

УДК 630*4

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

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

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 технологических параметров конструкции лесопожарной грунтометательной машины от основных показателей эффективности для данного технологического процесса. Даны рекомендации оптимальных значений исследуемых параметров.

Ключевые слова: технологические 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
TECHNOLOGICAL PARAMETERS

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

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 technological parameters of the design of a forest fire primer-grinding machine from the main performance indicators for a given technological process was carried out during theoretical studies. Recommendations of the optimal values of the parameters under study are given.

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

Введение

При изучении закономерностей процесса взаимодействия конструкции лесопожарной грунтометательной машины с почвой была разработана математическая модель.

Для наглядности исследования математической модели использовали компьютерную программу, предназначенную для моделирования рабочего процесса создания минерализованных полос и тушения кромки лесных низовых пожаров грунтом [3, 7, 10-19].

Цель исследования

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

Материал и методы исследования

Исследование выполнено на основе изучения научных трудов отечественных ученых, занимающихся разработкой и исследованиями лесопожарных грунтометательных машин и орудий.

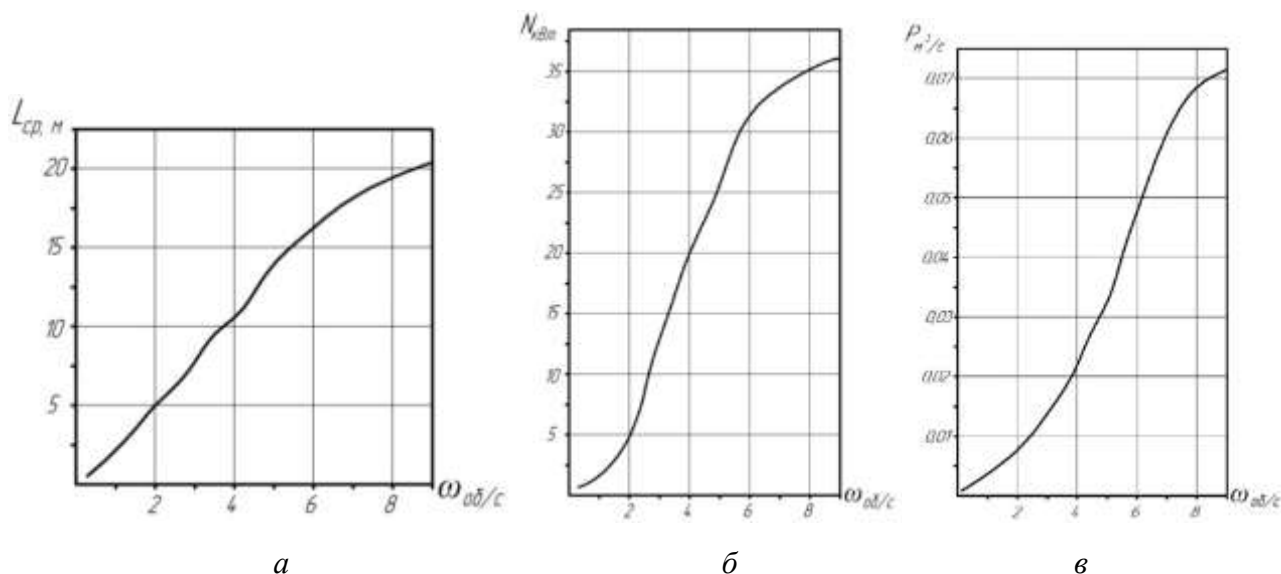
Результаты исследования и их обсуждение

Частота вращения ротора ω является очень важным кинематическим параметром, определяющим энергозатраты на осуществление технологического процесса лесопожарной грунтометательной машины, дальность выброса грунта (м) и производительности орудия ($\text{м}^3/\text{с}$) в целом. Для подробного изучения частоты вращения ротора на эффективность, энергозатратность и среднюю дальность выброса грунта, были проведены 5 компьютерных экспериментов, в которых параметр частоты вращения изменялся от 0 до 9 об/с с шагом 2 об/с.

В дальнейшем на графиках (рис. 1) была произведена аппроксимация отдельных точек компьютерных экспериментов *B*-сплайнами при помощи программы Spline Tool. Такого рода аппроксимация помогает в значительной степени сгладить и усреднить результаты проведенных компьютерных экспериментов, которые имеют некоторый статистический разброс, вызванный использованием при моделировании генератора случайных чисел [1, 2, 4].

С увеличением частоты вращения фрезы метателя от 2 до 9 об/с растет средняя дальность выброса грунта L_{cp} (рис. 1, *a*). При дальнейшем увеличении частоты вращения показатель L_{cp} снижается, по-видимому, из-за ограниченного объема, поступающего к фрезерному рабочему органу грунта.

Мощность, затрачиваемая гидросистемой в ходе экспериментов (рис. 1, *б*),



а – на среднюю дальность выброса грунта L_{cp} ; б – на потребляемую мощность N ; в – на производительность P ; где ось OX – показатели частоты вращения ω , а ось OY – показатели эффективности лесопожарной грунтометательной машины L_{cp} , N и P

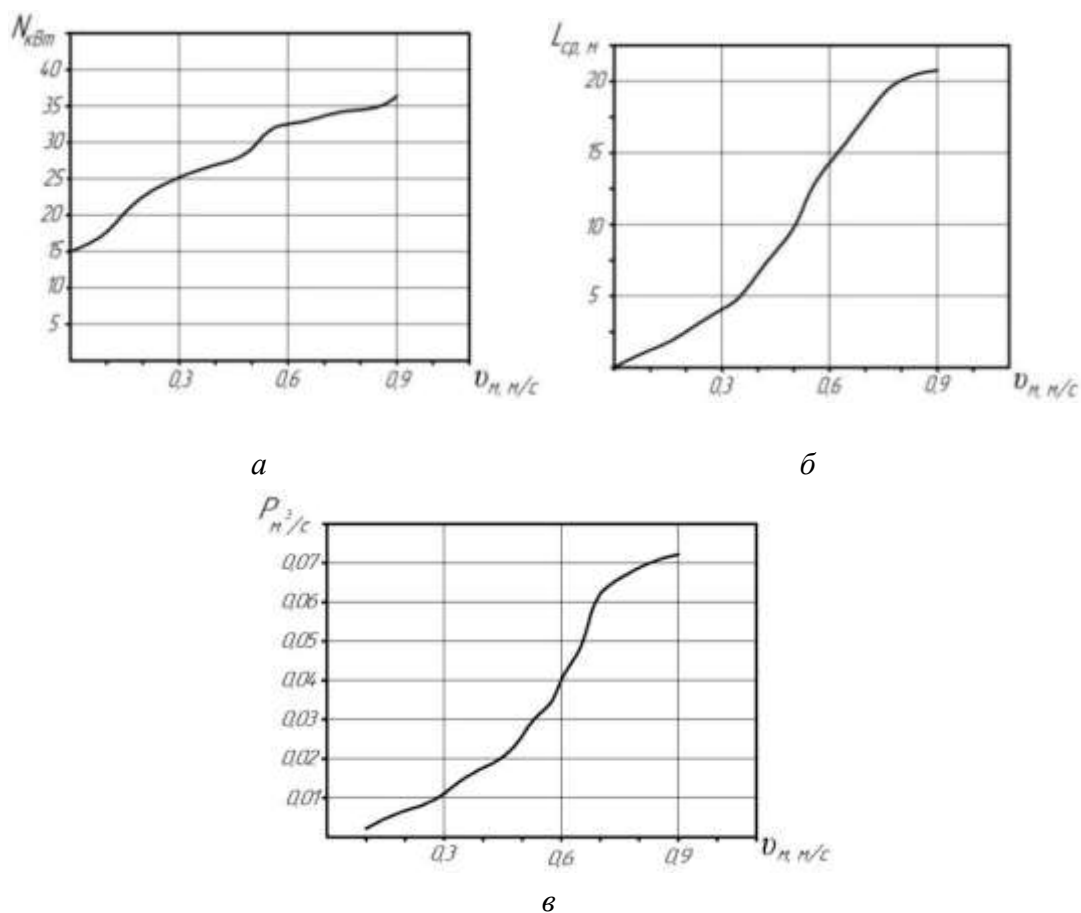
Рисунок 1 – Влияние частоты вращения ротора на показатели эффективности лесопожарной грунтометательной машины

растет на всех этапах варьирования частоты вращения фрезерного рабочего органа (2-9 об/с). В то время как производительность машины P (рис. 1, в) уверенно растет вплоть до 9 об/с, а после этого значения наблюдается спад темпов роста, что говорит о том, что увеличение частоты вращения выше 9 об/с не имеет практического смысла.

Обобщая результаты проведенных исследований по влиянию параметра ω на основные показатели эффективности лесопожарной грунтометательной машины можно рекомендовать в качестве оптимального значения $\omega = 8,3-9$ об/с. В данном интервале показатели P и L_{cp} имеют высокие значения (0,068-0,072 м³/с и 19,8-20,2 м соответственно), в то время как показатель энергозатрат N не выходит за рамки оптимальных значений (35-36 кВт).

Также одним из важнейших кинематических параметров является скорость движения агрегата v , которая в ходе экспериментальных исследований варьировалась от 0,3 до 0,9 м/с с шагом в 0,3 м/с. Графическое отображение зависимостей параметра v от основных показателей эффективности показаны на рисунке 2 [5, 6, 9].

В ходе проведения экспериментальных исследований, показатели средней дальности выброса L_{cp} (рис. 2, а) уверенно росли на все диапазоне варьирования 0,3-0,9 м/с, при дальнейшем увеличении скорости передвижения агрегата на



а – на среднюю дальность выброса грунта $L_{ср}$; б – на потребляемую мощность N ; в – на производительность P , где ось Ox – показатели скорости движения агрегата v , а ось Oy – показатели эффективности лесопожарной грунтометательной машины $L_{ср}$, N и P

Рисунок 2 – Влияние скорости движения агрегата на показатели эффективности лесопожарной грунтометательной машины

графике будет наблюдаться спад темпов роста. Это говорит о том, что объем поступающего к фрезерному рабочему органу грунта начинает превышать возможности фрезы-метателя и ее частоты вращения.

Дальнейшее увеличение скорости движения агрегата может привести к заклиниванию фрезерного рабочего органа и значительному повышению энергозатрат.

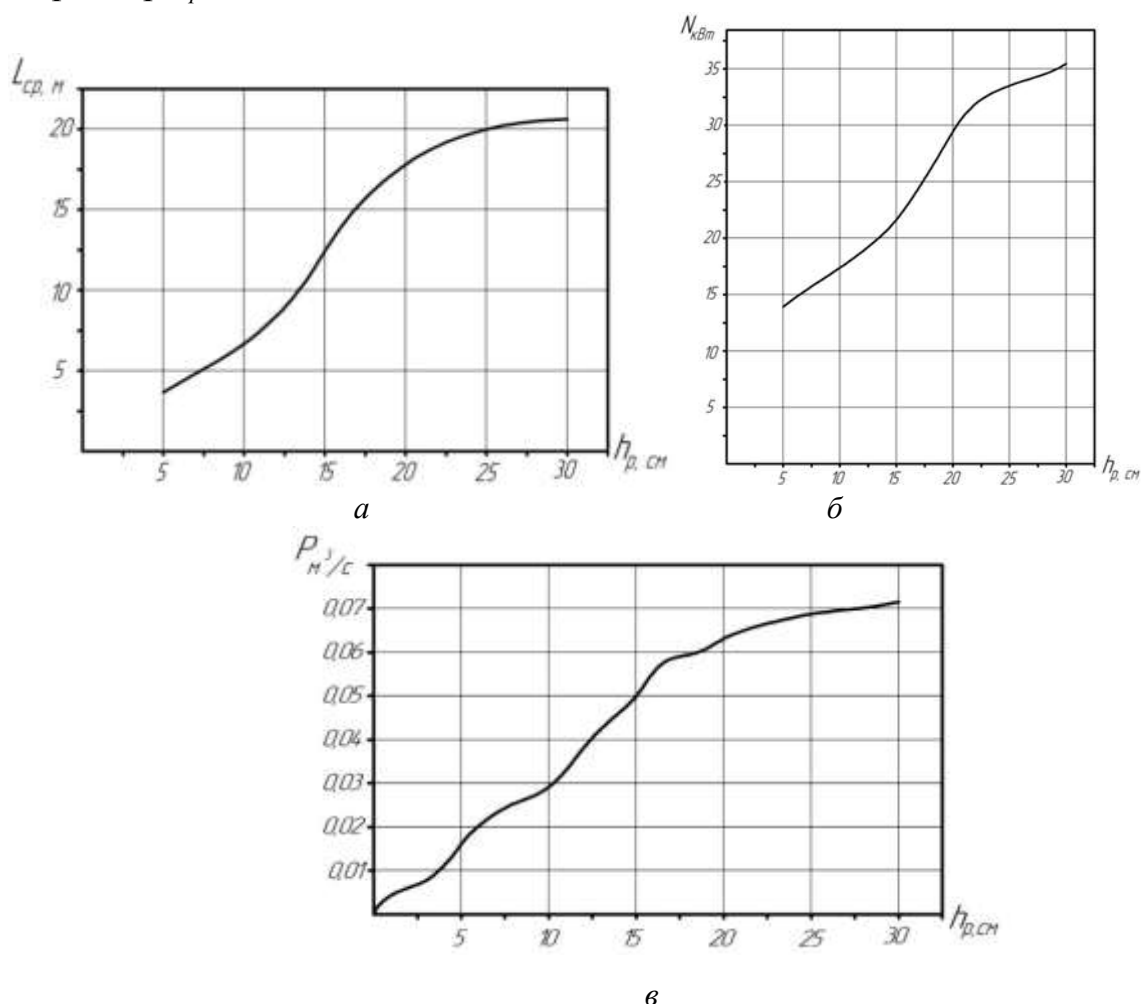
Значения потребляемой мощности N (рис. 2, б) на всех этапах варьирования параметра v показывали планомерный рост. При этом на всем интервале от 0,3 до 0,9 м/с показатели параметра N не выходил за рамки предельно допустимых значений.

С увеличением скорости движения агрегата v производительность машины растет вплоть до 0,9 м/с (рис. 2, в). Дальнейшее увеличение v приведет к слишком интенсивной подачи грунта к фрезе-метателю, что приведет значи-

тельному уменьшению производительности

Исходя из полученных результатов экспериментальных исследований влияния скорости движения агрегата v на основные показатели эффективности лесопожарной грунтометательной машины можем сделать вывод, что оптимальным значением v будет являться диапазон $0,8...0,9$ м/с. В таком случае средняя дальность будет равна $L_{cp} = 20...21$ м, производительность $P = 0,07...0,072$ м³/с, а потребляемая мощность $N = 34,9...36$ кВт, что является оптимальным значением.

Также в ходе теоретических экспериментальных исследований были получены зависимости основных показателей эффективности лесопожарной грунтометательной машины от величины заглубления кожуха-рыхлителя h_p (рис. 3). Параметр h_p изменялся в диапазоне от 5 до 30 см, с шагом в 5 см [5, 6, 8].



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

Рисунок 3 – Влияние величины заглубления кожуха-рыхлителя на показатели эффективности лесопожарной грунтометательной машины

Из полученных зависимостей видим, что средняя дальность выброса грунта L_{cp} (рис. 3, а) при увеличении h_p растет на всех этапах вариации. Однако дальнейшее увеличение величины заглубления кожуха-рыхлителя приведет к снижению скорости движения агрегата, увеличению энергозатрат, а также к чрезмерному объему поступающего к фрезе грунта, что негативно скажется на производительности и работоспособности орудия в целом.

Потребляемая мощность N (рис. 3, б) также растет с увеличением параметра h_p и в интервале от 25 до 30 см затрачиваемая мощность $N = 33,9-35,1$ кВт. Дальнейшее увеличение величины заглубления может привести к перегрузке гидросистемы и остановке ротора фрезы-метателя, что является недопустимым. Темпы роста производительности P (рис. 3, в) наблюдаются вплоть до 25 см. А в интервале от 25 до 30 см тенденция роста производительности падает. Что говорит о том, что при увеличении h_p выше 30 см величина поступающего грунта будет чрезмерной и негативно скажется на всех показателях эффективности машины. Проанализировав полученные зависимости можно сделать вывод о том, что оптимальной величиной заглубления кожуха-рыхлителя является $h_p = 25$ см. При этом значении h_p средняя дальность выброса грунта $L_{cp} = 20$ м, производительность $P = 0,07$ м³/с, а потребляемая мощность $N = 33,9$ кВт, что является приемлемым.

Выводы

Частота вращения ротора ω должна находиться в пределах 8,3-9 об/с, что обеспечивает высокую дальность выброса грунта и позволит работать на глубине до 25-30 см, при этом сохраняя оптимальную потребляемую мощность (35-36 кВт). Скорость движения агрегата v должна варьироваться в интервале 0,8-0,9 м/с, в зависимости от типа почвы, что позволит сохранять поток почвогрунтовой массы, захватываемой кожухом-рыхлителем и поступающим к фрезерному рабочему органу.

Величина заглубления кожуха-рыхлителя $h_p = 25$ см. Такая величина обработки почвы позволит держать оптимальный объем отсыпаемого грунта, при этом оставляя после прохода агрегата качественную минерализованную полосу, а также позволяет выбрасывать грунт на расстояние до 20 м.

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 majer 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 Бартенев, И. М. Комбинированный лесопожарный грунтомет и рекомендации по его применению [Электронный ресурс] / И. М. Бартенев, 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. Бартенев, 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.