом утяжеления ковша за счет дополнительного захвата с отдельным гидроприводом рассчитана устойчивость каналоочистителя с помощью мини-программы, сформированной в системе Mathcad. *(Выводы)* Обосновали ширину 2000 миллиметров ковша и необходимость разработки дополнительного захвата с гидравлическим приводом. Предлагаемая конструкция необходима для фиксации в ковше наносов, травянистой и кустарниковой растительности до момента их выгрузки на берму. По технико-эксплуатационным показателям каналоочиститель относится к машинам позиционного периодического действия. Эксплуатационная производительность каналоочистителя может достигать 180-330 метров в час. Выявили критерии для качественной очистки осушительных мелиоративных каналов глубиной до 2,5 метра.

Ключевые слова: очистка мелиоративных каналов, наносы, заиления, травянистая и кустарниковая растительность, пропускная способность канала, ковш каналоочистителя.

■ **Для цитирования:** Абдулмажидов Х.А., Балабанов В.И., Карпов М.В. Разработка сменного ковшового рабочего органа с дополнительным захватом для каналоочистителя ОКН-0,5 // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2023. Т.17. №3. С. 54-60. DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-3-54-60. EDN VCPLZJ.

Development of a Replaceable Bucket with an Additional Gripper for OKN-0.5 Reclamation Canal Cleaner

Khamzat A. Abdulmashidov,
Ph.D.(Eng.), associate professor,
e-mail: abdulmajidov@rgau-msha.ru;
Viktor I. Balabanov,
Dr.Sc.(Eng.), professor,
e-mail: vbabanov@rgau-msha.ru;

Mikhail V. Karpov,
Ph.D.(Eng.), associate professor,
e-mail: carpov.mikhail@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The paper substantiates the necessity of developing new replaceable working bodies for the OKN-0.5 reclamation canal cleaner. The study emphasizes the significance and application features of bucket working bodies, considering the prevalent conditions of reclamation drainage canals, which often contain sediment, silting, and various types of vegetation. *(Research*

purpose) The research objective is to investigate the process of cleaning the channel bottom and slopes using the proposed replaceable bucket. (*Materials and methods*) The paper proposes an enhanced design of a replaceable bucket with an additional gripper. (*Results and discussion*) The paper outlines the calculations conducted to determine the appropriate bucket width, dimensions of the additional gripper, the forces involved in clearing sediments and silting, and the machine's working capacity. A comprehensive three-dimensional model of the proposed working body with the additional gripper was created using *Inventor Pro* graphics package. Additionally, the bucket's structural strength was evaluated through finite element method calculations. The canal cleaner's stability was assessed with the inclusion of a separate hydraulic drive for the additional gripper, utilizing a mini-program generated in the *Mathcad* system. (*Conclusions*) The conclusions drawn from the study recommend a bucket width of 2000 millimeters and the development of an additional gripper with a hydraulic drive. The proposed design proves essential for securing sediments, grassy, and shrubby vegetation in the bucket until they can be efficiently unloaded onto the berm. Based on technical and operational data, the canal cleaner belongs to machines of positional periodic action, with a working capacity of 180-330 meters per hour. The research also identifies criteria for achieving high-quality cleaning of reclamation drainage canals up to 2.5 meters deep.

Keywords: reclamation canal cleaning, sediments, silting, herbaceous and shrub vegetation, canal capacity, canal cleaner bucket.

■ **For citation:** Abdulmazhidov Kh.A., Balabanov V.I., Karpov M.V. Razrabotka smennogo kovsha s dopolnitel'nym zakhvatom dlya kanaloochistitelya OKN-0,5 [Development of a replaceable bucket with an additional gripper for OKN-0.5 reclamation canal cleaner]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2023. Vol. 17. N3. 54-60 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-3-54-60. EDN VCPLZJ.

Согласно Постановлению Правительства РФ «О Государственной программе эффективно-го вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» в 2022-2031 годы планируется осуществить комплекс мероприятий по повышению технико-экономических показателей основных средств или их отдельных частей на базе внедрения передовой техники и технологии, механизации и автоматизации производства, модернизации и замены морально устаревшего и физически изношенного оборудования новым более производительным.

Длительная эксплуатация мелиоративных систем требует их поддержания в функциональном состоянии, проведения текущих и капитальных ремонтов. Необходимость восстановительных работ обусловлена формированием наносов, заилений, растительности на дне и откосах наиболее распространенных трапециевидных осушительных каналов [1, 2]. Наносы уменьшают площадь поперечного сечения, соответственно пропускную способность канала, кроме того, его глубина рассчитывается с учетом отвода излишней влаги с территории осушаемых земель [3-5].

Для очистки мелиоративных систем применяется каналочиститель периодического позиционного действия ОКН-0,5 на базе пневмоколесного трактора Беларус-1221 с окашивающими, ковшовыми и фрезерными сменными рабочими органами. Очистные работы на каналах РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева с использованием ОКН-0,5 проводились с октября по ноябрь 2022 года (*рис. 1*). При их выполнении выявили недостатки ковшового оборудования, касающиеся выпадения из ковша извлеченных наносов и особенно травяной и кустарниковой растительности



Рис. 1. Каналоочиститель ОКН-0,5 в процессе работы

Fig. 1. OKN-0.5 canal cleaner in operation

до их разгрузки на берме. Кроме того, цилиндрическое опорное колесо с гладкой поверхностью не всегда удерживает трактор от скольжения по берме и частично по откосу.

Цель исследования – изучение процесса очистки дна и откосов каналов с помощью предлагаемого уширенного ковша с дополнительным захватом для удержания наносов, травяной и кустарниковой растительности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Исходными данными служили результаты очистных мероприятий на мелиоративной системе РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, проведенные осенью 2022 года, которые показали необходимость удаления из русла канала не только заилений и наносов, но и травянистой растительности [6-8]. На их основе на кафедре организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова (РГАУ-МСХА) в системе *Inventor Pro* разработана конструкция сепарированного ковша увеличенной ширины с захватом (*рис. 2*).

Ковш представляет собой металлическую емкость

криволинейной формы, внутри имеются ребра жесткости. С целью повышения производительности [9-11] ковш изготовлен большей ширины – 2000 мм, чем базовый вариант (1690 мм). Большая ширина ковша позволяет уменьшать количество переездов с одной позиции на другую. В то же время ограничение ширины связано с прочностью конструкции, обеспечением устойчивости машины при работе и компактности при передвижении.

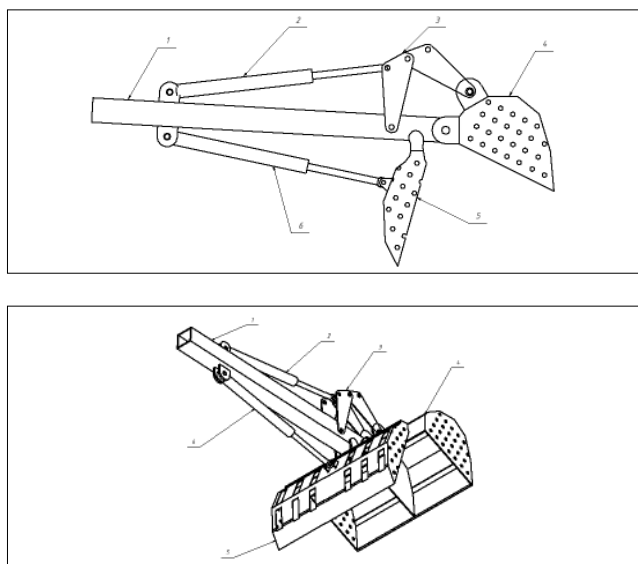


Рис. 2. Уширенный ковш с дополнительным захватом: 1 – рукоять; 2 – гидроцилиндр поворота ковша; 3 – толкатели; 4 – ковш; 5 – захват; 6 – гидроцилиндр поворота захвата
Fig. 2. A broadened bucket with an additional gripper: 1 – handle; 2 – hydraulic cylinder for turning the bucket; 3 – pushers; 4 – bucket; 5 – gripper; 6 – hydraulic cylinder for turning the gripper

Предлагаемый ковшовый рабочий орган является сменным устройством к рабочему оборудованию каналаочистителя. Рабочее оборудование каналаочистителя включает в себя основную раму, механизм поворота и стрелу. Рукоять 1 с ковшом 4 и дополнительным захватом 5 с гидравлическим приводом посредством цилиндрических осей через проушины шарнирно соединена со стрелой боковой навески мелиоративного каналаочистителя. С помощью стрелы рукоять 1 с ковшом 4 и открытым захватом 5 опускается на дно канала, при движении в сторону базовой машины снимается слой наносов, заиления и подрезается травостой. К концу движения ковша на откосе посредством гидроцилиндра 6 захват закрывается, предотвращая выпадение содержимого. Ковш поднимают, поворачивают к месту выгрузки на берме, где ковш и захват открываются посредством гидроцилиндров 2, 6 и толкателей 3. Далее рабочее оборудование поворачивается в исходное положение и цикл повторяется. По режиму работы конструкция рассматривается как устройство периодического действия.

Устройство предлагается в качестве сменного ра-

бочего оборудования для каналаочистителя. По сравнению с прототипом оно позволит качественно и с высокой производительностью проводить очистку дна и откосов мелиоративных каналов без необходимости дополнительного подбора осыпавшихся из ковша наносов и растительности.

Состояние мелиоративных каналов до очистных работ представлено на рисунке 3.

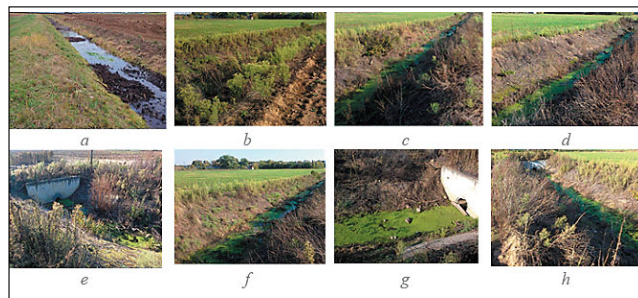


Рис. 3. Мелиоративный канал до очистки: а – наносы, заиления и торф; б – травянистая растительность; в – мелкий кустарник; д – дефекты откосов и берм; е – гидротехнические сооружения; ф – наносы и заиления на дне; г – мусор и посторонние предметы; h – зарастание берм и откосов

Fig. 3. Reclamation canals before cleaning: a – sediment, silt and peat; b – herbaceous vegetation; c – small shrubs; d – defects in slopes and berms; e – hydraulic structures; f – sediment and silt on the bottom; g – debris and foreign objects; h – overgrowing of berms and slopes

Проведен прочностной расчет дополнительного захвата в системе *Inventor Pro*. Анализ напряженного состояния конструкции выполнялся методом конечных элементов по следующей схеме:

1. Создание объемной твердотельной конструкции с помощью средств редактирования эскизов графического пакета (выдавливание, вращение, изгиб, оболочка, лоттинг);
2. Задание материала конструкции с определением масс-инерционных характеристик;
3. Определение граничных условий фиксации, т.е. задание опорных составляющих;
4. Установление сосредоточенных или распределенных нагрузок, или моментов в определенных точках и заданной величины;
5. Создание конечно-элементной сетки, т.е. разбивка конструкции на конечные элементы – тетраэдры;
6. Выполнение расчета по определению возникающих в конструкции напряжений, деформаций и смещений;
7. Формирование отчета по результатам исследований.

Отчет по исследованию напряженного состояния содержит таблицы и гистограммы определяемых характеристик. Расчетным показателем, на основании которого принимается решение о применении кон-

струкции, является запас прочности n . Обычно для стальных конструкций запас прочности находится в пределах от 1,5 до 2 единиц, чугунных – от 2 до 2,5. Для элементов и конструкций грузоподъемных машин этот показатель может достигать 13 единиц. Запас прочности стальных конструкций более 2 единиц означает повышенный расход металла, а он если менее 1,5 единиц, то конструкция не выдерживает нагрузок [12, 13].

Возможны случаи, когда запас прочности в допустимых пределах, но близок к минимальному значению, тогда требуется уточненный расчет конструкции [14, 15]. Сущность расчета заключается в разбивке нагруженного участка конструкции на тетраэдры более мелких размеров. При уточненном расчете размеры объемной конструкции, материал, опорные плоскости, величины и точки приложения нагрузок остаются без изменений.

На рисунке 4 представлены базовая конструкция дополнительного захвата к ковшу каналоочистителя и анализ напряженного состояния. По гистограмме можно определить участки с максимальными напряжениями. В основном они возникают на угловых поверхностях. При величине нагрузки 3500 Н, принятой на основании максимальных значений массы материалов, удерживаемых в ковше, запас прочности составляет 1,77 единицы, вполне допустимый для стальных конструкций.

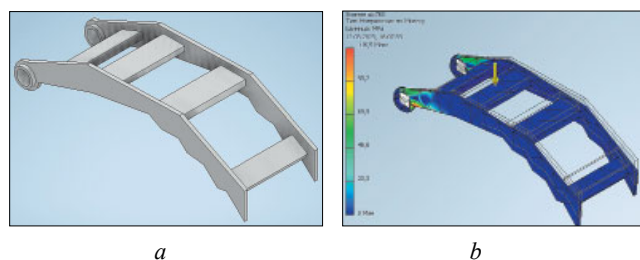


Рис. 4. Основа конструкции дополнительного захвата: а – объемный изометрический вид; б – конечно-элементная сетка, гистограмма анализа напряжений

Fig. 4. The basis of the additional gripper design: а – isometric view; б – finite element grid, stress analysis histogram

В связи с утяжелением ковша с дополнительным захватом и отдельным гидроприводом определяли устойчивость каналоочистителя с учетом всех действующих сил (рис. 5) с помощью мини-программы, сформированной в системе Mathcad (рис. 6).

Устойчивость машины определена для наиболее опасного случая, т.е. при максимальном вылете стрелы [16]. В течение всего цикла работы извлеченные ковшем наносы и растительность удерживаются и исключена возможность их высыпания.

В данном примере заданы величины всех восстанавливающих моментов относительно точки опрокидывания O и всех опрокидывающих моментов (Gtr –

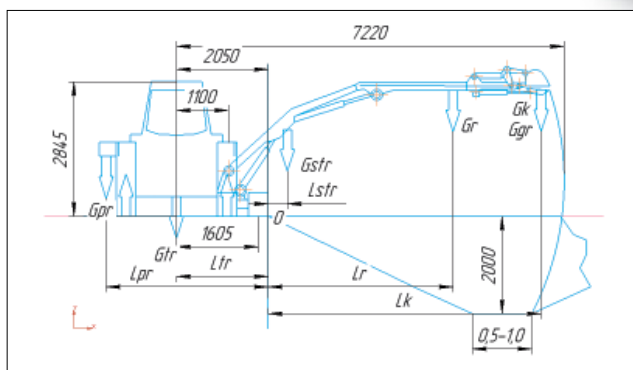


Рис. 5. Расчетная схема для определения устойчивости каналоочистителя

Fig. 5. Design model for determining the stability of a ditch cleaner

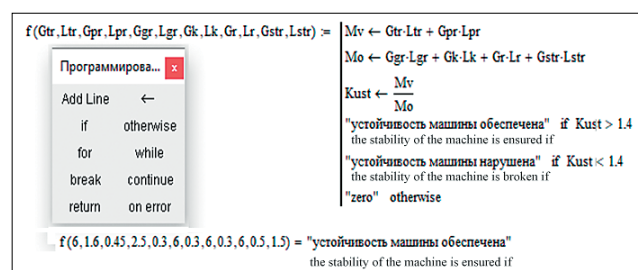


Рис. 6. Листинг мини-программы для расчета устойчивости каналоочистителя в системе Mathcad

Fig. 6. Listing of a mini-program for calculating the stability of a canal cleaner in the Mathcad system

сила тяжести трактора; Ltr – плечо действия силы тяжести трактора; Gpr – сила тяжести противовеса; Lpr – плечо действия силы тяжести; Ggr – сила тяжести грунта; Lgr – плечо действия силы тяжести грунта; Gk – сила тяжести ковша с дополнительным захватом; Lk – плечо действия силы тяжести ковша и захвата; Gr – сила тяжести рукояти; Lr – плечо действия силы тяжести рукояти; $Gstr$ – сила тяжести стрелы; $Lstr$ – плечо действия силы тяжести стрелы; Mv – восстанавливающий момент; Mo – опрокидывающий момент; $Kust$ – коэффициент устойчивости машины).

В целом восстанавливающие моменты определены суммой произведения сил тяжести трактора на плечо ее действия и произведения величины силы тяжести противовеса на плечо ее действия. Аналогично определена величина опрокидывающих моментов, создаваемых весом ковша с грунтом (наносами) и весом дополнительного захвата, рукояти и стрелы. Переменными величинами являются вес наносов в ковше, а также плечо действия сил элементов рабочего оборудования [17-20].

Производительность каналоочистителя, ковшовый орган которого снабжен дополнительным захватом, как машины периодического позиционного действия, перемещающейся позиционно по берме параллельно оси канала, определяется по формуле:

$$П = q \cdot n \cdot \frac{K_n K_B}{K_p}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где K_n – коэффициент наполнения ковша. При исполь-

зовании дополнительного захвата может достигать 1,25;

K_b – коэффициент использования машины по времени. Изменяется в пределах от 0,65 до 0,85;

K_p – коэффициент разрыхления разрабатываемого грунта, наносов и заилений В зависимости от влажности материала на дне и откосах каналов может составлять от 1,0 до 1,05;

q – вместимость ковша, m^3 ;

n – число циклов в час.

$$n = 3600/T_{\text{ц}} = 3600/(t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6),$$

где $T_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла, с;

t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 и t_6 – соответственно длительность опускания ковша на дно канала, срезания наносов и заилений (наполнение ковша), подъема ковша на требуемую высоту, поворота к берме канала, выгрузки содержимого ковша, передвижения машины на новую позицию.

Для исследуемого рабочего органа число циклов

$$n = 3600/T_{\text{ц}} = 3600/(6 + 9 + 4 + 4 + 4 + 20) = 76,6 \text{ с.}$$

Основным преимуществом предлагаемого ковша по сравнению с базовым является возможность удержания наносов, заилений и главным образом травянистой и мелкокустарниковой растительности в ковше до момента выгрузки за счет дополнительного захвата. Такая конструкция исключает затраты времени на повторный подбор высыпавшихся из ковша извлеченных из русла наносов и растительности. Про-

должительность цикла работы каналаочистителя в зависимости от квалификации машиниста может быть в пределах от 40 до 55 секунд. Производительность при очистке каналов без крепления дна и откосов с ковшом вместимостью $0,32 m^3$ с учетом коэффициентов использования по времени, наполнения ковша и реальных условий эксплуатации составляет 20-25 $m^3/ч$, или 180-330 погонных метров длины канала в час.

Выводы. С целью улучшения качества очистки мелиоративных осушительных каналов без дна и откосов разработаны новые конструкции исполнительных органов и техническая документация к ним. Для очистки от наносов, заилений, травяной и кустарниковой растительности предложен ковш с дополнительным захватом. Расчет элементов захвата показывает достаточный запас прочности при работе. Статический расчет с использованием мини-программы, сформированной в системе *Mathcad*, показал устойчивую работу каналаочистителя с усовершенствованным сменным ковшовым устройством.

Наличие дополнительного захвата обеспечивает повышение эффективности работы при очистке русла каналов. За счет удержания при повороте ковша извлеченных наносов, заилений, растительности до момента их выгрузки на берме производительность машины может быть увеличена на 30% по сравнению с базовым вариантом.

Устройство предлагается в качестве сменного рабочего оборудования для каналаочистителя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Кирейчева Л.В. Сельскохозяйственная мелиорация как прием повышения продуктивности и устойчивости агропроизводства // *Агрохимический вестник*. 2022. N5. С. 40-44.
- Грищенко В.В. Исследование процесса резания и удаления измельченной растительности комбинированным режущим аппаратом косилки // *Modern Science*. 2020. N8-1. С. 364-370.
- Погодин Н.Н., Анженков А.С., Болбышко В.А. Малогазотратная технология очистки от заиливания приустьевой части коллекторной сети и водопропускных сооружений // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2018. N4. С. 43-46.
- Тищенко А.И. Определение предельного значения усилия водного потока, способствующего образованию местных деформаций в руслах мелиоративных каналов // *Экология и водное хозяйство*. 2020. N2(5). С. 138-154.
- Тищенко А.И. Рекомендации по повышению надежности работы дамб мелиоративных каналов и продлению срока их службы // *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия*. 2020. N1(77). С. 136-142.
- Миронов А.В., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С., Ступин О.А. Аппаратные средства нивелирования при разработке и очистке мелиоративных каналов // *Агроинженерия*. 2021. N5(105). С. 36-41.
- Маркин В.Н. Точная мелиорация как средство сохранения плодородия почв // *Природообустройство*. 2021. N4. С. 6-14.
- Касьянов А.Е. Инновационная, точная, цифровая мелиорация // *Природообустройство*. 2020. N1. С. 54-58.
- Афанасьев В.И. О состоянии и эффективном развитии мелиорации сельскохозяйственных земель в Российской Федерации // *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2018. N9(42). С. 83-86.
- Абдразаков Ф.К., Рукавишников А.А. Интенсификация мелиоративного производства путем совершенствования технологий реконструкции и строительства оросительных каналов // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2019. N1. С. 6-9.
- Абдразаков Ф.К., Чуркина К.И. Состояние оросительных каналов Саратовского Заволжья и пути повышения их эффективности // *Аграрный научный журнал*. 2020. N4. С. 68-70.
- Теловов Н.К., Абдулмажидов Х.А. Экспериментальные исследования физической модели рабочего органа двухуровневого глубокорыхлителя // *Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени*

- В.П. Горячкина». 2019. N3(91). С. 22-27.
13. Карпов М.В., Шардина Г.Е., Жиздюк А.А., Шаповалов А.Г. Исследование эффективности и экономическая оценка применения разработанной картофелепосадочной машины // *Nauchnaya zhizn'*. 2018. N3. С. 19-27.
 14. Филиппова Т.С., Таженева Г.Д., Михайлов В.Ф., Филиппова В.А. Вероятностная модель силы резания на резах исполнительного органа с переменными параметрами резания // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение*. 2019. Т. 19. N3. С. 68-78.
 15. Тойгамбаев С.К., Гузалов А.С. Проектирование передвижного канавного гидродъемника для проведения ремонтных работ // *Международный технико-экономический журнал*. 2020. N4. С. 38-44.
 16. Абдулмажидов Х.А. Исследование факторов, влияющих на устойчивость каналаочистителя с ковшом на жестких направляющих // *Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»*. 2020. N1(95). С. 35-40.
 17. Шекихачев Ю.А., Магомедов Ф.М. Математическое моделирование процесса удаления растительности при проведении мелиоративных работ // *Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета имени В.М. Кокова*. 2022. N2(36). С. 118-127.
 18. Курбатов Н.П. Оценка эффективности работы мелиоративного канала // *Научный альманах*. 2020. N11-3(73). С. 51-54.
 19. Abdulmazhidov Kh. Analysis of the reclamation canal condition and cleaning methods. *Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems* (ITEEA 2021). Nalchik, 2021. 01001.
 20. Abdulmazhidov, Kh. Analysis of drainage canal defects and review of canal cleaner designs]. *Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems* (ITEEA 2021). Nalchik, 2021. 01002.

REFERENCES

1. Kireycheva L.V. Sel'skokhozyaystvennaya melioratsiya kak priem povysheniya produktivnosti i ustoichivosti agroproduktstva [Agricultural reclaim as a method of increasing productivity and sustainability of agricultural production]. *Agrokhimicheskij vestnik*. 2022. N5. 40-44 (In Russian).
2. Grishchenko V.V. Issledovanie protsessa rezaniya i udaleniya izmel'chennoy rastitel'nosti kombinirovannym rezhuschim apparatom kosilki [Study of the process of cutting and removing chopped vegetation with a combined mower cutting device]. *Modern Science*. 2020. N8-1. 364-370 (In Russian).
3. Pogodin N.N., Anzhenkov A.S., Bolbyshko V.A. Malozatrannaya tekhnologiya ochistki ot zaileniya priust'evoy chasti kollektornoy seti i vodopropusknykh sooruzheniy [Low-cost technology of cleaning from siltation of the mouth of the collector network and culverts]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo*. 2018. N4. 43-46 (In Russian).
4. Tishchenko A.I. Opredeleniye predel'nogo znacheniya usiliya vodnogo potoka, sposobstvuyushchego obrazovaniyu mestnykh deformatsiy v ruslakh meliorativnykh kanalov [Determining the limit value of the water flow force contributing to the formation of local deformations in reclamation channel beds]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo*. 2020. N2(5). 138-154 (In Russian).
5. Tishchenko A.I. Rekomendatsii po povysheniyu nadezhnosti raboty damb meliorativnykh kanalov i prodleniyu sroka ikh sluzhby [Recommendations for improving the reliability of the reclamation canal dams and extending their service life]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya*. 2020. N1(77). 136-142 (In Russian).
6. Mironov A.V., Apatenko A.S., Sevryugina N.S., Stupin O.A. Apparatnye sredstva nivelirovaniya pri razrabotke i ochistke meliorativnykh kanalov [Leveling implements used for developing and cleaning reclamation canals]. *Agroinzheneriya*. 2021. N5(105). 36-41 (In Russian).
7. Markin V.N. Tochnaya melioratsiya kak sredstvo sokhraneniya plodorodiya pochv [Precise land reclamation as a means of preserving soil fertility]. *Prirodoobustroystvo*. 2021. N4. 6-14 (In Russian).
8. Kas'yanov A.E. Innovatsionnaya, tochnaya, tsifrovaya melioratsiya [Innovative, accurate, digital land reclamation]. *Prirodoobustroystvo*. 2020. N1. 54-58 (In Russian).
9. Afanas'ev V.I. O sostoyanii i effektivnom razvitii melioratsii sel'skokhozyaystvennykh zemel' v Rossiyskoy Federatsii [Status and effective use of land reclamation in the Russian Federation]. *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom khozyaystve*. 2018. N9(42). 83-86 (In Russian).
10. Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A. Intensifikatsiya meliorativnogo proizvodstva putem sovershenstvovaniya tekhnologiy rekonstruktsii i stroitel'stva orositel'nykh kanalov [Intensification of land reclamation production due to improvement of technologies of reconstruction and construction of irrigation canals]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo*. 2019. N1. 6-9 (In Russian).
11. Abdrazakov F.K., Churkina K.I. Sostoyanie orositel'nykh kanalov saratovskogo zavolzh'ya i puti povysheniya ikh effektivnosti [State of irrigation canals of the Saratov Volga region and ways to increase their efficiency]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2020. N4. 68-70 (In Russian).
12. Telovov N.K., Abdulmazhidov Kh.A. Eksperimental'nye issledovaniya fizicheskoy modeli rabochego organa dvukhurovneвого glubokorykhlytelya [Experimental studies of the physical model of the two-level subsoiler working body]. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V.P. Goryachkina»*. 2019. N3(91). 22-27 (In Russian).
13. Karpov M.V., Shardina G.E., Zhizdyuk A.A., Shapovalov A.G.

- Issledovanie effektivnosti i ekonomicheskaya otsenka primeneniya razrabotannoy kartofeleposadochnoy mashiny [Investigation of efficiency and economic evaluation of the proposed potato planting machine application]. *Nauchnaya zhizn'*. 2018. N3. 19-27 (In Russian).
14. Filippova T.S., Tazhenova G.D., Mikhaylov V.F., Filippova V.A. Veroyatnostnaya model' sily rezaniya na reztsakh ispolnitel'nogo organa s peremennymi parametrami rezaniya [Probability model of cutting effort on the cutters of the executive body with variable cutting parameters]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Mashinostroyeniye*. 2019. Vol. 19. N3. 68-78 (In Russian).
 15. Toygambaev S.K., Guzalov A.S. Proektirovaniye peredvizhnogo kanavnogo gidropodyemnika dlya provedeniya remontnykh rabot [Design of a mobile ditch hydraulic lift for repair work]. *Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskyy zhurnal*. 2020. N4. 38-44 (In Russian).
 16. Abdulmazhidov Kh.A. Issledovanie faktorov, vliyayushchikh na ustoychivost' kanaloochistitelya s kovshom na zhestkikh napravlyayushchikh [Study of factors that affect the stability of the bucket canal cleaner on rigid guides]. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V.P. Goryachkina»*. 2020. N1(95). 35-40 (In Russian).
 17. Shekikhachev Yu.A., Magomedov F.M. Matematicheskoe modelirovaniye protsessa udaleniya rastitel'nosti pri provedenii meliorativnykh rabot [Mathematical modeling of the process of vegetation removal during reclaim work]. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta imeni V.M. Kokova*. 2022. N2(36). 118-127 (In Russian).
 18. Kurbatov N.P. Otsenka effektivnosti raboty meliorativnogo kanala [Zoning of agricultural areas in the area of insufficient moisture]. *Nauchnyy al'manakh*. 2020. N11-3(73). 51-54 (In Russian).
 19. Abdulmazhidov Kh. Analysis of the reclamation canal condition and cleaning methods. *Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021)*. Nalchik. 2021. 01001 (In English).
 20. Abdulmazhidov Kh. Analysis of drainage canal defects and review of canal cleaner designs. *Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021)*. Nalchik. 2021. 01002 (In English).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Заявленный вклад соавторов:

Абдулмажидов Х.А. – формулирование основных направлений исследования, проведение экспериментального исследования, формирование текста;
 Балабанов В.И. – литературный анализ, проведение экспериментального исследования, обработка результатов исследования;
 Карпов М.В. – литературный анализ, обработка результатов исследования, формирование текста.
 Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Coauthors' contribution:

Abdulmazhidov K.A. – formulating the main research directions, conducting an experimental study, working on the paper manuscript;
 Balabanov V.I. – literature review, conducting an experimental study, processing the research findings;
 Carпов M.V. – literature review, processing the research findings, working on the paper manuscript.
 The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию
 Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on
 The paper was accepted for publication on

03.07.2023
 16.08.2023