УДК 614.841.3 DOI: 10.18324/2077-5415-2026-3-169-177

Состояние технических решений в области профилактики и борьбы с лесными пожарами

Н.С. Ковалёк[a], О.Н. Галактионов[b]

Петрозаводский государственный университет, пр. Ленина, 33, Петрозаводск, Россия
[a] kowaliok@yandex.ru, [b] ong66@mail.ru.
[a] https://orcid.org/0009-0004-8680-1411, [b] https://orcid.org/0000-0003-0768-3628.
Статья поступила 26.08.2026, принята 08.09.2026.

Рассмотрены технические решения для проведения противопожарных мероприятий в лесохозяйственном комплексе. Изучены вопросы прокладки минерализованных полос и полос отвода, а также борьба с низовыми лесными пожарами с использованием грунтомётного оборудования. Проанализированы технические решения, применяемые в оборудовании, используемом в лесном комплексе при проведении профилактических противопожарных мероприятий и тушении пожаров с использованием грунта. Выявлены основные тенденции и направления совершенствования исследований в области оборудования для прокладки минерализованных полос с активными рабочими органами: поиск наименее энергоёмких процессов фрезерования и метания грунта за счёт применения адаптивных гидроприводов; использование предварительной подготовки грунта к метанию активными или пассивными рабочими органами; формированием вала грунта перед метательным механизмом, обеспечивающим равномерную загрузку рабочих органов; регулированием метаемого грунта по длине струи путём совершенствования конструкции направляющих и метательных элементов; минимизацией сопротивления движению агрегатов путём оптимизации углов атаки, в частности, экспериментально установлен оптимальный угол атаки дисков, составляющий 20–30°, что также повышает производительность; разработкой малогабаритных мобильных грунтомётов; разработкой методов управления дальностью и направлением полёта грунта. Разработанные конструкции, такие как грунтомёты с вырезными дисками, шнековые рабочие органы, трёхступенчатые роторы и энергосберегающие гидроприводы, демонстрируют значительный потенциал для применения в лесном хозяйстве. Дальнейший поиск оптимальных параметров конструкций грунтомётов возможен на пути математического моделирования движения метаемого грунта и взаимодействия грунта и орудий для поиска параметров рабочих органов и обеспечения эффективного взаимодействия компонентов машин.

Ключевые слова: лесные пожары; грунтометное оборудование; грунтомет; минерализованная полоса; низовые пожары.

The state of technical solutions in the field of forest fire prevention and control

N.S. Kovalek[a], O.N. Galaktionov[b]

Petrozavodsk State University; 33, Lenin Ave., Petrozavodsk, Russia
[a] kowaliok @yandex.ru, [b] ong66@mail.ru.
[a] https://orcid.org/0009-0004-8680-1411, [b] https://orcid.org/0000-0003-0768-3628.
Received 26.08.2026, accepted 08.09.2026.

This article examines technical solutions for fire prevention in forestry. The issues of laying mineralized strips and rights-of-way, as well as fighting ground forest fires with the use of soil-throwing equipment are considered. The technical solutions applied in the equipment used in the forestry complex during preventive fire-fighting measures and fire extinguishing with the use of soil are analyzed. The main trends and directions for improving research in the field of equipment for laying mineralized strips with active working bodies are identified: search for the least energy-intensive processes of milling and throwing soil through the use of adaptive hydraulic drives; use of preliminary preparation of soil for throwing by active or passive working bodies; formation of a soil shaft in front of the throwing mechanism, ensuring a uniform load of the working bodies; regulation of the thrown soil along the length of the stream, by improving the design of guides and throwing elements; minimizing the resistance to the movement of units by optimizing the angles of attack. In particular, the optimal angle of attack for disks is experimentally established at 20–30°, which also increases productivity; developing compact mobile soil throwers; and developing methods for controlling the range and direction of soil flight. The developed designs, such as soil throwers with notched disks, auger working units, three-stage rotors, and energy-saving hydraulic drives, demonstrate significant potential for application in forestry. Further search for optimal soil thrower design parameters is possible through mathematical modeling of the movement of thrown soil and the interaction of soil and tools to determine the parameters of the working units and ensure effective interaction between machine components.

Keywords: forest fires; soil-throwing equipment; soil-thrower; mineralized strip; ground fires.

Введение. В лесохозяйственном комплексе России активно ведутся работы по внедрению нового универсального по своему технологическому назначению оборудования. Особое значение имеет совершенствование технологии и оборудования для обеспечения лесопожарной безопасности, в частности, расчистка

местности от нежелательной древесно-кустарниковой растительности и прокладка минерализованных полос [1, 2, 3]. Создание универсальных машин требует всестороннего теоретического и экспериментального исследования процессов взаимодействия рабочего органа с предметом труда. Существующие исследования по этому вопросу не в полной мере отражают характер взаимодействия рабочих органов с предметом труда, например, в условиях перемещения грунта на кромку пожара или формирования грунтового вала по краю минерализованной полосы. Следовательно, научное обоснование параметров рабочего органа универсальной машины и режима её использования при выполнении комплекса работ по обеспечению лесопожарной безопасности является актуальным.

Согласно общим требованиям пожарной безопасности в лесах, одним из основных способов предотвращения и борьбы с лесными пожарами является использование грунта, при котором границу территории «…отделяют противопожарной минерализованной полосой шириной не менее 1,4 метра или иным противопожарным барьером» [4]. Кроме того, места рубки площадью больше 25 га, разделяются противопожарными минерализованными полосами шириной 1,4 м на участки менее 25 га. Использование машин, работающих с грунтом, позволяет сравнительно простыми средствами обеспечить высокую производительность (скорость) и независимость от наличия воды.

Для поиска новых технических решений проведём анализ имеющейся техники и технических решений в патентной документации, непосредственно разработанной для лесного хозяйства или сельскохозяйственной техники, применяемой в данных целях.

Различают следующие виды лесных пожаров: низовые, верховые и почвенные (подземные и торфяные). Самым распространённым по характеру распространения огня является низовой пожар, он может возникать в течение всего пожароопасного сезона [5, 6]. Средняя скорость распространения огня лежит в пределах 180–300 м/ч и зависит от скорости ветра. В зависимости от влажности надпочвенного слоя может происходить его выгорание частично или на всю толщину. Высоты пламени горения кромки низового пожара разделена на слабые – высота пламени до полуметра, средние – до полутора метров, и сильные – более полутора метров.

Верховые пожары характеризуются большей скоростью продвижения, до 4500 м/ч. Для предотвращения распространения верхового пожара применяются профилактические мероприятия по прокладке полос разрыва, очистка их от древесно-кустарниковой растительности, а при локализации и для тушения верхового пожара используют пожарную авиацию, пожарные машины. Данные виды техники используют воду или жидкие огнетушащие составы, ресурс которых может быть ограничен в территориальных условиях возникновения и распространения пожара.

Профилактические мероприятия производятся периодически в соответствии с требованиями охраны лесов от пожаров, разделением лесных насаждений на участки полосами, расчищенными от растительности, с шириной достаточной для обеспечения невозможности продвижения верхового пожара по кронам деревьев.

Скорость распространения почвенного пожара обычно не превышает несколько метров в сутки. Он характеризуется заглублением огня низового пожара в лесную подстилку и торфяной слой почвы. Он также может переходить в другие виды пожаров.

К профилактическим мероприятиям для предотвращения распространения низового пожара относят прокладку минерализованных полос, включающую формирование борозд минерализованной насыпи из грунта по её краю, перемещённого из борозды. Обычно минерализованные полосы устраивают совместно с полосами разрыва. Данные операции не требуют применения воды или других огнетушащих средств и являются пассивными средствами по обеспечению пожарной безопасности. В лесном хозяйстве для реализации этих мероприятий чаще всего применяются лесные плуги, лесные фрезы и грунтомёты [7].

К объектам, препятствующим продвижению пожара, кроме полос разрыва и минерализованных полос, относятся противопожарные барьеры природные или созданные человеком препятствия, квартальные просеки (обычно ширина до 4,5 м), мелиоративные канавы, болота, дороги, линии электропередач (совместно с ними организовывается полоса отчуждения, ширина которой зависит от мощности высоковольтной линии), трубопроводы и др. препятствия.

Применяемая техника для предотвращения лесных пожаров отличается высокой энергоёмкостью, а также водоёмкостью, и не всегда способна обеспечить оперативное тушение и локализацию пожара, из-за отсутствия или нахождения в неудобном месте водных ресурсов, используемых для тушения. Важным задачей является разработка и улучшение техники, использующей неисчерпаемые ресурсы для тушения и локализации пожаров, а именно грунт и песок, доступ к которым не ограничен. Поэтому вопрос применения, оптимизации параметров и режимов работы лесопожарной техники, использующей грунт для локализации и тушения пожаров является актуальной задачей.

Анализ существующих машин для проведения профилактических противопожарных работ и технических решений в области непрерывного срезания древесно-кустарниковой растительности и формирования минерализованных полос показал, что наиболее эффективны кусторезные машины и грунтометы с активными рабочими органами в виде цилиндрического ротора, со смонтированными на его поверхности рабочими элементами в виде режущих, рубящих и метательных элементов (лопаток) [8, 9, 10, 11].

Анализ существующих технических решений в области оборудования для прокладки минерализованных полос. К оборудованию для прокладки минерализованных полос в первую очередь относятся плуги различных конструкций с пассивным или активным исполнением рабочих органов. К первому относятся: лемешные отвальные плуги (рис. 1). К его основным показателям можно отнести ширину получаемой минерализованной полосы 1,4 м, с глубиной получаемой борозды 14 см.



Рис. 1. Плуг ПКЛ-70А

Использование плугов для прокладки минерализованных полос имеет свои достоинства: простота конструкции и эксплуатации, высокая скорость работы, значительная протяженность противопожарного разрыва, определяемая запасом топлива базового трактора, самовыглубление при наезде на препятствия. Существуют и недостатки, к ним можно отнести относительно высокие требования к тяговому усилию трактора, необходимость подготовительных работ по расчистке местности от ДКР, раскорчёвке территорий от пней. Кроме того, образовываемая минерализованная полоса отличается небольшой шириной – 1,4 м, и избыточной глубиной в отличие от машин с активными рабочими органами.

С сайта [12] лесопожарными станциями наиболее эффективно плуг ПКЛ-70 используется в технологии пассивного тушения лесных пожаров с прокладкой минерализованной полосы по периметру лесного пожара и последующим пуском встречного огня.

При возникновении маленького пожара на лёгкой подстилке и лёгких почвах всё, что может потребоваться для тушения, это трактор с плугом. Прокладка опорной минполосы с использованием трактора с плугом осуществляется по рединам, прогалинам и просекам. Технология подготовки маршрута, прокладки опорной минерализованной полосы зависит от лесорастительных условий и определяется лесными пожарными.

Прокладка опорной полосы должна начинаться от безопасного опорного пункта. Это может быть дорога, гарь, болото, река или ручей.

Минполосы прокладываются, как правило, на расчётном удалении от кромки пожара, с учётом скорости распространения пожара и движения трактора, чтобы на момент завершения прокладки минполосы осталось время на проведение отжига таким образом, чтобы пал встретился с пожаром на расстоянии не менее двух высот древостоя от минполосы, а при верховых пожарах – не менее 200–300 м.

Для выполнения операций по метанию грунта на кромку пожара и для формирования грунтового вала по краю минерализованной полосы используется грунтомётное оборудование [1, 13, 14].

На рынке оно представлено в двух исполнениях: в виде ручного моторного инструмента и в виде навесного оборудования на трактор. Использование моторного ручного инструмента (рис. 2) ограничивается использованием его при проведении работ при обслуживании территорий лесопарковых зон и кромки низового пожара слабой интенсивности, где не предъявляются высокие требования к ширине противопожарных минерализованных полос и производительности. Таким образом, основное достоинство состоит в компактности, недостаток низкая производительность и невозможность использования на больших площадях.

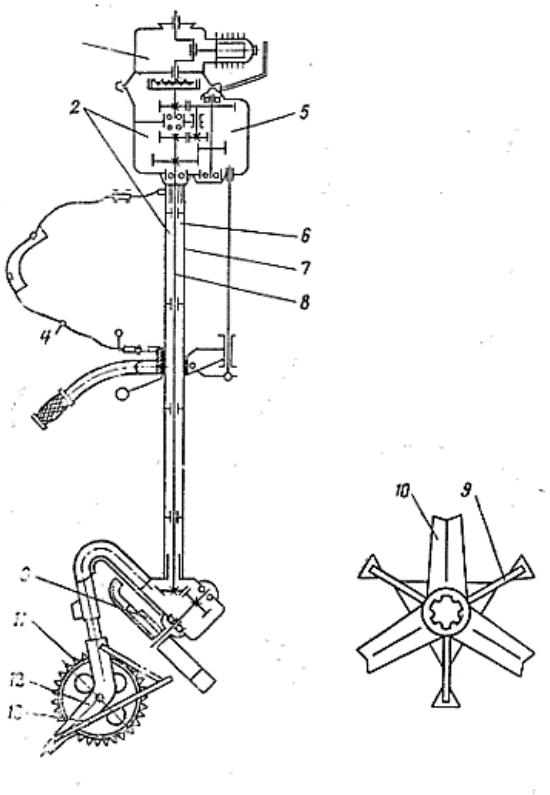


Рис. 2. Грунтомёт (а.с. 244204)

Таблица. Критерии классификации орудий для противопожарных работ с использованием грунта

Критерий классификации	Диапазон изменений		
Способ движения	ручной	механизированный	навесной
Расстояние хода	Малая – до 1 км	Средняя – 1–3 км	Высокая – свыше 3 км
Препятствия	Обход	Выглубление орудия	Удаление
Ширина полосы обработки	До 0,7 м	Средняя – 0,7–1,5 км	Свыше 1,5 м
Обращение с грунтом	смещение	метание	Измельчение и метание
Мощность тягового привода	До 10 кВт	От 10 до 50 кВт	Свыше 50 кВт

Мобильный грунтомёт (рис. 3) для локализации лесных низовых пожаров разработанный ООО «Мехатронные системы» [15]. Преимуществами данного оборудования являются его малогабаритные размеры и невысокая энергоёмкость, недостатками – низкий уровень обеспечения безопасности оператора при тушении, малая скорость передвижения по сравнению с тракторной техникой невысока, фактическая длина противопожарной линии будет больше требуемой из-за необходимости обходить препятствия – крупные камни, деревья, малая длина хода, определяемая запасом топлива. Но данная машина является малопроизводительной, с рабочей скоростью при тушении пожара и прокладки минерализованных полос около 1 км/ч. Кроме того, грунтомёт отличается малой мобильностью при холостом перемещении, составляющей всего 4 км/ч.



Рис. 3. Мобильный грунтомёт

Вторым исполнением данного оборудования является навесное оборудование на базовый трактор. Это оборудование более широко применяется для формирования защитных минерализованных полос на лесных территориях, находящихся в ведомстве муниципальных организаций и предприятий лесного хозяйства, кроме этого его применяют предприятия энергетического комплекса при обслуживании площадей линейных объектов энергетического комплекса (ЛЭП, газо- и нефтепроводы и пр.).

По способу навески на базовую машину навесное грунтометное оборудование может быть разделено:

– фронтальное (навеска оборудования на переднюю часть машины по ходу движения);

– задненавесное (навеска оборудования на заднюю часть базовой машины, работа навесного оборудования может осуществляться по ходу движения базовой машины или в обратную сторону движения).

По исполнению рабочего органа грунтометательные машины можно разделить на следующие:

– с активными рабочими органами (один или несколько рабочих органов);

– с комбинированными рабочими органами (пассивные рабочие органы и активные).

На основе проведённого анализа можно сформировать критерии классификации орудий для противопожарных работ (табл. 1).

Пассивные рабочие органы в конструкции лесопожарных грунтомётов предназначаются для подготовки почвы к последующему метанию, рыхления, формирования вала грунта перед активными органами, а также для удаления в сторону от рабочей зоны верхнего слоя почвы, с включениями мелкой растительности, корней и пр., которые могут участвовать в продвижении пожара.

Так, в конструкции лесопожарного грунтомёта (рис. 4), согласно п.м. 144715 (РФ, дата публикации: 27.08.2014), с целью повышения эффективности работы грунтомёта в условиях уплотнённых, связных, высокозадернённых грунтов, насыщенных корнями и мелкими порубочными остатками, перед фрезами метателями установлен фрезерный барабан с Г-образными ножами и карданным приводом от ВОМ.

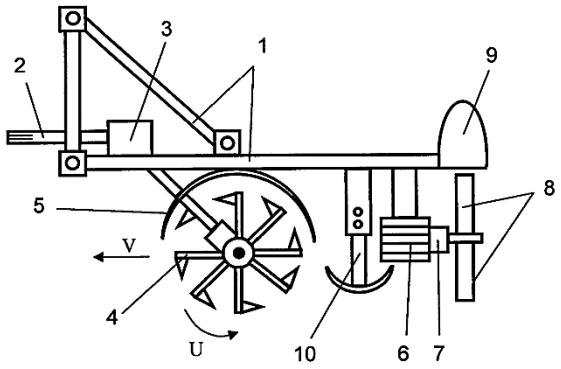


Рис. 4. Грунтомёт пожарный фрезерный (п.м. 144715)

В качестве механизма образования вала из разрыхлённого почвогрунта в пат. 2496540 «Пожарный грунтомет-полосопрокладыватель» (РФ, дата регистрации: 27.12.2013) выступает механизм, выполненный из двух сферических дисков (рис. 5). Он служит для проведения работ по вырезанию почвенных пластов и сдвигания их к центру прохода грунтомёта-полосопрокладывателя. Альтернативой исполнения механизма из двух сферических дисков согласно изобретению служит исполнение его в виде двух лемешно-отвальных корпусов.

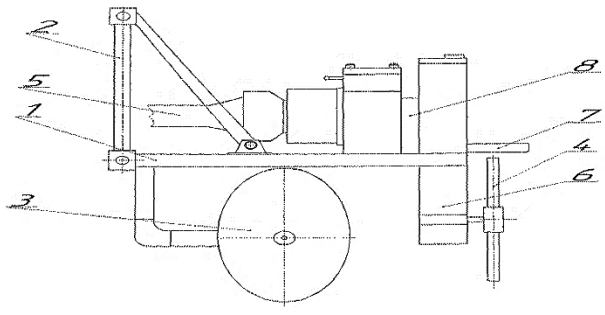


Рис. 5. Пожарный грунтомет-полосопрокладыватель (пат. 2496540)

В конструкции пожарного грунтомёта-полосопрокладывателя согласно изобретению в пат. 2541987 (РФ, дата публикации: 20.02.2015) тоже имеется механизм для образования вала разрыхлённого почвогрунта в виде двух сферических дисков (рис. 6). Агрегат дополнительно содержит рыхлительную стрельчатую лапу, расположенную перед механизмом образования вала почвогрунта. Кроме этого агрегат включает двух-

сторонний шнек, расположенный в передней части агрегата, перед сферическими дисками, служащий для сдвигания напочвенного покрова от цента в левую и правую сторону, тем самым предотвращая подачу грунта в зону огня вместе с верхним покровом, который может включать хвою, палые листья и пр.

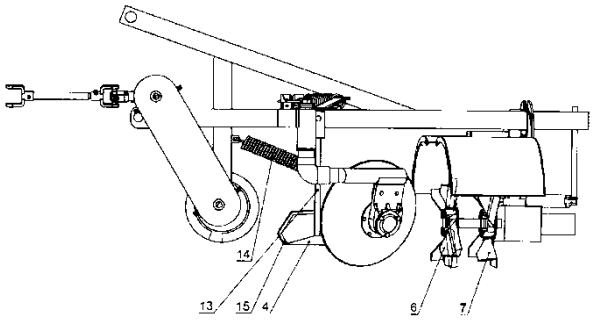


Рис. 6. Пожарный грунтомет-полосопрокладыватель (пат. 2541987)

Тракторный грунтомёт ГТ-3 представляет собой навесное оборудование и используется для тушения лесных пожаров направленной струей грунта и создания минерализованных полос. Но его применение ограничивается использованием его на песчаных и супесчаных почвах. Навесное оборудование агрегируют с базовым трактором Т-150К [16].

Рабочий орган роторного типа содержит четыре комбинированные лопатки, имеющие элементы для срезания и метания. В конструкции грунтомёта предусмотрено регулирование направления струи грунта в горизонтальной плоскости по длине метания (35 м при метании в даль, 5–6 м при укладке грунта радом с бороздой) за счёт изменения угла направляющего кожуха гидроцилиндром (рис. 7).

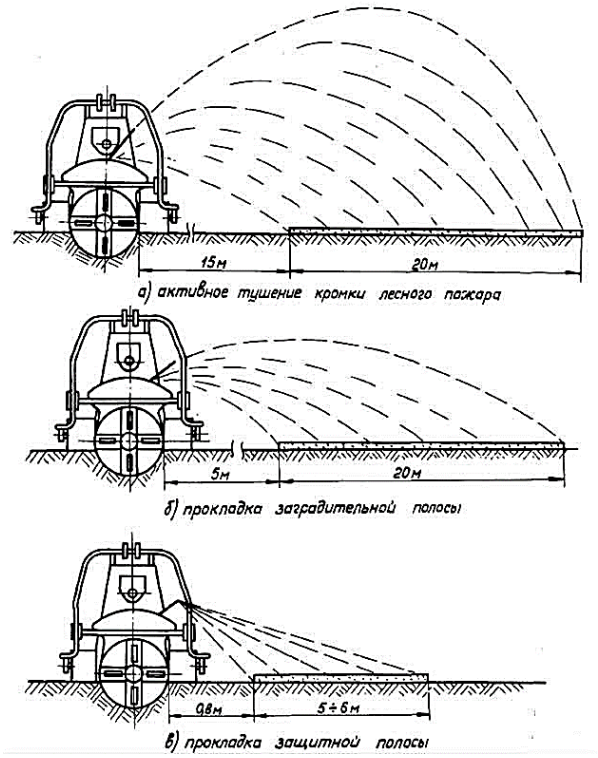


Рис. 7. Грунтомёт ГТ-3

Полосопрокладыватель ПФ-1 (рис. 8) способен формировать минерализованную полосу шириной до 20 м (при ширине борозды до 1,2 м и глубине 14–22 см). В качестве рабочего органа выступают две фрезерные головки, вращающиеся при работе в разные стороны в плоскости перпендикулярной направлению движения, осуществляя фрезерование и выброс грунта. Навесное оборудование агрегатируется с базовым трактором ЛХТ-55.

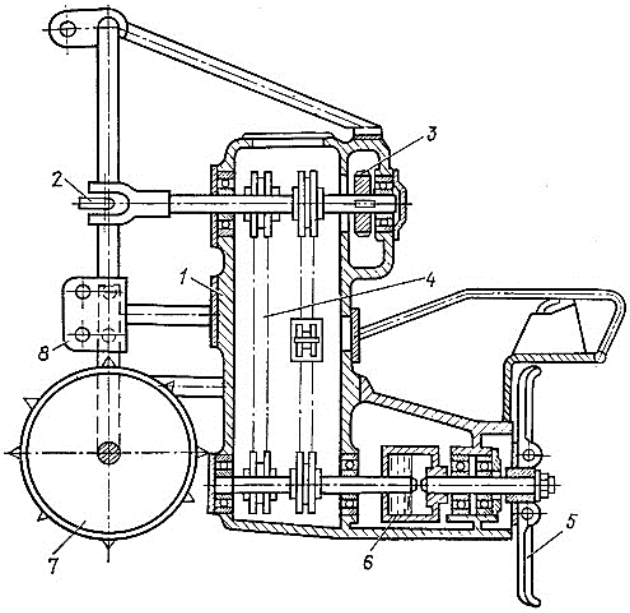


Рис. 8. Полосопрокладыватель ПФ-1

Конструкция грунтомёта (рис. 9), описанная в изобретении согласно пат. 2400274 (РФ, дата публикации: 27.09.2010) «Фронтальный лесопожарный грунтомет», п.м. 117091 (РФ, дата публикации: 20.06.2012) «Рабочий орган грунтомёта лесопожарного» (рис. 10) и в работе представляет собой торцевую фрезу, которая производит фрезерование под углом к обрабатываемой поверхности, за счёт чего увеличивается вырезаемый сегмент грунта и соответственно ширина борозды. Также особенностью конструкции рабочего органа будет расположение ножей-метателей на несущем диске под углом между задней кромкой ножа и плоскостью вращения рабочего органа, а также их поворот относительно задней кромки к радиусу рабочего органа (рис. 9). В работе определены конструктивные параметры рабочего органа, а именно угол резания грунта и угол наклона лопатки к радиусу рабочего органа.

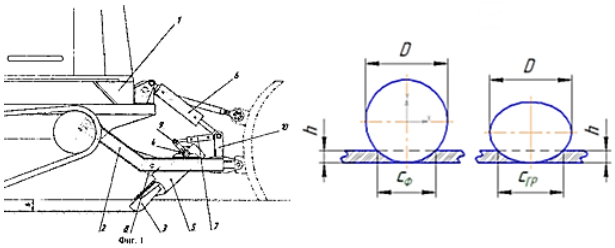


Рис. 9. Слева – фронтальный лесопожарный грунтомёт (пат. 2400274); справа – торцевая фреза и торцевая фреза под углом к обрабатываемой поверхности

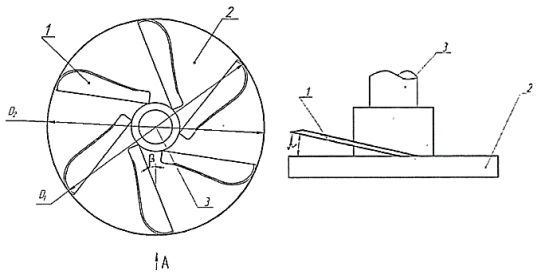


Рис. 10. Рабочий орган грунтомёта лесопожарного (п.м. 117091)

Известен грунтомёт АЛФ-10 (рис. 11), предназначенный для прокладки заградительных и опорных минерализованных полос при борьбе с лесными пожарами. Аппарат агрегатируется с трактором МТЗ-82 [17]. Грунтомёт АЛФ-10 обладает шириной захвата 70 см и способен формировать минерализованную борозду глубиной от 8 до 18 см, при ширине от 50 до 70 см, общая ширина минерализованной полосы при этом будет составлять от 1 до 1,5 м. В зависимости от положения направляющего кожуха дальность выброса грунта у грунтомёта АЛФ-10 составляет 10–13 м при верхнем положении, 8–9 м при нижнем и 1,5–2 м при «оборотном». Рабочая скорость составляет от 1,9–3,2 км/ч.

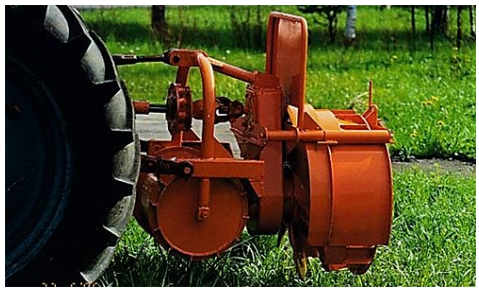


Рис. 11. Грунтомёт АЛФ-10

Из оборудования, представляющего собой малогабаритную самоходную машину известен агрегат лесопожарный АЛП-0,2 (рис. 12), предназначенный для прокладки противопожарных минерализованных полос и для тушения низового лесного пожара грунтом. Из плюсов агрегата можно выделить его небольшие габаритные размеры, что делает его более востребованным в местах, где большегрузная техника испытывает трудности с перемещением. Скорость перемещения при работе агрегата составляет 3 км/ч.



Рис. 12. Полосопрокладыватель ПФ-1

В работе [18] представлена конструкция грунтомёта (рис. 13), включающая в себя механизм управления дальностью метания. Конструкция включает в себя: 1 – кронштейн крепления гидроцилиндра поворота редуктора; 2 – редуктор привода метателей и управления дальностью струи грунта; 3 – вал метателей; 4 – кронштейн навески; 5 – ротор фрезы (вращающийся кожух); 6 – нож; 7 – лопасть метателя; 8 – кронштейн гидроцилиндра управления поворотом в горизонтальной плоскости; 9 – рама; 10 –гидравлический мотор.

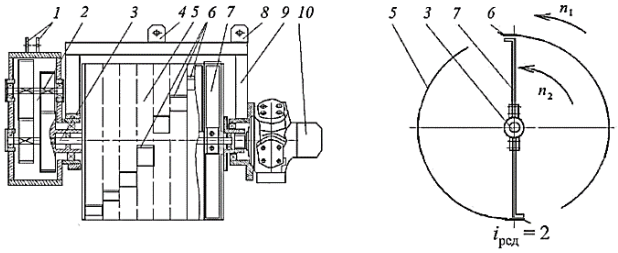


Рис. 13. Рабочий орган грунтомёта лесопожарного (п.м. 117091)

Известен пат. US 5864970A ("Earth excavating apparatus", США, дата публикации – 02.02.1999), где представлена землеройная машина для прокладывания канав вдоль проезжей части дорог. Конструкция машины (рис. 14) представляет собой прицепное устройство к трактору, в которое входит роторный рабочий орган с зубцами на нём для рыхления грунта и механизм выбрасывания грунта в направлении поперек движения. Кроме того, в патенте рассмотрена реализация не в виде прицепного устройства, а размещение её на стреле манипулятора, что даёт возможность обработки в более сложных местах и рельефе.

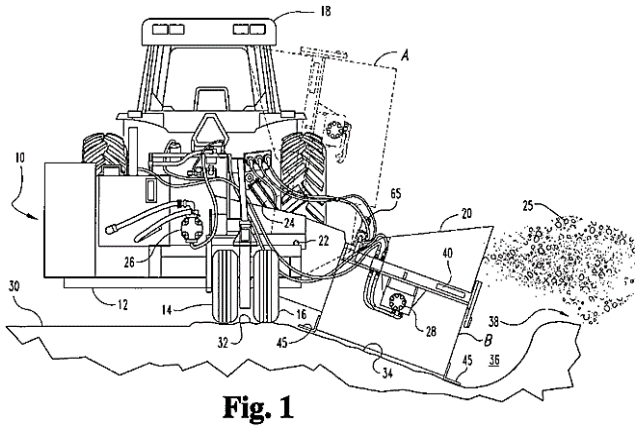


Рис. 14. Землеройная машина для прокладки канав (пат. US 5864970A)

Известна конструкция грунтометного оборудования по пат. US 5214867 ("Forest fire extinguishing apparatus", США, дата публикации – 1.06.1993). В этом случае аппарат для тушения лесных пожаров (рис. 15) представляет собой прицепное устройство, включающее в себя два ряда роторов, состоящих из дисков и приводящихся в движение от гидросистемы, за которыми расположен механизм метания грунта.

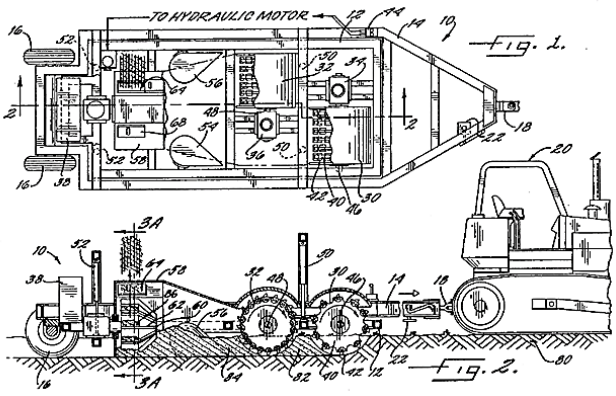


Рис. 15. Аппарат для тушения лесных пожаров (пат. US 5214867)

Данный аппарат является прицепным устройством при своих габаритах, которое может превосходить размерами тяговую машину, что делает его применимость в условиях густой растительности затруднительным.

В работах авторов [19, 20, 21] предлагается формирование вала грунта перед рабочими органами роторного метателя, за счёт применения вырезных дисков с гидроприводом, повышая при этом производительность и дальность метания грунта. Конструкция устройства представлена в патенте на изобретение 2684940 «Пожарный грунтомётполосопрокладыватель» (РФ, дата публикации: 16.04.2019) и патенте на изобретение 2762160 «Лесопожарный грунтомёт-полосопрокладыватель» (РФ, дата публикации: 16.12.2021).

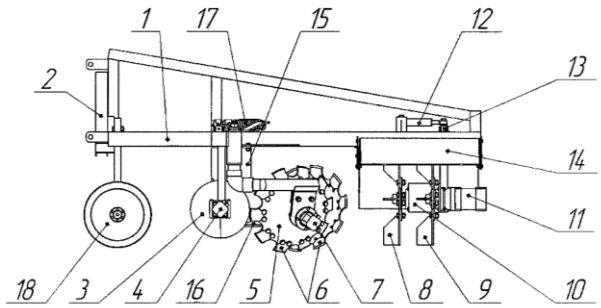


Рис. 16. Пожарный грунтомёт-полосопрокладыватель (пат. 2684940)

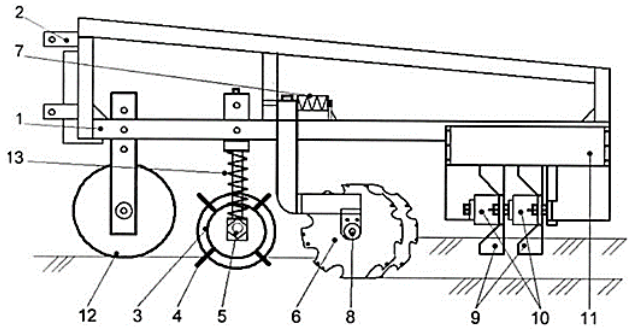


Рис. 17. Пожарный грунтомёт-полосопрокладыватель (пат. 2762160).

Известна лесопожарная грунтомётная машина (рис. 18), разработанная аспирантами ВГЛТУ Д.С. Ступниковым и А.В. Шаровым, представленная в полезной модели 196851 «Лесопожарная грунтометательная машина с энергосберегающим гидроприводом» (РФ, дата публикации: 18.03.2020) и патенте на изобретение 2616021 «Лесопожарная грунтометательная машина» (РФ, дата публикации:12.04.2017).

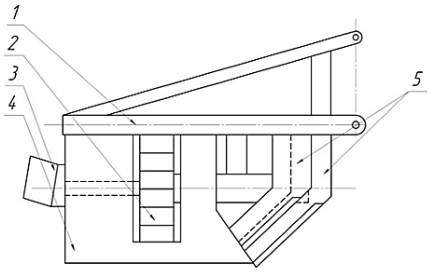


Рис. 18. Лесная грунтометательная машина (пат.2616021)

Данная машина включает в себя: 1 – механизм навески; 2 – ротор-метатель; 3 – гидромотор; 4 – кожух-рыхлитель; 5 – предохранительные ножи.

Выводы. Состояние современных исследований в области создания оборудования для прокладки минерализованных полос машинами с активными рабочими органами характеризуется:

– снижением энергоёмкости процесса фрезерования и метания грунта за счёт их модернизации и использования адаптивных гидроприводов для снижения динамических нагрузок, в том числе гидроаккумуляторов;

– повышением эффективности метания грунта за счёт подготовки грунта к метанию активными (ротор с рыхлительными элементами, вырезные диски) или пассивными (сферические диски, рыхлительные лапы, плужные корпуса) рабочими органами;

– формированием вала измельчённого грунта перед метательным механизмом, обеспечивающим более равномерную загрузку рабочих органов;

– регулированием разделения метаемого грунта по длине струи, обеспечиваемым совершенствованием конструкции направляющих кожухов, метательных элементов;

– минимизацией сопротивления движению агрегатов обеспечиваемому оптимизацией углов атаки, в частности, экспериментально установлен оптимальный угол атаки дисков, составляющий 20–30°, что также повышает производительность;

– разработкой малогабаритных мобильных грунтомётов;

– эффективным управлением дальностью и направлением полёта грунта.

Современные исследования в области противопожарного грунтомётного оборудования направлены на повышение эффективности, надёжности и энергоэффективности машин. Разработанные конструкции, такие как грунтомёты с вырезными дисками, шнековые рабочие органы, трёхступенчатые роторы и энергосберегающие гидроприводы, демонстрируют значительный потенциал для применения в лесном хозяйстве. Дальнейший поиск оптимальных параметров конструкций грунтометов возможен на пути математического моделирования их работы для оптимизации параметров рабочих органов и обеспечения эффективного взаимодействия компонентов машин.

Литература

1. Изучение способа тушения лесного низового пожара грунтометом / И.М. Бартенев, А.Ф. Петков, Н.А. Костеев, А.В. Солнцев // Повышение эффективности лесного комплекса : Мат-лы Седьмой Всерос. нац. науч.-практ. конф. с международным участием, Петрозаводск, 25 мая 2021 года. Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет, 2021. С. 13–15. EDN PKNSPQ.
2. Ковалёк Н.С. Новые технические решения для тушения лесных пожаров путём метания грунта / Н.С. Ковалёк, М.В. Ивашнев // Инновации в промышленности и в социальной сфере. Петрозаводск, 2016
3. Bertoldo S. Safety in forest fire fighting action: A new radiometric model to evaluate the safety distance for firemen working with hand-operated systems (Conference Paper) [Текст] / S. Bertoldo, L. Corgnati, A. Losso, G. Perona // 3rd International Conference on Modelling, Monitoring and Management of Forest Fires 2012, FIVA 2012, New Forest, United Kingdom. 2012. Vol. 158. P. 3–12.
4. Постановление правительства Российской Федерации. Об утверждении Правил пожарной безопасности в лесах. От 7 октября 2020 года N 1614. URL: https://docs.cntd.ru/document/565945769 дата обращения: 21.11.25).
5. Справочник лесника. Минск «Ураджай», 1989.
6. Yue J. Risk management: A probe and study on forest fires (Article) [Текст] / J. Yue, Z. Feng, W. Jiang, X. Yang // College of Natural Resources and Environment, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China, 2007. Vol. 2. P. 335–339.
7. Кленин Н.И., Киселёв С.Н., Левшин А.Г. Сельскохозяйственные машины. М.: КолосС, 2008 816 с. (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
8. К вопросу механизации средств борьбы с лесными пожарами / А.С. Васильев, Ю.В. Суханов, Р.К. Калинин, М.В. Ивашнев // Ресурсы и технологии: интеграция науки и бизнеса : Мат-лы I Междунар. инженерного форума, Петрозаводск, 29 мая 2024 года. Петрозаводск: ООО «ИД Петропресс», 2024. С. 41–44. EDN JWDFRP.
9. Yuan Yiwen & Wang, Jiayi & Zhang, Xin & Zhao, Shuhong. (2023). Effect of Rotary Speed on Soil and Straw Throwing Process by Stubble-Crushing Blade for Strip Tillage Using DEM-CFD. Agriculture. 13. 877. 10.3390/agriculture13040877.
10. Zhu X., Gao X., Li X., & Xu S. (2023). Design and test of the bilateral throwing soil-covering device for straw mulching machine in orchards. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 16 (1), 162–171. https://doi.org/10.25165/ijabe.v16i1.7010
11. Substantiating optimum parameters and efficiency of rotary brush cutters / L.D. Bukhtoyarov, O.A. Kunitskaya, A.F. Urazova [et al.] // Journal of Applied Engineering Science. 2022. Vol. 20, No. 3. P. 788-797. DOI 10.5937/jaes0-36513. – EDN MABPWW.
12. Плуг комбинированный лесной ПКЛ-70 П [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: https://lessnab.com/ katalog/lesokhozyaystvennaya-tekhnika/orudiya-dlya-podgotovki-pochvy/plug-pkl-70/ дата обращения: 20.12.25).
13. Improving the efficiency of forest fire prevention and suppression with of forest fire machine / M.A. Gnusov, P.I. Popikov, S.V. Malyukov [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Krasnoyarsk, Russia, 31 июля 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 919. Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. P. 32025. DOI 10.1088/1757-899X/919/3/032025. – EDN TRKKYI.
14. Tsarev Evgeny & Rukomojnikov, Konstantin & Makarov, Vladimir & Anisimov, Ilya & Anisimov, Nikita & Alexagina, Natalia. (2025). The Firefighting Soil-Thrower-Fire-Break Maker for Laying Mineralized Strips and Extinguishing Ground Forest Fires. Strojnícky časopis – Journal of Mechanical Engineering. 75. 155–162. 10.2478/scjme-2025-0016.
15. Акт приёмки выполненной работы по изготовлению агрегата для локализации и тушения кромки лесных низовых пожаров 24.07.2012. Министерство лесного хозяйства республики Марий Эл. Мобильный грунтомёт для локализации тушения лесных низовых пожаров [Электронный ресурс] Режим доступа: http://mechsys.ru/gruntometlokalizaciya-lesnykh-pozharov Дата обращения: 12.02.2023
16. Поздняков А.К. Перспективные направления совершенствования лесопожарных грунтометов-полосопрокладывателей / А.К. Поздняков, А.Ф. Петков // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: сборник науч. тр. междунар. науч.-практ. конф., Воронеж, 2020 г. С. 410–413.
17. Фомин Г.Е., Ниукканен В.В. Особенности конструкции и параметры лесопожарного агрегата АЛФ-10 // Механизация лесохозяйственных работ на северо-западе таежной зоны: сб. науч. тр. Л.: ЛеНИИЛХ, 1987. С. 59–65.
18. Орловский С.Н. Обоснование технологии применения и компоновки тракторного лесопожарного грунтомёта / Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. № 3 (339). Архангельск. 2014.
19. Теоретическое исследование кинематических и динамических характеристик шнекового рабочего органа лесопожарной грунтометательной машины / П.И. Попиков, А.К. Поздняков, В.И. Усков [и др.] // Лесотехнический журнал. 2021. Т. 11, № 3(43). С. 140–151. DOI 10.34220/issn.2222-7962/2021.3/12. EDN FXNCRV.
20. Лесопожарные грунтометательные машины. Исследование. Оптимизация. Конструкции / М.В. Драпалюк, И.М. Бартенев, Д.Ю. Дручинин [и др.]. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2024. 179 с. ISBN 978-5-7994-1100-8. EDN FCPGHF.
21. Simulation of dynamic processes when a soil-throwing drum meets an obstacle / M.A. Gnusov, M.V. Drapalyuk, D.Yu. Druchinin [et al.] // Journal of Physics: Conference Series : IV International Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering 2022 (APITECH-IV 2022), Bukhara, 05–08 октября 2022 года. Vol. 2388. Bukhara: IOP Publishing Ltd, 2022. P. 012095. DOI 10.1088/1742-6596/2388/1/012095. EDN HSXGVS.

References

1. Study of a method for extinguishing ground forest fires using a soil meter / I.M. Bartenev, A.F. Petkov, N.A. Kosteev, A.V. Solntsev // Improving the efficiency of the forestry complex: Proceedings of the Seventh All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation, Petrozavodsk, May 25, 2021. Petrozavodsk: Petrozavodsk State University, 2021. P. 13–15. EDN PKNSPQ.Decree of the Government of the Russian Federation. On the approval of Fire Safety Rules in Forests. From October 7, 2020, No. 1614. URL: https://docs.cntd.ru/document/565945769 date of access: 11/21/25.
2. Kovalev N.S. New technical solutions for extinguishing forest fires by throwing soil / N.S. Kovalev, M.V. Ivashnev // Innovations in industry and the social sphere. Petrozavodsk. 2016.
3. Bertoldo S. Safety in forest fire fighting action: A new radiometric model to evaluate the safety distance for firemen working with hand-operated systems (Conference Paper) [Текст] / S. Bertoldo, L. Corgnati, A. Losso, G. Perona // 3rd International Conference on Modelling, Monitoring and Management

of Forest Fires 2012, FIVA 2012, New Forest, United Kingdom. 2012. Vol. 158. P. 3–12.
4. Decree of the Government of the Russian Federation. On the Approval of Fire Safety Rules in Forests. October 7, 2020, No. 1614. URL: https://docs.cntd.ru/document/565945769 date of access: 11/21/25).
5. Forester's Handbook. Minsk: Urajay, 1989.
6. Yue J. Risk management: A probe and study on forest fires (Article) [Текст] / J. Yue, Z. Feng, W. Jiang, X. Yang // College of Natural Resources and Environment, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China, 2007. Vol. 2. P. 335–339.
7. Klenin N.I., Kiselev S.N., Levshin A.G. Agricultural Machinery. Moscow: KolosS, 2008 816 p.: ill. (Textbooks and teaching aids for students of higher educational institutions).
8. On the issue of mechanization of forest firefighting equipment / A.S. Vasilyev, Yu.V. Sukhanov, R.K. Kalinin, M.V. Ivashnev // Resources and technologies: integration of science and business: Proceedings of the First International Engineering Forum, Petrozavodsk, May 29, 2024. Petrozavodsk: ID Petropress LLC, 2024. Pp. 41–44. EDN JWDFRP.
9. Yuan Yiwen & Wang, Jiayi & Zhang, Xin & Zhao, Shuhong. (2023). Effect of Rotary Speed on Soil and Straw Throwing Process by Stubble-Crushing Blade for Strip Tillage Using DEM-CFD. Agriculture. 13. 877. 10.3390/agriculture13040877.
10. Zhu X., Gao X., Li X., & Xu S. (2023). Design and test of the bilateral throwing soil-covering device for straw mulching machine in orchards. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 16 (1), 162–171. https://doi.org/10.25165/ijabe.v16i1.7010
11. Substantiating optimum parameters and efficiency of rotary brush cutters / L.D. Bukhtoyarov, O.A. Kunitskaya, A.F. Urazova [et al.] // Journal of Applied Engineering Science. 2022. Vol. 20, No. 3. P. 788-797. DOI 10.5937/jaes0-36513. EDN MABPWW.
12. PKL-70 P combined forest plow [Electronic resource]. Access mode: URL: https://lessnab.com/katalog/lesokhozyaystvennaya-tekhnika/orudiya-dlya-podgotovki-pochvy/plug-pkl-70/ date of access: 20.12.25)
13. Improving the efficiency of forest fire prevention and suppression with of forest fire machine / M.A. Gnusov, P.I. Popikov, S.V. Malyukov [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Krasnoyarsk, Russia, 31 июля 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 919. Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. P. 32025. DOI 10.1088/1757-899X/919/3/032025. – EDN TRKKYI.
14. Tsarev Evgeny & Rukomojnikov Konstantin & Makarov Vladimir & Anisimov Ilya & Anisimov Nikita & Alexagina, Natalia. (2025). The Firefighting Soil-Thrower-Fire-Break Maker for Laying Mineralized Strips and Extinguishing Ground Forest Fires. Strojnícky časopis – Journal of Mechanical Engineering. 75. 155–162. 10.2478/scjme-2025-0016.
15. Acceptance certificate for the manufacture of a unit for localizing and extinguishing the edges of forest ground fires, 24 July 2012. Ministry of Forestry of the Republic of Mari El. Mobile soil meter for localizing and extinguishing forest ground fires [Electronic resource] Access mode: http://mechsys.ru/gruntomet-lokalizaciya-lesnykh-pozharov Date of access: 12.02.2023
16. Pozdnyakov A.K. Promising directions for improving forest fire soil throwers-strip layers/ A.K. Pozdnyakov, A.F. Petkov // Energy efficiency and energy conservation in modern production and society: collection of scientific papers from the international scientific and practical conference, Voronezh, 2020. P. 410–413.
17. Fomin G.E., Niukkanen V.V. Design features and parameters of the ALF-10 forest firefighting unit // Mechanization of forestry operations in the northwestern taiga zone: collection of scientific papers. L.: LeNIILKh, 1987. Pp. 59–65.
18. Orlovsky S.N. Justification of the technology for the use and configuration of a tractor forest fire soil meter / News of Higher Educational Institutions. Forest Journal. No. 3 (339). Arkhangelsk, 2014.
19. Theoretical study of the kinematic and dynamic characteristics of the screw working body of a forest fire ground-throwing machine / P.I. Popikov, A.K. Pozdnyakov, V.I. Uskov [et al.] // Forestry Journal. 2021. Vol. 11, No. 3 (43). P. 140–151. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2021.3/12. EDN FXNCRV.
20. Forest firefighting soil-throwing machines. Research. Optimization. Designs / M.V. Drapalyuk, I.M. Bartenev, D.Yu. Druchinin [et al.]. Voronezh: Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov, 2024. 179 p. ISBN 978-5-7994-1100-8. EDN FCPGHF.
21. Simulation of dynamic processes when a soil-throwing drum meets an obstacle / M.A. Gnusov, M.V. Drapalyuk, D.Yu. Druchinin [et al.] // Journal of Physics: Conference Series : IV International Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engi-neering 2022 (APITECH-IV 2022), Bukhara, 05–08 октября 2022 года. Vol. 2388. Bukhara: IOP Publishing Ltd, 2022. P. 012095. DOI 10.1088/1742-6596/2388/1/012095. EDN HSXGVS.