

УДК 630*4

АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОПОЖАРНОЙ ГРУНТОМЕТАТЕЛЬНОЙ
МАШИНЫ ОТ ЕЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Ступников Д.С., Ступников А.С., Малюков С.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Воронежский государственный
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»

Email: Neiti1992@mail.ru

Аннотация: Проведен анализ полученных в ходе теоретических исследований зависимостей конструктивных параметров конструкции лесопожарной грунтометательной машины от основных показателей эффективности: средней дальности выброса грунта, затрачиваемой мощности и производительности. Даны рекомендации оптимальных значений исследуемых параметров.

Ключевые слова: конструктивные параметры, параметры эффективности, частота вращения, затрачиваемая мощность, дальность выброса, производительность, лесопожарная грунтометательная машина.

ANALYSIS OF THEORETICAL DEPENDENCE OF THE INDICATORS
OF THE EFFICIENCY OF THE FOREST-FIREPROOF EQUIPMENT
FROM ITS CONSTRUCTIVE PARAMETERS

Stupnikov D.S., Stupnikov A.S., Malyukov S.V.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Voronezh State Forestry University. G.F. Morozova»

Email: Neiti1992@mail.ru

Summary: The analysis of the dependencies of the design parameters of the design of a forest fire priming machine on the main performance indicators obtained in the course of theoretical studies was carried out: the average distance of the ejection of the soil, the power used and the productivity. Recommendations of the optimal values of the studied parameters are given.

Keywords: constructive parameters, performance parameters, rotation frequency, power consumption, ejection range, performance, forest fire soil spreading machine.

Введение

Для наглядного исследования математической модели и проведения теоретических экспериментов использовали компьютерную программу, предназначенную для моделирования рабочего процесса создания минерализованных полос и тушения кромки лесных низовых пожаров грунтом [3, 7]. На основании полученных данных были построены теоретические зависимости.

Цель исследования

Анализ полученных в ходе теоретических исследований зависимостей показателей эффективности конструкции лесопожарной грунтометательной машины от ее конструктивных параметров.

Материал и методы исследования

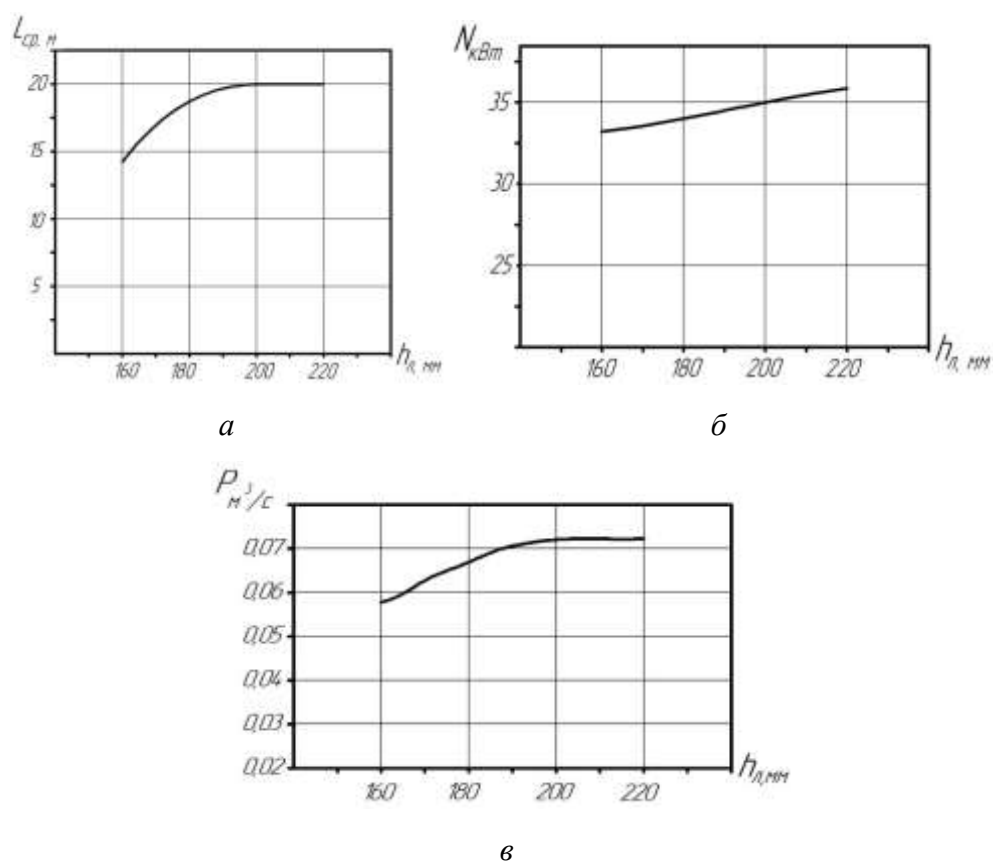
Исследование выполнено на основе изучения научных трудов отечественных ученых, занимающихся разработкой и исследованиями лесопожарных грунтометательных машин и орудий [1, 2, 8-19].

Результаты исследования и их обсуждение

Ширина лопатки h_l определяет величину площади соприкосновения грунта с лопаткой, и, соответственно, оказывает значительное влияние на основные показатели эффективности работы лесопожарной грунтометательной машины. С целью подробного изучения влияния ширины лопатки h_l на показатели эффективности была проведена серия из 4 экспериментов, в которых данный параметр варьировался в интервале от 160 до 220 мм, с шагом в 20 мм [4-6].

В ходе компьютерных экспериментов были получены зависимости влияния h_l на среднюю дальность выброса грунта L_{cp} , потребляемую мощность N и производительность P (рис. 1).

Рассмотрим, что происходит при увеличении ширины лопатки. При значении $h_l = 160$ мм средняя дальность выброса грунта $L_{cp} = 14,7$ м, потребляемая мощность на данном этапе находится в оптимальном диапазоне и составляет $N = 32,8$ кВт, а производительность $P = 0,058$ м³/с. На следующих этапах варьирования h_l в интервале 180-200 мм, мы также наблюдаем положительную динамику показателей эффективности $L_{cp} = 18,3-20$ м, $N = 34,1-35$ кВт, $P = 0,068-0,071$ м³/с. В промежутке $h_l = 200-220$ мм дальность выброса грунта перестает расти, что говорит о том, что объем захватываемого лопаткой грунта при ширине 200-220 мм практически перестает влиять на L_{cp} . Вероятно, это происходит из-за свойств почвы и её фракционного состава. В то же время затрачиваемая гидросистемой мощность не перестает расти $N = 36,1$ кВт при $h_l = 220$ мм. Производительность также перестает расти.



a – на среднюю дальность выброса грунта L_{cp} ; $б$ – на потребляемую мощность N ; $в$ – на производительность P , где ось OX – показатели ширины лопатки h_l , а ось OY – показатели эффективности лесопожарной грунтометательной машины L_{cp} , N и P

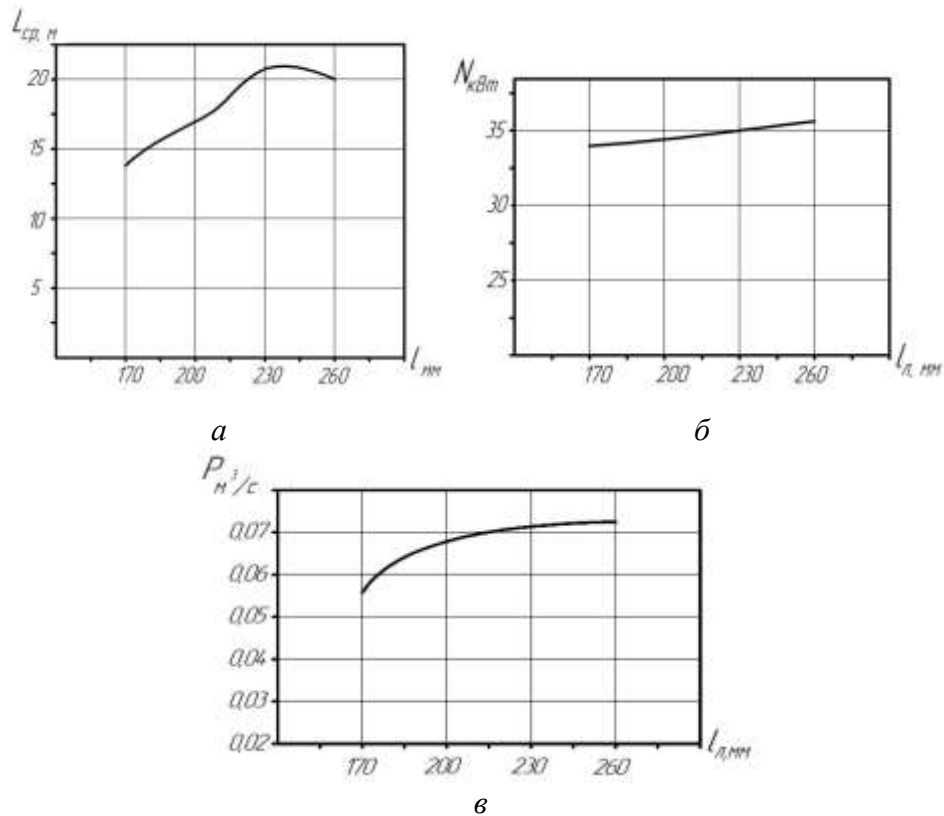
Рисунок 1 – Влияние ширины лопатки на показатели эффективности лесопожарной грунтометательной машины

Проанализировав полученные зависимости, в качестве оптимального значения ширины лопатки можем рекомендовать $h_l = 200$ мм. При этом значении ширины лопатки все показатели эффективности орудия показывают отличные значения $L_{cp} = 20$ м, $N = 35$ кВт, $P = 0,071$ м³/с.

Длина лопатки l_l оказывает значительное влияние на объем захватываемого грунта и величину просвета между кожухом-рыхлителем и лопаткой. Данный параметр варьировали в интервале 170-260 мм с шагом 30 мм.

Проанализировав полученные зависимости (рис. 2) мы видим, что при увеличении $l_l = 170-230$ мм средняя дальность выброса растет $L_{cp} = 14-21,2$ м, потребляемая мощность тоже растет, но находится в рабочем диапазоне используемой гидростанции $N = 34-35$ кВт и производительность также имеет положительную динамику роста $P = 0,057-0,071$ м³/с.

Дальнейшее увеличение параметра l_l приводит к спаду средней дальности выброса грунта $L_{cp} = 20$ м, темпы роста производительности снижаются, в то



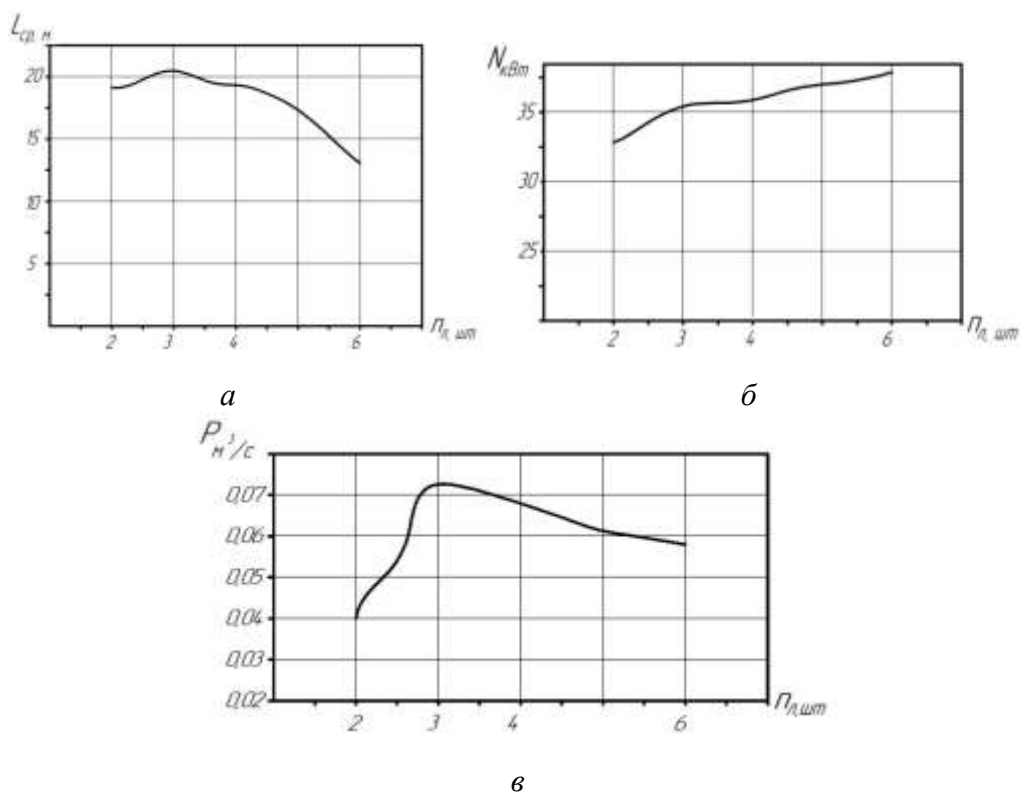
а – на среднюю дальность выброса грунта $L_{ср}$; б – на потребляемую мощность N ; в – на производительность P , где ось OX – показатели длины лопатки $l_{л}$, а ось OY – показатели эффективности лесопожарной грунтометательной машины $L_{ср}$, N и P

Рисунок 2 – Влияние длины лопатки на показатели эффективности лесопожарной грунтометательной машины

время как потребляемая мощность продолжает расти $N = 35,6$ кВт. Увеличение длины лопатки выше 260 мм является не актуальным, так как нагрузка на гидросистему продолжит расти, а основные показатели эффективности начнут стремительно падать.

Одним из важнейших конструктивных параметров лесопожарной грунтометательной машины является количество лопаток фрезы-метателя $n_{л}$. Для того что бы подробно изучить влияние $n_{л}$ на производительность, потребляемую мощность и среднюю дальность выброс грунта, была проведена серия из 5 экспериментов. Параметр $n_{л}$ изменялся в интервале 2-6 шт., с шагом 1, но шаг 5 пропущен. Это сделано из-за того, что при использовании 5 лопаток нарушается балансировка фрезы метателя, что приведет к сильным вибрациям и ударам в процессе работе машины.

Рассматривая графики полученных зависимостей (рис. 3) видим, что в диапазоне $n_{л} = 2-3$ шт. дальность выброса имеет отличные показатели $L_{ср} = 18,7-21$ м, темпы роста производительности тоже интенсивно растут $P =$



a – на среднюю дальность выброса грунта L_{cp} ; $б$ – на потребляемую мощность N ; $в$ – на производительность P , где ось OX – показатели количества лопаток n_l , а ось OY – показатели эффективности лесопожарной грунтометательной машины L_{cp} , N и P

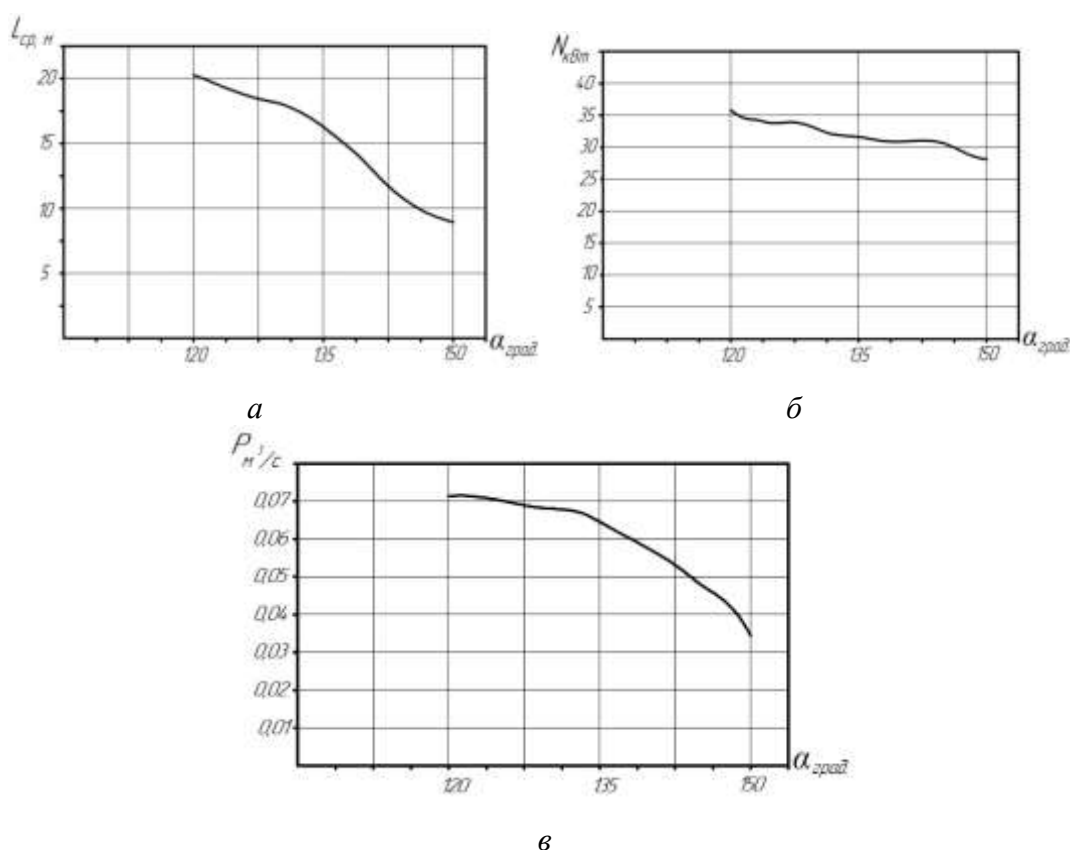
Рисунок 3 – Влияние количества лопаток фрезы-метателя на показатели эффективности лесопожарной грунтометательной машины

0,04-0,071 м³/с, а потребляемая мощность находится в оптимальных диапазонах работы гидросистемы $N = 32,6-35,2$ кВт. В интервале $n_l = 3-4$ шт. наблюдается спад дальности выброса грунта и производительности $L_{cp} = 19,5$ м, $P = 0,19$ м³/с, а затрачиваемая мощность достигла 36 кВт.

При значении $n_l = 4-6$ шт. показатели эффективности снижаются $L_{cp} = 19,5-12,7$ м, $P = 0,068-0,059$ м³/с. Увеличение числа лопаток фрезы-метателя приводит к уменьшению порций захватываемого грунта, что приводит к снижению дальности выброса, также увеличивается масса самого рабочего органа что приводит к значительному росту потребляемой мощности и снижению общей производительности орудия.

Из всего вышперечисленного можно сделать вывод, что оптимальным числом лопаток фрезы-метателя является $n_l = 3$ шт. При таком значении графики зависимостей показывают максимальную эффективность как средней дальности выброса, так и производительности, при оптимальных затратах энергии ($L_{cp} = 21$ м, $N = 35,2$ кВт, $P = 0,071$ м³/с).

Изменение угла отклонения лопаток также является весомым конструктивным параметром лесопожарной грунтометательной машины. Он позволяет корректировать угол выброса почвогрунтовой массы, а также влияет на объем захватываемого грунта. Для достаточно подробного изучения этот параметр варьировали в диапазоне от 120° до 150° с шагом 15° .



a – на среднюю дальность выброса грунта L_{cp} ; $б$ – на потребляемую мощность N ; $в$ – на производительность P , где ось OX – показатели угла отклонения лопаток a , а ось OY – показатели эффективности лесопожарной грунтометательной машины L_{cp} , N и P

Рисунок 4 – Влияние угла отклонения лопаток на показатели эффективности лесопожарной грунтометательной машины

Проводя анализ полученных графиков (рис. 4), можем наблюдать, что с увеличением угла отклонения средняя дальность выброса грунта падает с 20,2 вплоть до 9,6 м. Это связано с тем, что при увеличении $\alpha_{град}$ угол выброса и объем грунта уменьшается, что негативно сказывается на L_{cp} .

Потребляемая мощность, напротив, снижается $N = 35,5-28,2$ кВт. Происходит это из-за уменьшения площади соприкосновения лопатки с грунтом и увеличения скольжения грунта по лопатке.

Несмотря на положительную динамику снижения потребляемой мощно-

сти, производительность P также снижается с практически $0,071 \text{ м}^3/\text{с}$ до $0,035 \text{ м}^3/\text{с}$. Это происходит из-за снижения объема выбрасываемого грунта и значительного снижения дальности выброса. А так как используемая гидравлическая система позволяет использовать большее количество энергии, находящейся в оптимальном диапазоне, можно сделать вывод, что наиболее подходящим углом установки лопаток является $\alpha_{\text{рад}} = 120^\circ$. При этом значении угла установки лопастей $L_{\text{ср}} = 20,2 \text{ м}$, $P = 0,071 \text{ м}^3/\text{с}$, а $N = 35,5 \text{ кВт}$.

Выводы

Ширина лопатки h_l должна находиться в интервале 150-200 мм. Это позволяет обеспечить достаточно большую площадь соприкосновения лопатки с грунтом. При этом объем захватываемой порции грунта возрастает, что положительно сказывается на показателях эффективности машины.

Длина лопатки l_l должна находиться равняться 230 мм, что позволит максимально полно захватывать грунт и работать на оптимальных глубинах.

Оптимальным количеством лопаток $n_l = 3$ шт. Такое количество лопаток позволяет добиться максимальных показателей эффективности разработанной конструкции ($L_{\text{ср}} = 21 \text{ м}$, $N = 35,2 \text{ кВт}$, $P = 0,071 \text{ м}^3/\text{с}$).

Оптимальным углом отклонения лопаток был принят $\alpha = 120^\circ$. При таком значении α наблюдается наилучшие показатели параметров $L_{\text{ср}}$, N и P .

Благодарность

«Исследование выполнено при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации в рамках научного проекта № МК-6621.2018.8».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Гнусов, М. А. Обоснование параметров комбинированных рабочих органов грунтомета для прокладки минерализованных полос в лесу [Текст] : дис ... канд. тех. наук / М. А. Гнусов. – Воронеж, 2014. – 140 с.

2 Поздняков, Е. В. Обоснование параметров и режимов работы площадкоделателя вокруг пней [Текст] : дис. ... к-та. техн. наук / Е.В. Поздняков. – М., 2015. – 178 с.

3 Ступников, Д. С. Разработка лесопожарной грунтометательной машины тушения [Текст] / Д. С. Ступников // Инновационные разработки молодых ученых Воронежской области на службу региона : сб. док. по матер. регион. конфер. студ., аспирант. и молодых ученых. – Воронеж, 2015. – С. 219-223.

4 Федорченко, И. С. Результаты экспериментальных исследований грунтомета лесопожарного [Текст] / И. С. Федорченко // Вестник красноярского государственного аграрного университета. – Красноярск, 2012. – № 9. – С. 162-166.

5 Попиков, П. И. Экспериментальные исследования энергосберегающего гидропривода противопожарного грунтомета [Текст] / П. И. Попиков, Д. С. Ступников, А. В. Шаров // Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика. – Воронеж, 2018. – № 4 (40). – С. 378-382.

6 Драпалюк, М. В. Обоснование основных параметров машины для профилактики и тушения лесных пожаров с гидроприводом рабочих органов [Текст] / М. В. Драпалюк, Д. С. Ступников, А. В. Шаров // Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика. – Воронеж, 2018. – № 7 (43). – С. 53-56.

7 Bartenev, I. M. Study of efficiency of soil-thrower and fire-break major on the basis of mathematic simulation. [Text] / I. M. Bartenev, S. V. Malyukov, M. A. Gnusov and D. S. Stupnikov // International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET) Scopus Indexed. – 2018. Volume : 9, Issue: 4, Pages : 1008-1018.

8 Drapalyuk, M. V. Forest fires: methods and means for their suppression [Text] / M. V. Drapalyuk, D. S. Stupnikov, D. YU. Druchinin, E. V. Pozdnyakov // Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Voronezh State Forestry Engineering University named after G. F. Morozov. – 2019. – Pp. 75-84.

9 Bartenev, I. M. Modern designs of forest fires machines for soil extinguishment of fire [Text] / I. M. Bartenev, S. V. Malyukov, M. A. Gnusov, D. S. Stupnikov, A. D. Platonov // Engineering and earth sciences : applied and fundamental research (isees 2018). – Grozni, 2018. – Pp 48-53.

10 Bartenev, I. M. Research and development of the method of soil formation and delivery in the form of a concentrated flow to the edge of moving ground forest fire [Text] / I. M. Bartenev, P. I. Popikov, S. V. Malyukov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science International Jubilee Scientific and Practical Conference "Innovative Directions of Development of the Forestry Complex (FORESTRY-2018)". – 2019. – № 226 (1) 012052. DOI: 10.1088/1755-1315/226/1/012052.

11 Бартенева, И. М. Комбинированный лесопожарный грунтомет и рекомендации по его применению [Электронный ресурс] / И. М. Бартенева, М. В. Драпалюк, П. Э. Гончаров, М. А. Гнусов, А. А. Тамби, В. Е. Клубничкин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 84. – С. 174-184.

12 Проказин, Н. Е. Особенности разработки и лесовосстановления

горельников в лесостепной зоне [Текст] / Н. Е. Проказин, И. М. Бартнев, В. И. Казаков, Е. Н. Лобанова // Лесотехнический журнал. – 2015. – Т. 5. – № 1 (17). – С. 85-97.

13 Гончаров, П. Э. Перспективные конструкции противопожарных грунтометов [Текст] / П. Э. Гончаров, П. И. Попиков, М. А. Гнусов, Н. А. Шерстюков // Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика. – 2014. – Т. 2. – № 2-2 (7-2). – С. 54-59.

14 Гончаров, П. Э. Лесопатрульный автомобиль на базе тяжелого грузового автомобиля повышенной проходимости [Текст] / П. Э. Гончаров, П. И. Попиков, М. А. Гнусов // Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика. – 2014. – Т. 2. – № 2-2 (7-2). – С. 64-69.

15 Драпалюк, М. В. Обоснование параметров лесного грунтомета с комбинированными рабочими органами [Текст] / М. В. Драпалюк, П. И. Попиков, П. Э. Гончаров, М. А. Гнусов // Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика. – 2014. – Т. 2. – № 2-2 (7-2). – С. 77-81.

16 Бухтояров, Л. Д. Оптимизация параметров комбинированной машины для тушения лесных пожаров на основе теоретических и экспериментальных исследований [Текст] / Л. Д. Бухтояров, М. А. Гнусов, М. В. Шавков, Д. В. Лепилин, Д. В. Есков, А. В. Подъяблонский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 84. – С. 373-382.

17 Есков, Д. В. Оптимизация параметров и математическая модель процесса выброса грунта комбинированным фрезерным пожарным грунтометом [Текст] / Д. В. Есков // Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика. – 2014. – Т. 2. – № 4-2 (9-2). – С. 208-212.

18 Есков, Д. В. Перспективные направления совершенствования рабочих органов пожарных грунтометов [Текст] / Д. В. Есков, В. В. Цыплаков, С. В. Фокин, Д. В. Цыбаев // Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика. – 2014. – № 2-2 (7-2). – С. 214-219.

19 Лысыч, М. Н. Грунтомет для тушения лесных пожаров [Текст] / М. Н. Лысыч, М. Л. Шабанов, А. В. Чернышев // Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика. – 2015. – № 5, – Ч. 1 (16-1). – С. 241-245.